

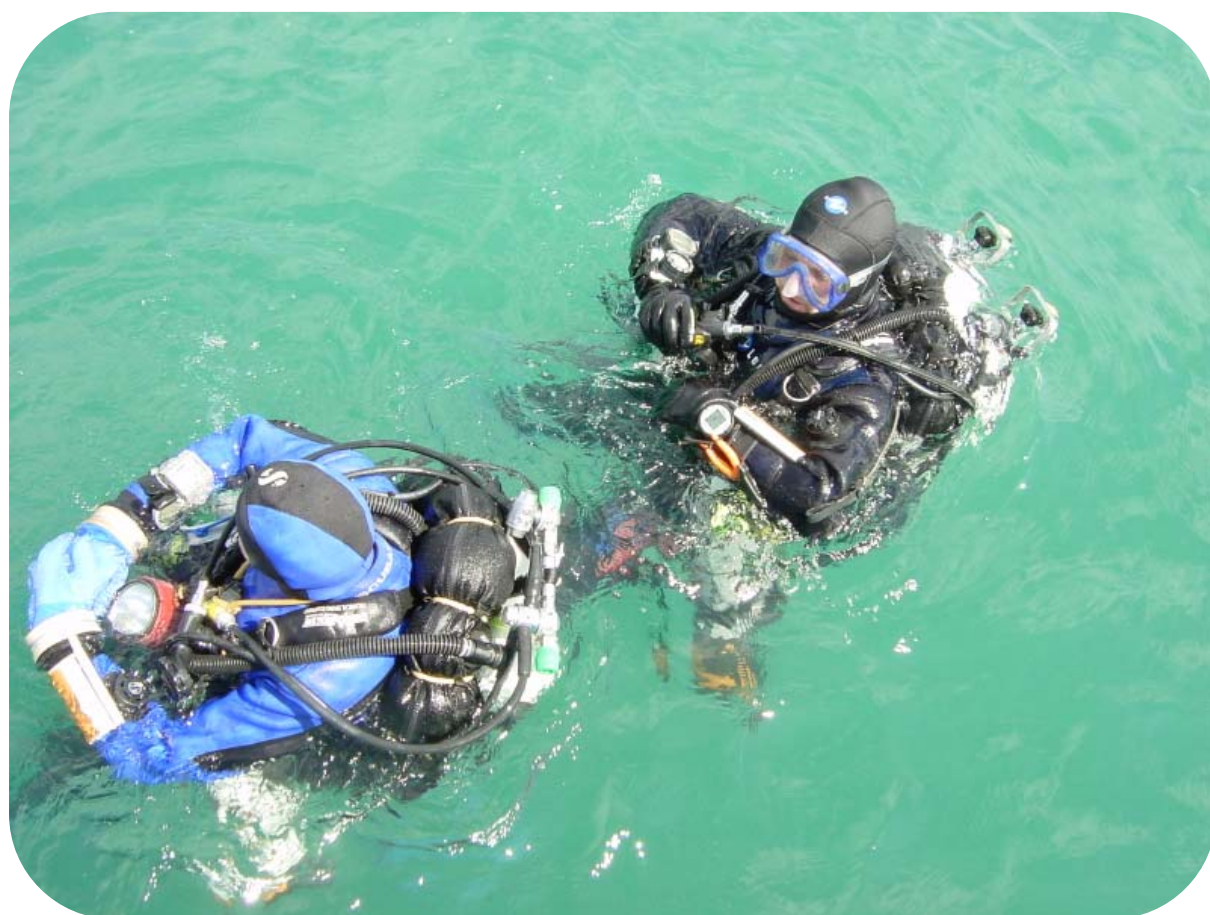
FEDERATION FRANÇAISE D'ETUDES ET DE SPORTS SOUS-MARINS

COMITE RABA

« *De l'hélium pour tous !* »

OU

UNE FORMATION POUR LES PLONGEURS TRIMIX



Cécile Christol

JUIN 2004

Remerciements

A tous les moniteurs qui m'ont fait découvrir et partager leur passion pour la plongée aux mélanges.

A mes parrains Philippe Martinod et Roger Aubert.

A Manuel pour sa relecture et ses corrections.

Avant-propos

Plonger profond, franchir la barrière de la plongée à l'air : qui n'a pas été attiré un jour par une roche, une épave... située au-delà des soixante mètres ?

Personne, et les récits de nos aînés nous rappellent régulièrement que cette frontière a été dépassée.

Seulement, lorsqu'ils en parlent, il reste toujours une part de mystère liée bien sûr aux interdits, mais peut-être aussi au fait qu'ils ne savent pas toujours vraiment ce qui s'est passé au fond (narcose ? non, bien sûr que j'étais « clair »!!).

Puis, en continuant à parler, à lire, le plongeur découvre qu'il existe peut-être un moyen de poursuivre ces plongées, mais cette fois sans narcose, ou du moins avec un degré de narcose acceptable : le trimix.

Tout d'abord confidentielle et plutôt utilisée par les plongeurs spéléologues, cette technique commence maintenant à se démocratiser. L'arrêté d'août 2000 sur la plongée aux mélanges fournit désormais un cadre et les écoles de formation se développent.

Lorsque j'ai intégré le cursus d'instructeur régional, il m'a donc paru intéressant de proposer un mémoire sur ce thème.

J'avais pu découvrir la pratique de cette plongée aux mélanges lors d'un stage IANTD avec Jean-Pierre Imbert, et même si l'aspect encombrant et contraignant de l'équipement m'avait un peu dérangé, le confort obtenu en plongée avait vite balayé mes réticences.

Le projet initial était de rédiger une proposition de cursus pour la formation des plongeurs trimix. Or, la Commission Technique Nationale a depuis constitué un groupe de travail qui a étudié ce point et un projet de cursus a vu le jour. Il n'attend plus que la modification de l'arrêté du 28 août 2000 pour être publié.

J'ai donc décidé de modifier quelque peu mon projet pour l'orienter sur un aspect plus pratique. Après avoir étudié quelques-uns des cursus existants à l'heure actuelle (et notamment le projet fédéral), je proposerai un planning pour chaque qualification de plongeur en indiquant quelques points clés de la formation.

Il ne s'agit pas d'établir un standard de cours mais surtout d'indiquer les points spécifiques à la plongée aux mélanges qu'il faudra développer ainsi que les questions à se poser avant de pouvoir monter un stage de formation.

C'est en fait la synthèse de la réflexion menée avant la mise en œuvre d'un stage trimix effectué en mai/juin 2004 en Savoie et Haute-Savoie, complété par le retour d'expérience reçu des stagiaires suite à cette formation.

UNE FORMATION POUR LES PLONGEURS TRIMIX



INTRODUCTION

1^{ERE} PARTIE

ANALYSE DE DIFFERENTES ECOLES DE FORMATIONS

Ce chapitre sera l'occasion de faire un petit tour d'horizon sur les formations de plongée au trimix déjà accessibles. Il permettra ensuite de présenter et analyser les prochains cursus trimix fédéraux proposés par le groupe de travail correspondant de la commission technique nationale.

1.1 Les cursus existants à l'heure actuelle

- 1.1.1 Les plongeurs
- 1.1.2 Les qualifications
- 1.1.3 Les prérogatives
- 1.1.4 La formation
- 1.1.5 La configuration du matériel
- 1.1.6 La décompression et les paramètres de choix des gaz

1.2 Les cursus fédéraux

- 1.2.1 Le trimix élémentaire
 - Caractéristiques
 - Réflexion sur la notation des mélanges, l'utilisation des tables pour la décompression, la configuration du matériel et le choix des gaz
- 1.2.2 Le trimix avancé
 - Caractéristiques
 - Réflexion sur la philosophie de la plongée, configuration du matériel et choix de la décompression

2^{EME} PARTIE

REFLEXION SUR UN PROGRAMME DE FORMATION DANS LE CADRE DU PROJET FEDERAL

Dans cette deuxième partie seront évoqués les différents points à aborder lors des formations fédérales, avec une mise en relief des points clés de la progression. En fin de réflexion, nous trouverons une proposition de planning de formation pour les cursus trimix fédéraux.

2.1 La configuration de l'équipement

- Le matériel du plongeur trimix élémentaire
- Le matériel du plongeur trimix avancé
- Réflexion autour de la configuration du matériel

2.2 La planification

- Choix des gaz
- Détermination du profil
- Choix des volumes
- Calculs des toxicités
- Elaboration du « run-time »

2.3 La décompression

- Utilisation des tables
- Utilisation des logiciels de décompression

2.4 La fabrication des mélanges

- Les mélanges prémixés
- Le recours à une structure professionnelle
- La fabrication
- L'analyse des mélanges
- Recyclage des fonds de blocs

2.5 Sécurité et analyse des risques

- La redondance
- Check-list et préparation mentale
- Le « what if ? » (Que faire si ?)

2.6 Proposition d'un programme de formation

- 2.6.1 La formation de plongeur trimix élémentaire
- 2.6.2 La formation de plongeur trimix avancé
- 2.6.3 La règle d'or

CONCLUSION

Introduction

En plongée sous-marine, lorsqu'il cherche à atteindre des profondeurs importantes, le plongeur se trouve confronté principalement à trois difficultés majeures :

- l'effet narcotique des gaz respirés,
- l'augmentation de la densité des gaz et ses conséquences sur la respiration,
- la quantité importante de gaz saturée dans l'organisme et les procédures de décompression associées qui deviennent de plus en plus complexes.

Une quatrième peut même se rajouter à cette liste : la lutte contre le froid.

Pour faire face à ces contraintes, il n'existe que deux solutions : l'adaptation de sa propre physiologie ou la modification du mélange gazeux respiré. Une modification de la physiologie étant difficile à mettre en œuvre et de portée souvent limitée, les travaux de recherche se sont plutôt orientés vers l'étude des mélanges gazeux.

Un mélange respirable est composé de deux éléments : l'oxygène, indispensable à l'organisme, et un gaz de remplissage, autrement nommé « gaz neutre ».

On pourra également distinguer deux types de mélanges :

- ceux qui servent pour la descente et l'exploration au fond,
- ceux qui servent pour la remontée et la décompression.

Pour le mélange fond, les caractéristiques requises sont :

- un gaz le plus léger possible,
- un gaz le moins narcotique possible,
- un taux d'oxygène compris entre les limites hypoxiques et hyperoxiques.

En outre, il est souhaitable que ce gaz soit diffusible plutôt que soluble. En effet, les gaz solubles se chargent en quantité dans les tissus et sont difficiles à éliminer alors que les gaz diffusibles sortent presque aussi vite qu'ils sont entrés.

Compte tenu de ces différents critères, plusieurs gaz ont été testés :

- l'hydrogène ; il serait le mieux placé mais il est un peu explosif en présence d'oxygène !
- l'argon ; son pouvoir narcotique est malheureusement très fort,
- le néon ; il est lourd et soluble,
- le krypton ; il est très coûteux.

Il restait alors l'hélium. C'est un gaz léger, non narcotique, diffusible et peu soluble. Les premières expériences ont été menées avec de l'héliox, un mélange d'hélium et d'oxygène.



Bouteilles d'hélium d'une capacité de 50 litres à 200 bars fournies par les producteurs

Pour la pratique de la plongée sportive, le trimix (mélange hélium / oxygène / azote) a toutefois été préféré à l'héliox pour les raisons suivantes :

- l'ajout d'azote permet de diminuer de façon significative le coût du mélange,
- la décompression suite à une plongée héliox est beaucoup plus longue que pour la même plongée au trimix,
- il peut être bénéfique de garder une légère narcose afin de contrer les effets du stress inévitable induit par une plongée profonde (cette « narcose bénéfique » étant toutefois bien inférieure à celle rencontrée lors de plongées à l'air dans l'espace lointain...),
- la présence d'azote permet aussi de diminuer le refroidissement lié à la respiration d'hélium (en effet ce gaz possède une capacité calorifique nettement inférieure à celle de l'air).

L'avènement du trimix comme mélange de choix pour la plongée profonde est passé par les étapes suivantes :

1919 : Le professeur Thompson (USA) propose l'utilisation de l'hélium.

1925 : L'USNavy commence les essais avec de l'héliox.

1938 : L'héliox est utilisé jusqu'à 90 m et l'absence de narcose est constatée.

Dès 1939 : Tous les gaz inertes sont systématiquement testés et il est montré que plus ils sont lourds, plus ils sont handicapants.

1948 : Un suédois, Zetterstrom, plonge à 150 m à l'hydrox mais meurt d'un accident de décompression, n'ayant pu contrôler sa vitesse de remontée.

- 1965 : Les opérations « Précontinent III » (hélium à 100 m) et « Sealab II » (hélium à 60 m) permettent un séjour hyperbare d'un mois. Barthélemy et Michard (Marine Nationale) publient des tables d'intervention jusqu'à 150 m.
- 1968 : Brauer (USA) décrit les effets sur le système nerveux des animaux induits par une forte pression partielle d'hélium. Il baptise cet effet «Helium Tremor ».
- 1969 : Le Docteur Fructus (Comex) décrit le SNHP (Syndrome Nerveux des Hautes Pressions)
- 1970 : Les plongeurs sportifs commencent à utiliser les mélanges en Afrique du Sud et en 1975 aux USA.
- Dès 1979 : En Europe, l'Allemand Hasenmayer et le Français Touloumdjian se lancent dans la plongée souterraine aux mélanges et enchaînent les records jusqu'au 205 m d'Hasenmayer en 1983 à la Fontaine de Vaucluse.
- Dès 1987 : HélioX et trimix sont utilisés aux USA à Wakulla. C'est la première utilisation « loisir » à échelle un peu moins confidentielle.
- Dès 1989 : Les premières écoles de formation américaines se mettent en place à destination des plongeurs sportifs.

Le trimix est donc désormais considéré comme le mélange optimum pour la plongée sportive profonde. Il n'existe pas un, mais des trimix, caractérisés chacun par le pourcentage d'oxygène et d'hélium qu'ils contiennent (le pourcentage d'azote étant déterminé par différence). Il est donc ainsi possible de choisir le mélange le mieux adapté à la plongée que l'on souhaite effectuer.

L'utilisation de ces mélanges reste toutefois pour l'instant assez confidentielle. Même si on fait abstraction du surcoût significatif d'une plongée au trimix par rapport à l'air, la mise en œuvre de telles plongées reste cependant difficile car :

- l'approvisionnement en hélium n'est pas encore généralisé. C'est un gaz non synthétique qui doit être extrait du milieu naturel comme le pétrole, les lieux de production étant peu nombreux (USA, Russie, Algérie),
- un matériel spécifique est nécessaire (même si le développement de la plongée au nitrox a déjà permis de commencer à s'équiper)
- la logistique à mettre en place est lourde (logistique des gaz, mise en place de la sécurité, planification, etc.),
- la littérature sur la plongée trimix n'est pas encore très fournie (et nécessite souvent une bonne pratique de l'anglais)
- les écoles de formation ne sont pas nombreuses

La décision de refonte des cursus prise par la FFESSM devrait permettre de pouvoir relancer cette dynamique, même si la zone des 80 à 120 mètres restera toujours réservée à des plongeurs confirmés et entraînés.

1^{ère} Partie

Analyse de différentes écoles de formation

La pratique de la plongée aux mélanges par les plongeurs « loisir » date maintenant d'une trentaine d'années (1975 aux USA et 1980 en Europe).

Les premières écoles de formation ont vu le jour à la fin des années 80, avec notamment Dick Rutkowski qui créa IANTD (International Association of Nitrox and Technical Divers). Elles avaient principalement pour but l'exploration des cavités immergées et la spéléologie. Ce sont d'ailleurs les différents records d'exploration et la découverte de nouveaux réseaux qui ont le plus promu cette discipline.

Et c'est pourquoi, les différents cursus sont largement inspirés par les techniques mises au point et utilisées en spéléologie subaquatique.

Bien que chaque école ait développé un programme spécifique, on retrouve plus de similitudes que de différences.

1.1 Les cursus existants à l'heure actuelle

cf. annexes A1 à A5

L'étude faite ici portera sur les programmes des écoles à vocation « tek » les plus anciennes et reconnues en France, soit IANTD et TDI (Technical Diving International). Le cursus ANMP (Association Nationale des Moniteurs de Plongée) ainsi que celui de NAUI Tec (département tek de National Association of Underwater Instructors) seront eux aussi analysés.

Le cursus PADI (Professional Association of Diving Instructors) ne sera pas étudié car il reste pour l'instant anecdotique (avec une formation permettant l'utilisation du trimix jusqu'à 50 m). Toutefois, l'accord passé avec NRC (Nitrox and Rebreather College) pour le développement de la plongée nitrox se traduira peut-être un jour par une formation trimix plus développée.

1.1.1 Les plongeurs

On peut noter que la plongée trimix s'adresse avant tout à des plongeurs expérimentés (ce qui se comprend aisément compte tenu des zones d'évolution et de la technicité requise).

L'âge minimum est de 18 ans (21 ans pour NAUI Tec).

Le candidat doit être plongeur 3*CMAS (ou équivalent) et titulaire d'une qualification nitrox.

L'expérience est le plus souvent jugée à partir d'un nombre de plongées : 100 au minimum pour TDI, IANTD et ANMP.

Les écoles américaines exigent en plus qu'une trentaine de ces plongées ait été effectuée au-delà de 30 m.

Seul NAUI Tec se différencie en demandant un minimum de 250 plongées, dont 75 à plus de 40 m et 10 à plus de 50 m.

1.1.2 Les qualifications

C'est sur ce point que va résider la principale différence :

- certaines écoles ont opté pour un seul niveau de qualification,
- les autres ont choisi de proposer la formation en deux niveaux.

TDI, NAUI Tec et IANTD ont séparé leur cursus en deux étapes :

- Trimix light et Trimix avancé pour TDI,
- Trimix normoxique et Trimix pour IANTD,
- Trimix I et Trimix II pour NAUI Tec.

L'ANMP (ainsi que PADI/DSAT) propose une seule qualification de « plongeur trimix ».

Lorsqu'il est distingué deux niveaux de certification, le premier niveau correspond à une utilisation de trimix normoxique (c'est à dire contenant de 20 à 21% d'oxygène). IANTD prévoit de plus que le pourcentage d'hélium ne peut être supérieur à 30 %.

Le second niveau permet l'utilisation de tous les trimix et donc une zone d'évolution plus importante (mais aussi des contraintes supplémentaires compte tenu de l'impossibilité d'utiliser un trimix hypoxique en surface).

1.1.3 Les prérogatives

Elles découlent bien évidemment des qualifications obtenues.

Le premier niveau de trimix TDI ou IANTD ne pourra utiliser que des mélanges normoxiques et sera limité à une profondeur de 60 m (sa P_{PO_2} sera alors de 1.47 bar).

Pour NAUI Tec, la limite de profondeur est de 69 m, ce qui représenterait pour 21% d'oxygène une P_{PO_2} de 1.69 bar (1.58 bar si on réduit le pourcentage d'oxygène à 20 %).

Pour le second niveau, les plongeurs certifiés par les organismes TDI ou NAUI Tec ne pourront dépasser la profondeur de 90 m.

Pour les plongeurs IANTD et ANMP, aucune limite d'utilisation n'est indiquée mais les formations ne sont pas effectuées au-delà de 80 m.

1.1.4 La formation

Elle est assurée par un moniteur titulaire de la qualification concernée et dans les limites d'encadrement prévu par les textes.

L'ANMP prévoit que les encadrants E3 et trimix assure la formation dans la zone 0/40 m.

Le nombre de participants est limité à quatre par moniteur dans les écoles américaines (trois pour les plongées à plus de 66 m chez IANTD). Ce nombre doit bien évidemment être adapté en fonction des conditions de plongée.

L'ANMP ne précise rien et compte tenu des textes de loi actuels, doit prendre en formation trois plongeurs par moniteur.

Concernant le volume de la formation, il comprend en général 15 à 20 heures de théorie ; et six à huit plongées, celles-ci assurant une progressivité dans les profondeurs d'immersion. TDI et IANTD raisonnent en plus sur un temps d'immersion minimum.

NAUI Tec prévoit 18 h de cours, six plongées pour le trimix 1, huit pour le le trimix 2.

Le cursus TDI comprend pour chaque niveau huit heures de théorie et quatre plongées représentant un temps total d'immersion de 100 minutes au moins. A la fin du cursus trimix, le plongeur aura effectué au moins deux plongées à 40 m et deux à 60 m.

L'ANMP n'indique pas de durée pour la théorie et impose un minimum de huit plongées dont deux à une profondeur minimale de 60 m et deux à une profondeur minimale de 70 m.

IANTD enfin organise ces formations sous forme de stage d'une durée de 4 à 5 jours comprenant six plongées pour le premier niveau et quatre pour le second.

On pourra noter que seul IANTD inclut dans son programme de formation la validation d'une qualification de « technicien de gonflage », les autres écoles prévoyant simplement une information sur la fabrication des mélanges.

1.1.5 La configuration matérielle

Cet aspect n'est pas défini dans le cursus ANMP mais il est toutefois indiqué l'apprentissage et l'utilisation de matériel spécifique (lignes de décompression, fil d'Ariane...).

Pour les écoles américaines, la liste du matériel est systématiquement définie et c'est là que l'on retrouve l'empreinte des plongeurs spéléos.

L'utilisation des dévidoirs et parachute de relevage fait partie du cursus.

Selon le niveau préparé, le plongeur devra être capable d'embarquer un ou deux relais dont la taille sera adaptée en fonction de sa consommation propre et de la plongée planifiée.

Lorsque l'utilisation d'un bi-bouteille est nécessaire, celui-ci devra être soit en robinetterie séparée, soit avec une seule robinetterie reliée. Dans ce dernier cas, il devra posséder une vanne d'isolation permettant de rendre les deux blocs totalement indépendants.

Un tuyau long pour le détendeur de secours est exigé (mais il ne s'agit alors pas d'un simple flexible de 90 cm comme pour un octopus traditionnel mais plutôt d'un flexible mesurant entre 1,5 et 2 m).

L'utilisation du vêtement étanche sera fonction de l'environnement de plongée.

L'ordinateur en « mode air » perd souvent son intérêt dans ce type de plongée car il sera vite hors-service, compte tenu des décompressions différentes induites par l'hélium et l'utilisation de mélanges enrichis en oxygène. On lui préférera donc souvent un timer (combiné électronique incluant chronomètre et profondimètre).

Cisailles et ardoises complètent l'équipement.

1.1.6 La décompression et les paramètres de choix des gaz

Si les textes réglementant la plongée aux mélanges prévoient :

- une limite maximale de P_{pO_2} de 1.6 bar,
- une limite minimale de P_{pO_2} de 0.17 bar,
- une limite maximale de P_{pN_2} de 5.6 bars (ce qui correspond à une profondeur maximale de 60 m à l'air).

D'autres limites ont parfois été prévues.

Ainsi pour NAUI Tec, la limite maximale de P_{pO_2} à retenir est de 1.5 bar pour la plongée nitrox et 1.4 bar pour le trimix.

Pour IANTD, ces valeurs sont de 1.4 bar de P_{pO_2} pour les « mélanges fond » et 1.6 bar pour les mélanges de décompression. De même, la profondeur équivalente narcose ne doit pas dépasser 36 mètres (ce qui correspond à une P_{pN_2} de 3.68 bars pour l'air).

Concernant la décompression, elle est effectuée à partir de mélanges nitrox et/ou d'oxygène pur.

IANTD prévoit que le plongeur « trimix normoxique » n'utilisera qu'un seul mélange de décompression.

Pour ce qui est du calcul de cette décompression, plusieurs solutions sont retenues et aucun consensus ne se dégage :

- ANMP forme ses plongeurs à l'utilisation d'un ou plusieurs logiciels,
- TDI enseigne dès le trimix light l'utilisation des tables et des logiciels,
- IANTD n'utilise que ses propres tables. Depuis peu, l'utilisation de logiciels basés sur l'algorithme VPM-B est comprise dans la formation de plongeur Trimix et devrait servir bientôt à l'élaboration des tables pour la partie Trimix normoxique,
- NAUI Tec utilise des tables basées sur l'algorithme RGBM de Bruce Wienke.

En conclusion à cette analyse, nous pouvons donc retenir que si globalement les cursus se ressemblent, il existe tout de même un point de divergence et qui n'est pas sans importance, c'est le moyen de calcul de la décompression.

1.2 Les cursus fédéraux

Lors de la première parution des contenus de formation "plongée mélanges" en 1995, il avait été prévu trois niveaux de pratique : plongeur nitrox, plongeur nitrox confirmé et plongeur trimix.

En 1999, une première étude avait été faite avec la présentation d'un cursus en quatre parties et d'une durée globale de 80 heures. (cf. annexe A7).

Cette formation comptait 19 heures de théorie et neuf plongées (dont sept au trimix). Il était déjà prévu l'utilisation de deux relais (nitrox et oxygène) ainsi que l'enseignement des tables et des logiciels.

En 2003, une nouvelle réflexion a été menée afin de définir des cursus dans la lignée des autres formations fédérales.

Ce groupe de travail a défini deux cursus différents pour les plongeurs :

- le plongeur trimix élémentaire,
- le plongeur trimix avancé.

La Commission Technique Nationale a approuvé la rédaction de ces nouveaux cursus le 20 septembre 2003.

Leur mise en place nécessite toutefois la modification de l'arrêté d'août 2000 sur la plongée aux mélanges. Dès que ces modifications auront été adoptées, les cursus devraient être publiés et diffusés.

L'analyse de chacune de ces qualifications sera faite en deux temps :

- Caractéristiques principales de cette qualification,
- Commentaires et réflexions.

1.2.1 Le plongeur trimix élémentaire

cf. annexe A8.

a) Les caractéristiques

Cette formation s'adresse aux plongeurs N3 et titulaires de la qualification Nitrox Confirmé. Leur expérience de la plongée profonde est appréciée par rapport au fait qu'ils doivent avoir effectué au moins 10 plongées entre 40 et 50 m.

Leurs prérogatives seront :

- utilisation d'un mélange avec au minimum 18 % d'oxygène et 20 % d'hélium,
- utilisation jusqu'à 70 m,
- utilisation d'un mélange en décompression.

La formation sera assurée par un moniteur E4 qualifié trimix. Celui-ci a la possibilité d'encadrer trois personnes.

Selon les consommations de chaque plongeur, cette qualification pourrait se faire avec une configuration matérielle assez légère du type : un bloc de 15 litres de « mélange fond » et un relais de 6 litres de mélange utilisé pour la décompression. Parachute et dévidoir seront ajoutés à l'équipement de base du plongeur.

Le calcul de la décompression sera enseigné uniquement à partir de tables. Les limites retenues pour le choix des gaz sont celles définies par l'arrêté de 2000, soit une pression partielle d'oxygène d'une valeur de 1.6 bar maximum et 0.17 bar minimum, ainsi qu'une pression partielle d'azote maximale de 5.6 bars.

b) Quelques réflexions

- **Notation des mélanges**

La notation retenue pour un mélange en France est :

Tx % oxygène / %azote / %hélium.

Aux USA, ainsi que dans la plupart des pays anglophones, la notation est :

Tx % oxygène / %hélium / %azote

Cette nomenclature est aussi parfois appelée « notation mer du nord ».

Cette différence risque d'entraîner des confusions. De plus, pour simplifier encore la communication, on parle couramment de Nx 40 au lieu de Nx 40/60.

La tendance est à réduire la notation en indiquant uniquement les pourcentages d'oxygène et d'hélium (les seuls intéressants puisque l'azote est calculé par différence).

Par mesure de simplification, je noterai donc les trimix ainsi :

Tx 20/25

(trimix avec 20 % d'oxygène et 25 % d'hélium).

C'est d'ailleurs les notations que l'on retrouve dans les logiciels de décompression ainsi que sur les tables anglo-saxonnes disponibles.

- **Utilisation de tables pour la décompression**

L'arrêté d'août 2000 prévoit :

Art. 15. - La décompression d'une plongée aux mélanges peut être conduite soit à l'aide de tables spécifiques scientifiquement validées par un organisme public ou privé compétent en matière d'expérimentation hyperbare humaine, soit à l'aide d'un ordinateur pour la plongée aux mélanges ou, dans le cas de plongée au nitrox, avec des tables à l'air dans lesquelles on entre avec la profondeur équivalente air.

S'il semble souhaitable de limiter pour le plongeur titulaire de la qualification trimix élémentaire les possibilités de choix dans sa décompression, le recours aux tables pose toutefois un problème : à l'heure actuelle, aucune table approuvée par la fédération française n'est disponible.

Un appel d'offre aux organismes compétents a été lancé, mais le choix n'est pas encore effectué entre les différentes propositions.

La CTN a bien admis que les tables à l'air pourraient être utilisées pour la décompression dans la mesure où le mélange contiendrait moins de 20 % d'hélium. Mais ceci paraît délicat puisque pour permettre une désaturation convenable de l'hélium qui est très diffusible, il semble qu'il y ait unanimité parmi les experts, en faveur du ralentissement des vitesses de remontée, qui ne devraient pas dépasser 10 m/min. Or, les tables MN90 sont basées sur une vitesse de 15 à 17 m/min. On se trouve alors dans le cas d'une remontée lente : doit-on rajouter le temps de remontée dans le temps de plongée comme cela est préconisé dans les procédures ? Ou alors, doit-on modifier simplement la vitesse de remontée et conserver les paliers prévus pour le temps au fond ?

De plus, comment fait-on à 70 m puisque les tables s'arrêtent à 65 m ?

De nombreuses interrogations et interprétations différentes vont inévitablement apparaître si cette solution est définitivement adoptée.

Cette utilisation des tables air fait référence à la méthode de la « giclette » qui consistait à introduire une petite quantité d'hélium dans un bloc avant de le gonfler à l'air afin de diminuer les effets de la narcose. Les paliers étaient ensuite effectués comme pour une plongée à l'air. Cependant, cette procédure n'est admise que dans la limite de 10 % d'hélium et pour une profondeur maximale de 60 m. Au-delà, le risque d'accident de décompression n'est pas négligeable.

Une autre possibilité est d'utiliser les tables existantes (IANTD ou TDI). Elles sont disponibles depuis de nombreuses années, et disposent d'un recul statistique non négligeable pour être considérées comme validées par la pratique. Par contre, elles sont définies pour des mélanges bien précis et ne sont pas forcément en adéquation avec les critères retenus par la FFESSM.

Ainsi, dans le cadre du trimix élémentaire, la table 20/25 IANTD pourrait convenir mais elle ne prévoit pas de plongée au-delà de 60 m.

Il semble donc difficile d'envisager des formations tant que ce point n'aura pas été réglé.

- **Configuration du matériel**

Il semblerait que l'orientation prévue (et nécessitée par l'évolution des pratiques) pour la qualification « trimix élémentaire » soit de permettre une utilisation plus « loisir » du trimix, et ainsi d'accroître la sécurité des utilisateurs sans trop changer leurs habitudes de plongeurs à l'air.

Dans ces conditions, cela signifie également que la configuration matérielle doit rester assez simple et légère. Il faudra alors accepter des durées de plongée courtes.

En effet, sur la base d'une consommation de 20 l/min, à 70 m et en tenant compte d'une réserve d'un tiers, on obtient :

- pour un 15l à 200 bars (le plus courant),
volume de trimix disponible = $15 \times 200 \times \frac{2}{3} = 2000$ litres,
soit 12,5 min d'autonomie.

De plus, 20 l/min est une consommation assez moyenne, qui va vite augmenter si l'on rajoute l'utilisation d'une combinaison étanche comme c'est souvent le cas en lac, ou simplement à cause du stress supplémentaire lié à la profondeur. (cf. annexe B1).

• **Choix des gaz**

Le fait d'autoriser les plongeurs trimix élémentaire à plonger jusqu'à 70 mètres implique d'utiliser un trimix non normoxique.

En effet, à 70 mètres, pour 21% d'oxygène, la pression partielle d'oxygène est de 1,68 bar donc supérieure à la limite autorisée.

Si ce pourcentage est ramené à 18 %, la pression partielle d'oxygène est alors de 1,44 bar. Ce mélange pourra donc être respiré sans risque d'hyperoxie au fond. Par contre, il sera hypoxique en surface (même s'il retrouve une pression partielle normale à partir de 2 mètres de profondeur). Il faudra donc veiller à l'utilisation de ce mélange en surface (mais ce point n'est pas prévu dans le cursus).

Le choix du pourcentage d'hélium sera lui aussi primordial. En effet, si le mélange contient 18 % d'oxygène et 20 % d'hélium, sa teneur en azote sera de 62 %.

A 70 m, la P_{PN_2} sera donc de 4.96 bars, ce qui correspond à une profondeur équivalente air de 52 m. Le gain par rapport à la narcose n'est donc pas forcément très important (même si tous les plongeurs « expérimentés » vous diront qu'ils ne sont pas narcosés à 50 m !).

1.2.2 Le plongeur trimix avancé

cf. annexe A9.

a) Les caractéristiques

Cette formation s'adresse aux plongeurs N3 et titulaires de la qualification Trimix élémentaire.

Ils devront avoir effectué dix plongées au trimix dont cinq entre 55 et 70 m avant de pouvoir commencer la formation. Ils devront de plus être apte à gérer un vêtement étanche.

Leurs prérogatives seront :

- utilisation de tous les trimix,
- utilisation de nitrox et oxygène pur en décompression,
- utilisation jusqu'à 120 m.

La formation sera assurée par un moniteur E4 qualifié trimix. Celui-ci a la possibilité d'encadrer trois personnes.

La configuration matérielle sera beaucoup plus lourde puisque les plongeurs devront être capables d'emmener l'ensemble de leur décompression avec eux (soit deux relais voire plus). De même, compte tenu des profondeurs d'évolution et donc des besoins en gaz, il faudra obligatoirement un bloc bi-bouteilles pouvant contenir jusqu'à deux fois 18 litres et plus.

Le calcul de la décompression sera enseigné à partir de tables et de logiciels. L'utilisation des ordinateurs multi-gaz est prévue.

La fabrication des mélanges sera intégrée dans la formation.

Les limites retenues pour le choix des gaz sont toujours celles définies par l'arrête de 2000 soit une P_{PO_2} de 1.6 bar maximum et 0.17 bar minimum, ainsi qu'une P_{PN_2} maximale de 5.6 bars.

b) Quelques réflexions

La formation de plongeur trimix avancé nécessite une expérience un peu plus importante que celle de trimix élémentaire. Elle offre par contre des prérogatives largement étendues (120 m au lieu de 70 m) et devient une pratique différente de la plongée à l'air.

• « Philosophie » de la plongée

Lors de la formation, il conviendra d'insister sur la rigueur et le respect des procédures car une erreur à 120 m n'aura pas le même impact qu'à 70 m. De même, les plongeurs devront apprendre à être patients car ils ne seront pas prêts pour atteindre 120 m dès le lendemain de l'obtention de leur qualification.

La formation étant limitée à 80m, ils devront apprendre à aller plus bas progressivement, en adaptant leur configuration matérielle et leurs procédures à l'augmentation des contraintes liées à la profondeur. Certains plongeurs trimix progressent ainsi de seulement une dizaine de mètres par an.

Enfin, ce type de plongée nécessite un changement radical dans sa façon de penser et de gérer les difficultés. La formation prévoit bien d'être capable de porter assistance à son coéquipier. Mais lorsque l'on pratique cet exercice, on s'aperçoit que c'est déjà délicat avec un bi 2x10 litres et deux relais de 6 litres. Je vous laisse imaginer ce que cela devient avec un 2 x 18 litres et les relais correspondants.

La plongée à de telles profondeurs devient très autonome par nécessité (et c'est d'ailleurs ce que l'on retrouve dans certaines écoles techniques américaines).

• Configuration du matériel

Avant de pouvoir atteindre les limites, il faudra en premier lieu franchir la barrière du matériel.

En effet, pour un plongeur qui consomme habituellement 20 l/min, on peut estimer qu'à 120 m sa consommation sera au moins de 25 l/min pour tenir compte du stress et du froid.

Dans ces conditions, s'il désire effectuer une plongée de 15 min à 120 m en respectant la règle des tiers, il devra disposer d'au moins : $25 \times 13 \times 15 \times 1.5 = 7312.5$ litres ce qui à 200bars

représente un volume de plus de 36 litres soit un bi 2 x 18l (et ceci en ne tenant pas compte de la décompression qui sera effectuée à l'aide de blocs relais).

Ce type de bloc implique bien entendu de revoir l'ensemble de son équipement, de réapprendre à se lester, à se déplacer...

- **Choix de la décompression**

Enseigner l'utilisation des logiciels de décompression est un nouveau challenge. Il faudra tout d'abord déterminer lesquels on choisit en fonction du modèle s'y rapportant. Ensuite, il faudra surtout faire des mises en garde et insister sur le fait qu'aucune garantie n'existe.

C'est le choix du plongeur qui détermine sa décompression mais c'est aussi lui qui sert de cobaye à sa propre planification !

Ainsi, pour une même plongée de 15mn à 60m, avec un Tx 20/25 et un nitrox 70 en décompression, en modifiant seulement deux paramètres sur les réglages du logiciel, on obtient une décompression variant entre 20 et 55 minutes. (cf. annexe B6)

Et le logiciel ne donne jamais aucune alarme entre ces différents profils.

En conclusion, même si la mise en place de ces cursus va permettre le développement de la plongée trimix, la pratique de cette activité dans des profondeurs importantes restera limitée. Le trimix élémentaire devrait toutefois permettre de satisfaire les envies de certains tout en sécurisant leurs plongées.

Cet enseignement nécessitera cependant la remise en cause de certaines habitudes prises dans la pratique de la plongée à l'air, et notamment le « laxisme » quant au respect des profondeurs et temps de plongée.

2^{ème} partie :

Réflexion sur un programme de formation dans le cadre du projet fédéral

Préalablement à l'élaboration d'une formation trimix, voici quelques-unes des étapes qu'il faudra mettre au programme.

2.1 La configuration de l'équipement

L'image phare de la plongée trimix, c'est souvent un plongeur avec un bi dans le dos, des relais sous les bras, des détendeurs autour du cou..., quelque chose assez proche d'un arbre de Noël !



En fait, cet arbre de Noël est l'objet de nombreuses réflexions et doit être utile et accessible pour assurer la sécurité et le confort du plongeur.

Avant tout, on pourra distinguer deux types de configurations :

- la première assez légère pour le trimix élémentaire,
- la seconde plus lourde pour le trimix avancé.

- **Le matériel du plongeur trimix élémentaire**

Compte tenu des cursus et des prérogatives obtenues, le plongeur trimix élémentaire peut se contenter d'une configuration incluant :

- un bloc de « mélange fond » (son volume devra permettre de respecter la règle des tiers-cf. partie suivante sur la planification),
- un bloc de décompression,
- un parachute,
- un dévidoir,
- un gilet stabilisateur permettant d'accrocher l'ensemble de ce matériel et dont le volume soit suffisant pour assurer sa flottabilité.

Finalement, on ne change pas radicalement de configuration et il a peut-être déjà rencontré cet équipement lors de sa formation nitrox (ceci n'est pas obligatoire mais souvent pratiqué).



Configuration légère avec port du relais en position ventrale ou costale

- **Le matériel du plongeur trimix avancé**

Pour le plongeur trimix avancé, les choses se compliquent un peu. Le « plongeur tek » doit emporter cette fois au moins deux relais et un bloc de « mélange fond » de taille beaucoup plus importante. C'est à partir de cette configuration que le positionnement et le choix du matériel vont devenir primordiaux.

La première des règles à respecter est que l'ensemble du matériel à manipuler doit être accessible. Pour cela, il ne reste plus beaucoup de place sur le plongeur. Il doit se trouver :

- sur la poitrine (en tenant compte du fait que les relais vont limiter les accès),
- sur les cotés à hauteur des hanches,
- sous le bloc à hauteur des fesses.

L'ensemble de ce matériel sera fixé à l'aide de mousqueton et/ou de sandows. Les mousquetons devront avoir une taille adaptée et être facilement manipulable même avec des gants étanches.

Le matériel devra être positionné pour éviter les risques d'accrochage ou de confusion.



Le choix du type de matériel est lui aussi très important.

Le volume des blocs sera adapté en fonction des plongées que l'on souhaite effectuer. La question d'opter pour des blocs en aluminium pourra se poser lorsqu'il sera nécessaire d'emporter des relais d'un volume conséquent (certains de ces blocs en alu ont un poids apparent nul dans l'eau ce qui facilitera alors les manipulations et les déplacements).



Concernant les stabs, les systèmes avec un harnais, une plaque métallique et des bouées dorsales (wings) seront recommandés. Cela libère ainsi le triangle de poitrine et le volume des bouées peut-être choisi en fonction de la configuration des blocs et de l'équipement.

Quelques essais de réaction à une panne d'air devraient rapidement faire opter pour un détendeur principal avec un tuyau long (1.5 m à 2 m) ainsi qu'un élastique autour du cou pour le second détendeur. On propose dans ce cas son propre détendeur à la personne en difficulté. Ce dernier a l'énorme avantage d'être en état de fonctionnement (puisque l'on respire dessus) et très accessible (comme le nez au milieu de la figure !)



Pour les relais et leur positionnement, il est communément admis que, comme en politique, «rich is right, poor is left ». Le relais contenant le mélange le plus pauvre en oxygène sera donc positionné sur la gauche du plongeur et le plus riche sur la droite (attention, cela s'inverse quand on regarde le plongeur de face). Une fois cette règle adoptée, les risques de confusion lors des changements de gaz sont limités. Toutefois, des détrompeurs devront être installés (soit une pochette renfermant le détendeur, soit un élastique au travers de l'embout) pour accroître encore la sécurité.

Enfin, parachute(s) et dévidoir(s) seront les nouveaux accessoires de la panoplie du plongeur trimix.

Il conviendra d'orienter sur le choix d'un parachute, qui n'est plus seulement un parachute de signalisation, mais aussi un parachute sur lequel on peut effectuer sa décompression et qui peut servir d'appui à la remontée. La présence d'une soupape anti-éclatement peut être souhaitable.

Le dévidoir devra lui aussi être choisi avec soin pour éviter les « saucissonnages », amusants dans cinq mètres d'eau mais nettement moins à cinquante mètres ou plus.

- **Réflexion autour de la configuration du matériel**

Le principe de la redondance du matériel devra être évoqué (cf. partie sécurité).

Une matinée pourra facilement être consacrée à la configuration du matériel. Il s'agira de donner à chacun quelques clés et de le laisser ensuite adapter son propre matériel. Le plus important est de bien comprendre les raisons qui conduisent à chaque modification, et d'ensuite effectuer des compromis en fonction des circonstances. Une première plongée sera consacrée aux diverses manipulations et les configurations devraient évoluer tout au long de la formation.

La recherche de la « configuration ultime » est parfois le saint Graal du plongeur trimix, d'autant plus que chaque type de plongée nécessitera sa propre adaptation.

2.2 La planification

Cf. annexes B2 & B3

Cette seconde partie sera récurrente lors de tout le stage car préalable à toute plongée. Elle se décline en plusieurs points :

- le choix des gaz,
- la détermination du profil,
- le choix des volumes,
- le calcul des toxicités,
- l'élaboration des « run-time ».

Différents outils existent pour établir cette planification, à chacun de choisir celui qui lui convient le mieux.

• **Choix des gaz**

La première étape consiste à définir les paramètres de la plongée : profondeur et durée bien-sûr, mais aussi les limites de P_pO_2 pour le mélange fond et le(s) mélange(s) de décompression, ainsi que la PEN (Profondeur Equivalente Narcose) c'est-à-dire le niveau de narcose équivalente acceptable.

Ces facteurs devront être choisis avec soin et ne seront pas forcément identiques pour toutes les plongées.

La P_pO_2 acceptable au fond ne devra pas être la même, selon que la plongée s'effectue dans des eaux chaudes, calmes et claires ou des eaux froides, sombres, avec du courant.

La P_pO_2 en décompression sera le plus souvent possible proche de 1.6 bar afin d'améliorer la désaturation.

Une fois ces facteurs déterminés, l'utilisation de la loi de Dalton et des pressions partielles permet de déterminer le mélange optimum. Ce mélange ne sera pas obligatoirement celui retenu.

Dans le cas d'utilisation de tables, on prendra le mélange qui se rapproche le plus de celui défini.

Lorsque le mélange est choisi, on recalcule les P_pO_2 , PMU (profondeur maximale d'utilisation) et PEN.

• **Détermination du profil**

Paramètres de plongée et choix des gaz étant effectués, le profil de la plongée sera calculé en fonction de la décompression (soit par utilisation de tables, soit par logiciel).

On définit ainsi le temps total de l'immersion, la profondeur et la durée des paliers ainsi que le mélange respiré au palier.

- **Choix des volumes**

Si le profil de plongée va être commun à tous les plongeurs de la palanquée, ils n'auront pas tous besoin des mêmes quantités de gaz. Ainsi, pour un groupe de cinq plongeurs, on peut retrouver des consommations variant entre 16 et 24 l/min voire plus.

La consommation de chacun va fluctuer d'un jour à l'autre en fonction de sa condition physique et également des conditions de pratique (froid, stress, équipement...). Il conviendra donc de régulièrement tester sa consommation et d'adapter ainsi la planification. Il ne faudra pas oublier qu'un changement de taille de blocs, rendu nécessaire par les paramètres définis, entraînera une modification du lestage et aussi de la consommation. La consommation lors d'un effort sera également testée.

Le dernier point par rapport à ce choix des volumes est l'application de la règle des tiers. Par sécurité, on emmènera 1.5 fois plus de gaz que ce dont on a réellement besoin. Cette règle se définit ainsi :

- je dispose d'un tiers de mon bloc pour l'aller,
- je dispose d'un tiers de mon bloc pour le retour,
- je dispose d'un tiers de mon bloc pour assurer le retour de mon coéquipier.

La mise en œuvre de l'ensemble de ces règles pourra parfois amener à renoncer à une plongée par impossibilité d'emmener assez de mélange.



- **Calcul des toxicités**

Tout comme lors de plongée nitrox, il convient de déterminer les seuils de toxicité atteints suite à une plongée. En effet, lors de plongées trimix, les décompressions peuvent être relativement longues avec une P_{pO_2} fixé à 1.6 bar en général.

De plus, selon la limite de P_{pO_2} qui aura été retenue pour le mélange fond, on pourra atteindre des seuils assez élevés.

Le pourcentage de CNS (système nerveux central ou horloge oxygène) sera souvent le plus pénalisant, le seuil maximal acceptable en terme d'UPTD (dose unitaire de toxicité pulmonaire) n'est que très rarement atteint en plongée non commerciale.

- **Elaboration du « run-time »**

C'est la dernière étape de la planification qui consiste à recopier sur des tablettes immergeables le déroulement de la plongée.

On établit en fait trois *run-time* différents :

- un *run-time* principal qui correspond au déroulement normal,
- deux *run-time* de rattrapage : l'un avec un dépassement en temps, l'autre avec un dépassement en profondeur.

Parfois, une procédure plus courte peut-être écrite lorsqu'on n'est pas sûr de la plongée à effectuer : ce n'est pas la peine de rester quinze minutes au fond si l'objectif de la plongée a été manqué par une mauvaise localisation du site ou suite à du courant.

Un *run-time* se présente en fait sous forme d'un tableau :

Mélange	Tx 20/25				Nx70			
Profondeur	42	33	24	15	12	9	6	4.5
Temps	20	21	22	23	26	28	31	42

Il se lit : « je quitte la profondeur P au temps T ».

C'est un changement par rapport à la lecture habituelle des tables mais en fait c'est une utilisation très simple à effectuer en vis-à-vis entre le timer et la plaquette où est noté le *run-time*.

Cet outil a l'air un peu archaïque au premier abord, mais il se révèle redoutable d'efficacité pour suivre avec précision une planification de remontée. Cela demande cependant un minimum d'apprentissage qui sera effectué au cours des premières plongées de formation avec une profondeur plus réduite.



2.3 La décompression

C'est un des points les plus sensibles de la formation.

Il existe trois possibilités pour calculer sa décompression :

- l'utilisation de tables,
- l'utilisation de logiciels de décompression,
- l'utilisation d'ordinateur de plongée multi-gaz.

Le dernier point ne sera pas évoqué car il n'existe actuellement que peu de modèles permettant la gestion de plusieurs mélanges et le coût de ces ordinateurs reste élevé. On peut donc supposer que le plongeur qui se lancera dans l'acquisition d'un tel ordinateur aura pris le temps d'analyser les différents modèles et de choisir le mieux adapté à sa façon de plonger.

• Utilisation des tables

Ce sera le seul moyen de décompression mis à la disposition des plongeurs trimix élémentaire.

Indépendamment des remarques faites précédemment, le recours aux tables présente un avantage majeur : il n'entraîne pas de modifications des habitudes de plongée par rapport à la plongée à l'air.

La seule difficulté qui pourrait être rencontrée, c'est que les plongeurs ont perdu l'habitude d'utiliser et de respecter des tables suite au développement des ordinateurs de plongée.

Il faudra donc rappeler les principes liés aux tables et notamment respect des vitesses de remontée, des profondeurs et temps de paliers.

Ces points seront vérifiés lors des plongées en milieu naturel.

• Utilisation des logiciels de décompression

Il existe actuellement sur le marché de nombreux logiciels (une quinzaine ont été recensés par le groupe de travail trimix).

Ces logiciels sont téléchargeables sur Internet, certains gratuitement, d'autres moyennant une redevance plus ou moins élevée, le prix n'étant en aucun cas un gage de fiabilité !

Ils peuvent être classés en deux familles selon le modèle mathématique auquel il se réfère :

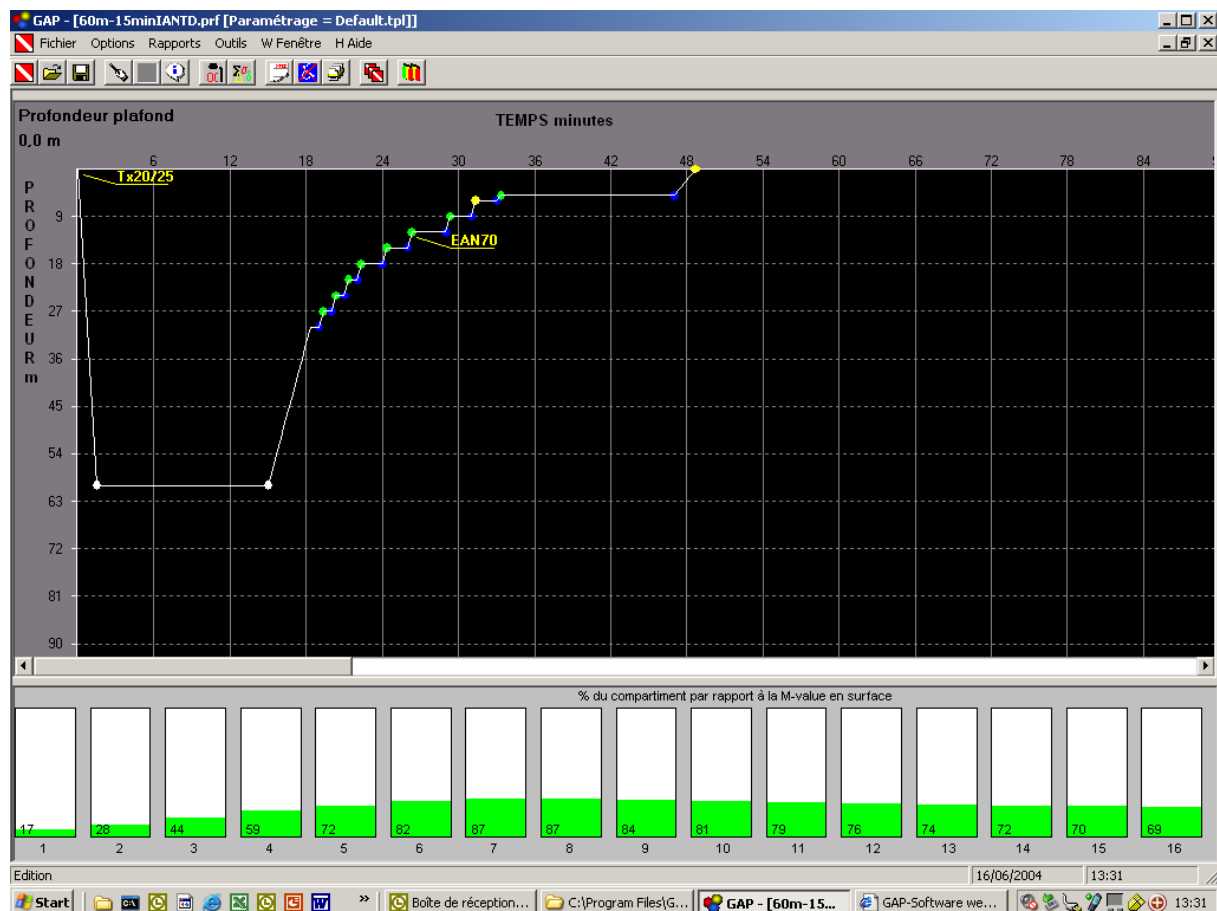
- les modèles classiques à perfusion de gaz du type néo-haldaniens, Bühlmann ou encore Spencer pour Abyss, GAP, Proplanner,
- les modèles dynamiques dits « bullaires » qui raisonnent sur la stabilité des micro-noyaux gazeux dans l'organisme tels que le VPM (Varying Permeability Model) pour V-Planner, VPM Deco, ou encore le RGBM (Reduced Gradient Bubble Model) pour GAP.

L'enseignement de ces logiciels devra surtout consister en des mises en garde par rapport à leur utilisation.

Après un rappel sur les modèles de décompression, il faudra mettre en avant les limites de l'utilisation des logiciels :

- le logiciel calcule la décompression en fonction des données qui lui ont été fournies : si celles-ci sont erronées, le profil sera inadaptable mais aucune alarme ne sera donnée,
- le conservatisme est défini par l'utilisateur : même si des valeurs de base sont entrées dans le logiciel au départ, le plongeur peut toujours les modifier et il influence ainsi sur la durée et le profil de la décompression (*cf. annexe B 6 : trois profils pour une même plongée*),
- la table de décompression issue du logiciel n'a pas fait l'objet d'une validation scientifique : le plongeur devra assumer les conséquences de ses propres choix,
- selon les paramètres qui seront entrés, le logiciel pourra calculer une décompression avec des temps de palier allant du simple au double ; il pourra donc être tentant de jouer sur les paramètres afin de diminuer le temps des paliers et ainsi de pouvoir minimiser les volumes de gaz à emporter.

La conclusion de cela est que les logiciels de décompression sont de merveilleux outils à condition toutefois d'avoir bien réfléchi aux paramètres à intégrer. Enfin, des tables existent, et il est peut-être souhaitable de les regarder de temps à autre pour s'assurer que le profil défini par l'ordinateur n'est pas trop aberrant.



Interface graphique du logiciel de décompression GAP

2.4 La fabrication des mélanges

Il s'agit là d'un point assez critique car sans mélange, pas de plongée et il n'existe pas toujours une structure capable de fabriquer le trimix ou le nitrox dont on a besoin pour une plongée.

- **Les mélanges prémixés**

On lit très souvent que les « marchands de gaz » peuvent proposer des bouteilles contenant des mélanges prêts à l'emploi. La réalité est très différente.

Ces mélanges sont difficiles à trouver. S'ils existent, ils sont standardisés et ne correspondent donc pas toujours avec les besoins du plongeur. Enfin, le coût est généralement prohibitif. Cette solution sera donc vite abandonnée.

- **Le recours à une structure professionnelle**

Cette solution demeure aussi assez aléatoire car le nombre de structures aptes à assurer de tels gonflages est encore assez limité. Toutefois, si on dispose d'une telle structure pas trop loin de chez soi, cela devient intéressant car on élimine tous les risques liés au gonflage et à la manipulation d'oxygène pur. Les manipulations sont ainsi effectuées par une personne compétente qui dispose de matériel adapté. De plus, c'est un confort et un gain de temps non négligeable lorsque l'on connaît le temps nécessaire à la préparation des mélanges.

- **La fabrication**

C'est la solution vers laquelle vont se tourner la plupart des particuliers.

Plusieurs méthodes existent :

- le surpresseur
- la lyre de transfert

Le surpresseur était jusqu'à présent réservé aux professionnels car son coût est très élevé et il nécessite pour fonctionner de disposer de gros débits d'air comprimé pour les modèles pneumatiques (les plus répandus).

Depuis quelques temps, on trouve sur le marché des mini-surpresseurs qui peuvent fonctionner à l'aide de blocs d'air comprimé. Ces mini-boosters sont encore très peu répandus et conviennent surtout à un usage très personnel, car ils ne permettent pas des débits très élevés.

L'utilisation d'un tel appareillage va permettre de vider les bouteilles de gaz et donc limiter ainsi les coûts, et d'atteindre des pressions qui auraient nécessité l'emploi de plusieurs bouteilles de 50 litres en cascade. Par contre, le prix d'achat de ce matériel est tout de même de l'ordre de 1500 à 2000 € voire plus pour les plus grosses unités.

La fabrication du mélange à l'aide d'une lyre et par la méthode des pressions partielles reste donc la méthode la plus abordable pour un particulier ou un club (coût approximatif d'une lyre compatible oxygène : 350 €).

Pour fabriquer son mélange, il suffira de déterminer le volume de chaque gaz à ajouter dans le bloc en fonction des pourcentages que l'on souhaite obtenir.

Le gonflage des blocs s'effectuera ensuite en commençant en général par l'hélium, gaz le plus cher, puis l'oxygène et enfin l'air qui lui ne coûte rien ou presque et pour lequel on peut atteindre les pressions les plus élevées à l'aide d'un compresseur.

Il faudra veiller à respecter des vitesses de gonflage lentes pour éviter les pertes et les échauffements, ainsi que les erreurs de proportion dues aux refroidissements.



- **L'analyse des mélanges**

Une fois le gonflage effectué, il conviendra d'analyser le mélange obtenu afin de s'assurer qu'il correspond bien avec ce qui était prévu.

Cette partie ne sera pas une nouveauté pour les plongeurs en formation puisqu'ils ont déjà pratiqué cela pour l'obtention de leur qualification nitrox.

L'analyse portera sur la teneur en oxygène qui est le facteur limitant par rapport à la profondeur d'utilisation du mélange.

Il serait bien entendu souhaitable de pouvoir vérifier le pourcentage d'hélium.

Malheureusement le coût des analyseurs hélium est élevé (environ 1000 €) et il n'est pas toujours possible de réaliser cet investissement.

De plus, compte tenu de la diffusibilité de l'hélium, on considère qu'il ne sera pas le facteur limitant de la décompression et qu'une variation de sa teneur en petites proportions reste acceptable. Une petite précision cependant, certains modèles utilisés dans les logiciels de décompression tel que le VPM sont très peu tolérants avec les variations de mélanges et du suivi de la procédure de remontée. Si on doit utiliser ce genre de logiciels, il est fortement recommandé de vérifier la composition du mélange à l'aide d'un analyseur d'hélium.

- **Recyclage des fonds de blocs**

Au retour d'une plongée, compte tenu de la règle des tiers, les blocs devraient contenir encore des mélanges. Et, il est donc tentant d'utiliser ces fonds de blocs pour préparer les mélanges de la plongée suivante (après tout, l'hélium coûte cher donc il ne faut pas « gâcher »).

Si l'utilisation de ces fonds de blocs ne pose pas de souci pour les nitrox, le problème est différent pour les trimix. En effet, compte tenu de la faible densité de l'hélium, le mélange trimix n'est pas toujours parfait par rapport à ce qui avait été prévu.

Si on ne dispose pas d'un analyseur hélium, on ne connaîtra pas le pourcentage exact dans le mélange.

En recyclant le trimix restant, on augmente encore la marge d'incertitude.

Certaines structures disposant d'un analyseur ont effectué des tests. Ils se sont aperçus qu'il était possible de recycler une fois un trimix. Au-delà, les écarts par rapport au pourcentage attendu sont beaucoup trop importants.

On ne recyclera donc pas plus d'une fois un reste de mélange trimix (sauf si on dispose d'un analyseur hélium).

2.5 Sécurité et analyse des risques

La plongée trimix va permettre d'accéder à des profondeurs beaucoup plus importante que la plongée à l'air. Les petites erreurs ou imprécisions à 40 m sont souvent sans conséquences, ce n'est plus le cas à 80 m ou plus.

Le plongeur trimix devra donc apprendre à anticiper au maximum les aléas de sa plongée et avoir déjà réfléchi à une solution.

- **La redondance**

C'est l'une des règles essentielles de la plongée tek (mais aussi des techniques spéléo).

Toutes les pièces sensibles de l'équipement vont être doublées :

- les blocs : si on a opté pour un bi-bouteille, il est conseillé qu'il soit en robinetterie séparé ou s'il est ponté, qu'une vanne d'isolation soit prévue entre les blocs,
- les détendeurs : ils sont déjà au nombre de deux pour le bloc principal, l'un devant en plus servir de secours pour le coéquipier,
- la flottabilité : très souvent on parle de stab « double enveloppe » c'est-à-dire que le gilet de stabilisation comportera en fait deux vessies séparées avec deux inflateurs distincts (si l'une est percée, l'autre permettra de remonter),
- les instruments : le plongeur emmènera avec lui deux moyens de suivi de sa décompression soit deux timers, deux ordinateurs, etc....,
- les parachutes et dévidoirs : ils seront aussi au nombre de deux. La présence de deux parachutes côte à côte est aussi un moyen de signaler un problème à la surface par exemple.

Certains diront : « mais pourquoi s'arrêter à deux et ne pas tripler ? » En fait, c'est une question de jugement et de bon sens, car il ne faut pas oublier que tout rajout d'une pièce entraîne un risque potentiel de faiblesse supplémentaire (un joint qui lâche, un flexible rompu, etc...). Il s'agit donc de faire un compromis entre la sécurité et le niveau de risque acceptable.

- **Check-list et préparation mentale**

Avant de partir effectuer une plongée, les coéquipiers vont procéder à un contrôle mutuel de leur équipement. Ils vérifient la nature des gaz emportés, les volumes, le run-time... Cette première étape permettra à chacun de vérifier qu'il n'a rien oublié, que le matériel est bien en état de marche et qu'il est prêt à effectuer la plongée planifiée.

La seconde étape s'effectue individuellement et consiste en un moment de réflexion et d'apaisement. Toute personne ayant vu « Le grand Bleu » ou des reportages sur l'apnée aura noté l'importance de la préparation mentale et de la concentration d'avant l'immersion. Sans aller jusque là, il est souhaitable de prendre le temps avant sa plongée de revoir dans sa tête le déroulement, de repérer les yeux fermés l'ensemble de son équipement... Il ne s'agit pas d'une longue méditation mais juste quelques minutes pour se calmer et faire le vide.



Une fois ces deux étapes franchies, les plongeurs se mettent à l'eau.



- **Le « what if ? » (Que faire si?)**

C'est une méthode qui consiste à se poser mutuellement des questions afin de déterminer ce qui peut arriver au cours de la plongée et les solutions qui seront adoptées.

Elle repose sur plusieurs points :

- Qu'est-ce qui peut arriver ?
- Que faire pour l'éviter ?
- Que fait-on en cas de problème ?

Ce « what if ? » s'effectue entre tous les plongeurs de la palanquée et dans l'ordre du déroulement de la plongée.

Quelques exemples :

- Avant la plongée : que faire si un plongeur découvre que son bloc fuit et qu'il a moins de gaz que prévu ?
- A la mise à l'eau : que faire s'il y a du courant en surface ?
- A la descente : que faire si un plongeur a un problème d'oreille ?
- Pendant la plongée : que faire s'il y a un filet au fond ? Que faire si on se perd ?
- A la remontée : que faire si un plongeur est en retard sur le *run-time* ? Que faire si un plongeur est en avance sur le *run-time* ? Que faire si un plongeur n'a plus de mélange de décompression ?

L'ensemble de ces questions doit permettre de limiter au maximum les risques liés à la plongée ou au moins de savoir comment réagir.

Il n'y a pas de réponses préétablies à ces questions, mais elles permettent une discussion et une approbation des procédures au sein des membres composant la palanquée.

Mais, il faut rappeler que la meilleure des préventions est de savoir renoncer. Si on ne « sent » pas une plongée, si les conditions sont difficiles et /ou différentes de celles prévues, annuler la plongée est parfois la seule solution même si c'est une décision difficile à prendre lorsqu'on a programmé et planifié avec soin son expédition.

2.6 Proposition d'un programme de formation

Les différents points de la formation ayant été vu, deux programmes seront proposés : un pour chaque niveau de qualification. Pour les deux programmes, l'évolution de la profondeur est comprise entre 5 et 10 mètres supplémentaires par jour.

2.6.1 La formation de plongeur trimix élémentaire

cf. annexe B4

Elle se déroulera sur une durée de quatre jours et comptera cinq plongées dont trois au trimix. Même si le nombre de plongées paraît relativement important, il s'agit volontairement d'une formation assez légère. Le principe retenu pour ce programme est de :

Permettre au plongeur d'aller un peu plus profond que lors d'une plongée à l'air mais sans modifier de façon drastique ses habitudes de plongée.

C'est pourquoi la partie sur la configuration du matériel ne sera que peu abordée, contrairement à la formation de plongeur trimix avancé.

L'équipement du plongeur sera composé de :

- un bloc pour le mélange fond,
- un bloc relais pour le mélange de décompression.

Lors de sa formation nitrox, le plongeur aura peut-être déjà appris à gréer et positionner son bloc relais sur son gilet stabilisateur. Si ce n'est pas le cas, cela sera développé lors de la première journée du stage. Le plongeur devra bien entendu être équipé d'un gilet d'un volume suffisant pour assurer sa flottabilité avec le relais.

Grâce aux tests de consommation qui seront effectués en début de stage, le plongeur pourra choisir le volume de bloc adapté à son profil. Il est souhaitable que les blocs ne dépassent pas un volume total de 20 litres (sous forme d'un bi-bouteille 2x10 litres). Au-delà, il faudrait revoir l'ensemble de l'équipement du plongeur.

La première journée du stage aura pour but de :

- revoir les techniques de plongée nitrox (analyse et marquage des blocs, changement de gaz, équipement et positionnement des relais),
- découvrir le matériel spécifique : dévidoir et parachute de relevage,
- introduire les règles de planification.

Ces deux derniers points seront bien entendu ceux sur lesquels il faudra insister.
En ce qui concerne la planification, il ne s'agira que d'une approche introduisant la règle des tiers et les procédures de rattrapage.

La seconde journée est la journée de découverte du trimix dans une zone d'évolution proche de celle des plongées à l'air.

Exemple : plongée d'une durée de 20 minutes à 48 mètres

- Si cette plongée est effectuée entièrement à l'air, le temps total d'immersion sera de 47 minutes avec des paliers à partir de 6 mètres (selon les tables MN90),
- Si on utilise un Tx 20/25 avec une décompression au Nx 70, le temps total de l'immersion sera de 46 minutes avec des paliers qui démarrent à 12 mètres (selon la table IANTD),
- En ce qui concerne la narcose, la profondeur équivalente du Tx 20/25 est de 30 mètres.

L'intérêt du trimix qui sera mis en avant est donc la limitation de la narcose ainsi que la diminution de la fatigue suite à une décompression au nitrox..

Au cours de cette journée, les plongeurs auront également découvert la difficulté et l'importance de suivre un run-time.

La troisième journée permettra de poursuivre cette découverte avec cette fois une narcose diminuée de moitié si la plongée est effectuée au Tx 20/25 au lieu de l'air.

Les facteurs déterminants de la plongée seront la consommation des plongeurs et le volume des blocs qu'ils emportent.

Exemple : plongée d'une durée de 15 minutes à 60 mètres pour un plongeur consommant 20 l/min en surface.

Volume total de mélange à emporter = $7 \times 20 \times 15 \times 1.5 = 3\ 150$ litres
soit une pression de 210 bars pour un 15 litres

La dernière journée sera la « récompense » du stage avec le dépassement de la zone autorisée en plongée à l'air !

Afin de pouvoir atteindre la profondeur de 70 mètres sans dépasser la limite de pression partielle d'oxygène, il faudra avoir recours à un mélange contenant moins de 21% d'oxygène. Il sera nécessaire de veiller à ce que les plongeurs n'effectuent aucun effort (type capelé pour rejoindre le lieu d'immersion) en respirant sur le bloc contenant le « mélange fond ».

En résumé, les points clés du programme :

	J 1	J 2	J 3 et 4
Pratique	Equilibrage et respect des PMU. Utilisation dévidoir et parachute Positionnement du relais	Respect du run-time. Décompression sur une ligne de vie (parachute)	Respect du run-time. Contrôle des consommations
Théorie	Run-Time et procédure de rattrapage	Utilisation des tables	Planification et choix des gaz

2.6.2 La formation de plongeur trimix avancé

cf. annexe B5.

Elle se déroulera sur 5 jours et comptera 5 plongées dont 4 au trimix. La dernière plongée s'effectuera entre 75 et 80 mètres de profondeur, limite définie par l'arrêté sur la plongée aux mélanges pour la formation.

Cette formation est beaucoup plus lourde que celle du trimix élémentaire notamment pour la partie concernant le matériel.

Pour beaucoup de plongeurs, ce sera la découverte d'une nouvelle configuration avec deux relais au lieu d'un, une plaque dorsale avec bouée ainsi que la redondance du matériel, et il faudra réapprendre à se déplacer dans l'eau.

Il ne s'agira en aucun cas d'obtenir un « permis pour 120 mètres » mais seulement les outils pour pouvoir un jour peut-être atteindre cette profondeur et surtout en revenir.

La première journée devra permettre de découvrir l'ensemble du nouveau matériel et de l'adapter à sa morphologie. Il s'agira de définir les principes et de laisser ensuite chacun effectuer ses propres réglages.

La plongée sur un fond de 10/15 mètres surprendra certainement puisque les élèves sont venus pour aller profond. Cependant, lorsqu'ils auront accroché l'ensemble du matériel sur leur harnais et qu'ils se mettront à l'eau, ils devraient être contents de ne pas aller plus loin ! Cette plongée leur permettra de vérifier si les choix qu'ils ont effectués en dehors de l'eau sont judicieux ou non.

Ils reverront ensuite leur lestage ainsi que le niveau de leur consommation avec ce matériel.

La seconde journée aura pour but de continuer à se familiariser avec son équipement et de se rendre compte des difficultés à assurer l'assistance de son coéquipier. En effet, compte tenu de l'équipement, des volumes des bouées, etc., l'inertie est beaucoup plus importante et l'aisance moindre.

La plongée permettra ensuite de revoir le run-time et les procédures de rattrapage.

En théorie, un point essentiel sera abordé : les logiciels permettant le calcul de la décompression. Il ne s'agira pas d'expliquer l'utilisation de ces logiciels mais surtout de mettre en garde les plongeurs sur les choix des conservatismes.

Les journées suivantes serviront à évoluer progressivement vers 80 mètres de profondeur tout en revoyant à chaque fois l'application des procédures de décompression et en continuant à se familiariser avec le matériel.

Il est possible que les plongeurs modifient ainsi après chaque plongée quelques réglages de leur configuration.

En résumé, les points clés du programme :

	J 1	J 2	J3 à 5
Pratique	Configuration du matériel	Assistance du coéquipier	Evolution vers l'autonomie. Respect du run-time
Théorie	Rappel sur la planification	Logiciel et conservatisme	Planification : choix de la décompression et des gaz

2.6.3 La règle d'or

Quel que soit le niveau choisi, la plongée au trimix va nécessiter de modifier ses habitudes de plongée à l'air et de retrouver de la rigueur. Le développement des ordinateurs de plongée avait permis de ne plus se limiter à une profondeur et un temps précis, puisque le calcul des paliers s'effectue en continu.

La plongée trimix nécessite de réapprendre à respecter une profondeur et un temps d'immersion, dans la mesure où on planifie sa décompression

Le leitmotiv devra être :

« *plan your dive & dive your plan* »
(Planifier sa plongée et plonger selon sa planification)

NB : La configuration matérielle a été distinguée pour les deux niveaux de qualification. En effet, il n'est pas nécessaire d'imposer un bi-bouteille et deux relais pour un plongeur qui ne souhaite qu'améliorer sa sécurité et augmenter un peu sa zone d'évolution. Toutefois, si le plongeur annonce clairement dès la formation « trimix élémentaire » qu'il souhaite poursuivre vers le « trimix avancé », il peut être intéressant d'anticiper un peu et de lui apprendre à configurer son matériel et à plonger avec deux relais. Cela lui permettra alors d'acquérir une expérience plus importante dans la gestion du matériel. La formation de trimix élémentaire se déroulerait alors sur cinq jours avec une première journée correspondant à celle du stage « trimix avancé ».

Conclusion

A l'heure actuelle, la plongée trimix est pratiquée par un petit nombre d'individus passionnés. Ils utilisent tous les moyens modernes à leur disposition pour se renseigner et échanger des informations. Certains ont suivi des formations auprès des écoles implantées en France, d'autres se sont formés « sur le tas ».

Si, pour certains, la « course au record de profondeur » est l'objectif premier, pour d'autres, il s'agit avant tout de pouvoir découvrir de nouvelles épaves ou tombants, des lieux encore vierges et préservés avec une volonté de sécurité accrue par rapport à l'air.

La publication des cursus fédéraux avec deux niveaux bien distincts répond à cette attente :

- le niveau « trimix élémentaire » s'adressera à ceux qui veulent aller un peu plus loin dans de meilleures conditions,
- le niveau « trimix avancé » attirera ceux qui veulent « aller plus loin ».

La mise en place et le développement de cette plongée trimix fédérale pourra toutefois poser quelques difficultés.

La première sera de trouver les structures permettant la pratique de cette activité. Il est déjà difficile pour un club associatif de se lancer dans le nitrox, le trimix nécessitera un investissement autre.

La seconde difficulté sera les plongeurs eux-mêmes. Lorsqu'on parle de trimix, les plongeurs sont tout de suite intéressés, car ils l'assimilent automatiquement aux profondeurs abyssales, et que la valeur d'un plongeur est souvent corrélée à tort au nombre de chiffres qu'il affiche sur son profondimètre... Par contre, ils ne sont pas forcément prêts à accepter les contraintes que cela représente. De plus, en admettant qu'ils acceptent ce changement dans leur façon de plonger, tous n'auront pas les moyens de réaliser l'investissement matériel et financier que nécessite la plongée au trimix.

La dernière difficulté sera le manque de recul et d'information par rapport à cette nouvelle activité. Les caissons thérapeutiques ne disposent pas tous des moyens et des compétences pour le traitement d'un accident de décompression suite à une plongée au trimix. Il n'existe de plus aucun consensus sur le traitement des accidents de décompression aux mélanges. Les protocoles de décompression ne sont pas encore totalement validés statistiquement car il n'existe pas, pour l'instant, de données en quantité suffisante pour le faire.

Le développement de la plongée trimix risque donc de prendre encore du temps. D'autant plus qu'un phénomène nouveau connaît une croissance importante : le recycleur. Il suffit d'ouvrir les magazines de plongée pour s'apercevoir que la pratique du recycleur est en pleine expansion.

Arrivera-t-on peut-être à concilier les deux activités par l'intermédiaire des recycleurs utilisant des mélanges trimix ? Ceci existe bien entendu, mais cette pratique est encore plus confidentielle. Cela représente certainement l'avenir de la plongée au trimix.

Histoire à suivre...

Annexes

Documents ayant servi à l'analyse des cursus

- A1** : Les cursus « mélanges » de l'ANMP
- A2** : Les cursus de « plongeur trimix » de TDI
- A3** : Les cursus de « plongeur trimix » IANTD
- A4** : Les cursus de « plongeur technique » NAUI
- A5** : Le cursus de « plongeur trimix » PADI/DSAT
- A6** : Les standards CMAS pour les « plongeurs trimix »
- A7** : Contenu de formation à la plongée trimix de la FFESSM en 1999
- A8** : Projet de cursus « plongeur trimix élémentaire » de la FFESSM
- A9** : Projet de cursus « plongeur trimix avancé » de la FFESSM

Documents pour le projet de formation

- B1** : Evolution de la configuration en fonction des paramètres de plongée
- B2 et B3** : Deux exemples de feuille de planification
- B4** : Projet de planning de formation « plongeur trimix élémentaire »
- B5** : Projet de planning de formation « plongeur trimix avancé »
- B6** : Trois profils de plongée déterminés à l'aide du logiciel GAP
 - B61 : Plongée de 15 minutes à 60 mètres avec des gradients de 0.20 et 0.70
 - B62 : Plongée de 15 minutes à 60 mètres avec des gradients de 0.20 et 0.25
 - B63 : Plongée de 15 minutes à 60 mètres avec des gradients de 0.98 et 0.99

Bibliographie et sources

- « Trimix student Workbook » Tom Mount et Kevin Gurr 1994
- « Plonger aux mélanges » Henri Juvenspan et Christian Thomas 1997
- « Technical Diver Encyclopedia » Tom Mount 1998
- « Nitrox Trimix » Jacques Vettier 2003
- « Enseignement de la plongée profonde aux mélanges ternaires » Serge Césarano 2001
- Les revues : Octopus, Subaqua, Plongée Magazine
- Les sites Internet des différents organismes de formation

Annexes A

A1 : Les cursus « mélanges » de l'ANMP

A2 : Les cursus de « plongeur trimix » de TDI

A3 : Les cursus de « plongeur trimix » IANTD

A4 : Les cursus de « plongeur technique » NAUI

A5 : Le cursus de « plongeur trimix » PADI/DSAT

A6 : Les standards CMAS pour les « plongeurs trimix »

A7 : Contenu de formation à la plongée trimix de la FFESSM en 1999

A8 : Projet de cursus « plongeur trimix élémentaire » de la FFESSM

A9 : Projet de cursus « plongeur trimix avancé » de la FFESSM

Documents non présentés

Annexes B

B1 : Evolution de la configuration en fonction des paramètres de plongée

B2 et B3 : Deux exemples de feuille de planification

B4 : Projet de planning de formation « plongeur trimix élémentaire »

B5 : Projet de planning de formation « plongeur trimix avancé »

B6 : Trois profils de plongée déterminés à l'aide du logiciel GAP

B61 : Plongée de 15 minutes à 60 mètres avec des gradients de 0.20 et 0.70

B62 : Plongée de 15 minutes à 60 mètres avec des gradients de 0.20 et 0.25

B63 : Plongée de 15 minutes à 60 mètres avec des gradients de 0.98 et 0.99

Annexe B1

Exemple de l'évolution possible de la configuration matérielle en fonction des paramètres de plongée

Hypothèses de calcul : consommation égale à 20 l/min pendant toute la plongée, planification avec la règle des tiers, calcul de la décompression avec le logiciel GAP (modèle Bühlmann avec gradient factors), conservatisme $gf = 0,20/0,75$, PpO_2 max fond = 1,4 b, PpO_2 max déco = 1,6 b, profondeur équivalente narcose = 40 m (avec oxygène narcotique)

			temps de plongée au fond (en minutes)					
			5	10	15	20	25	30
profondeur et mélange fond	Tx 23/17	50 m						
	Tx 20/29	60 m						
	Tx 17/38	70 m						
	Tx 15/45	80 m						
	Tx 14/50	90 m						

Configuration 1

Configuration 2

Configuration 3

Description des différentes configurations :

Config. 1 ; « légère » - un bloc de 15 litres dorsal contenant le trimix utilisé au fond
- un relais de 6 litres (ventral, costal ou dorsal) contenant un mélange de Nx 70 de décompression respiré à partir de 12 mètres à la remontée

Config. 2 ; « intermédiaire » - un bi-bouteille de 2 fois 12 litres dorsal contenant le trimix utilisé au fond
- deux relais de 6 litres porté sur les côtés contenant des mélanges de décompression (Nx 36 & Nx 75) respirés respectivement à partir de 30 puis 9 mètres à la remontée

Config. 3 ; « lourde » - un bi-bouteille de 2 fois 15 litres dorsal contenant le trimix utilisé au fond
- deux relais de 9 litres porté sur les côtés contenant des mélanges de décompression (Nx 36 & Nx 75) respirés respectivement à partir de 30 puis 9 mètres à la remontée

Planification plongée Trimix normoxique

date :

lieu :

1. paramètres

profondeur max		temps fond max	
PpO2 max fond		PEN	conso
			

2. calcul gaz

Conseil gaz fond		
O2	He	N2
		

3. choix des mélanges

	% O2	% He	% N2	Prof max util	PpO2 max	PMU	PEN
gaz fond							
gaz déco		####					####

4. profil

	Profondeur	profil escalier	P ambient
max			
remontée			
paliers	18 m		
	15 m		
	12 m		
	9 m		
	6 m		
	4,5 m		

5. calcul conso

conso	volume
	
	
	
	
	
	
	
	

6. choix des volumes

bloc	volume bloc	volume util	pression util	Pmini bloc	P choisie	P demi tour
gaz fond						
gaz déco						####

7. calcul des toxicités

profil escalier	P ambient	% O2	PpO2	Coef K UPTD	UPTD	coef K CNS	CNS
							
							
							
							
							
							
							
				total		total	

PLANIFICATION D'UNE PLONGEE

Date _____
 Plongeur _____
 Lieu _____
 Conditions _____

Heure immersion prévue _____
 Heure immersion réelle _____
 Profondeur prévue _____

Palanquée _____

+ Planification de la plongée

Prof. (m)	Temps passé (min)	Temps Départ (min)	Mélange	Pression ambiante (bar)	Temps conso. (min)	Conso prof. (l/min)	Conso. Totale (litres)	Pp O2 (bar)	CNS clock		UPTD	
									coef.	valeur	coef.	valeur
0		0			0	20	0	0.210				
0						20	0	0.210				
Temps total						Consommation				CNS clk		UPTD

PP O2	CNS	
	Clock Kp	UPTD Kp
0.5		0.00
0.6		0.26
0.7	0.175	0.47
0.8	0.222	0.65
0.9	0.278	0.83
1.0	0.333	1.00
1.1	0.417	1.16
1.2	0.476	1.32
1.3	0.556	1.48
1.4	0.667	1.63
1.5	0.833	1.78
1.6	2.222	1.93

+ Préparation des mélanges

Mélange	Prof. Eq. Déco a l'air	MOD (m)	Bloc	Prévu					Mesuré			
				Conso. (litres)	Delta Pression (bar)	P départ (bar)	P 1/2 tour (bar)	P départ minimum (bar)	P départ (bar)	P retour (bar)	Conso. (litres)	
Fond												
Déco 1												
Déco 2												

Temps passé : Temps à la profondeur indiquée
 Temps Départ : Instant de départ (Run Time)
 Temps conso. : Temps passé entre la profondeur indiquée et la profondeur immédiatement supérieure
 Delta pression : Variation de pression attendue dans le bloc au cours de la plongée

Paramètres

		Prévu
Consommation au fond	(l/min)	20
Consommation décompression	(l/min)	20
Marges au fond	(coef.)	1.5
décompression	(coef.)	1.5
pression perdue	(bar)	10
vitesse de remontée	(m/min)	10
PP O2 max plongée	(bar)	1.5
décompression	(bar)	1.6

PROGRAMME STAGE TRIMIX ELEMENTAIRE

Horaire	1 ^{ère} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée	4 ^{ème} journée
Matin	<p>Prise de connaissance du parcours des élèves</p> <p>Rappel sur le fonctionnement et l'utilisation des analyseurs</p> <p>1^{ère} plongée : 40/45 mètres Plongée à l'air avec une décompression nitrox Les élèves emportent leur relais avec eux. Vérification de l'équilibrage, du respect des PMU, de la procédure de changement de gaz</p>	<p>Présentation de l'analyse des risques (what if?)</p> <p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>3^{ème} plongée : 45/50 mètres avec un trimix et une décompression au nitrox. Assistance d'un coéquipier d'une profondeur de 20mètres puis exploration à 40/45 mètres. Vérification du respect de la procédure.</p>	<p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>What if?</p> <p>4^{ème} plongée : 55/60 mètres avec un trimix et une décompression au nitrox Décompression sur parachute. Gestion de la panne de mélange. Vérification du respect des procédures. Contrôle des consommations.</p>	<p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>What if?</p> <p>5^{ème} plongée : 65/70 mètres avec un trimix et une décompression au nitrox Vérification du respect des procédures.</p>
Repas				
Après-midi	<p>Théorie : différence entre la plongée à l'air, au nitrox et au trimix. Le matériel spécifique et les règles de sécurité de la plongée profonde Présentation des dévidoirs et parachute de relevage.</p> <p>2^{ème} plongée : Air 20/25 mètres Utilisation parachute et dévidoir. Test consommation avec et sans effort. Code de communication</p> <p>Introduction à la planification</p>	<p>Théorie : Rappels et compléments de physique appliquée à la plongée Trimix</p> <p>Planification : utilisation des tables et planification de la décompression</p> <p>Mise en application par rapport à la plongée du lendemain</p>	<p>Compléments d'information sur les accidents biochimiques;</p> <p>La décompression en plongée trimix : présentation des tables</p> <p>Planification de la plongée du lendemain</p>	<p>Le froid en plongée trimix</p> <p>La réglementation</p> <p>Information sur la qualification de plongeur trimix avancé</p>

PROGRAMME STAGE TRIMIX AVANCE

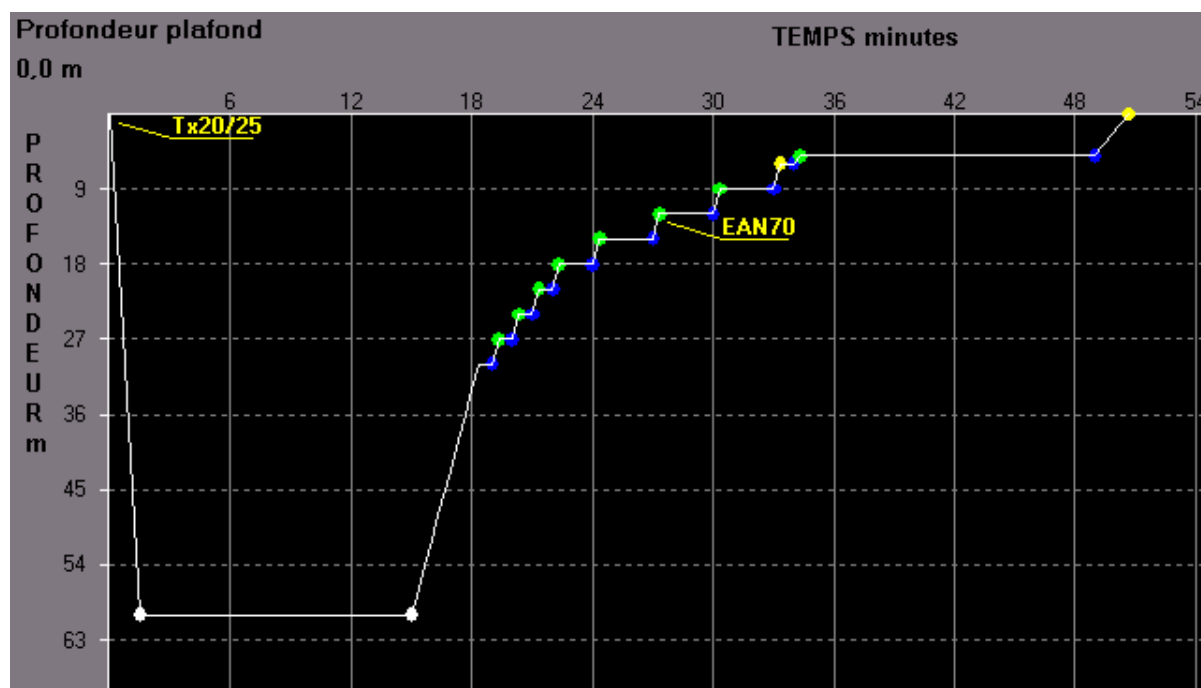
Horaire	1 ^{ère} journée	2 ^{ème} journée	3 ^{ème} journée	4 ^{ème} journée	5 ^{ème} journée
Matin	<p>Prise de connaissance du parcours des élèves</p> <p>Matériel et configuration Présentation et utilisation. Configuration personnelle Principe de redondance. Techniques de propulsion ("frog kick")</p>	<p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>Analyse de risque (what if?)</p> <p>2^{ème} plongée : 45/50 mètres avec un trimix et une décompression au nitrox. Assistance d'un coéquipier d'une profondeur de 20mètres puis exploration à 40/45 mètres. Vérification du respect de la procédure.</p>	<p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>Analyse de risque (what if?)</p> <p>3^{ème} plongée : 55/60 mètres avec un trimix et une décompression avec 2 mélanges Décompression sur parachute. Vérification du respect des procédures.</p>	<p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>Analyse de risque (what if?)</p> <p>4^{ème} plongée : 65/70 mètres avec un trimix et une décompression avec 2 mélanges Vérification du respect des procédures.</p>	<p>Analyse des mélanges et vérification du marquage</p> <p>Analyse de risque (what if?)</p> <p>5^{ème} plongée : 75/80 mètres avec un trimix et une décompression avec 2 mélanges Vérification du respect des procédures.</p>
Repas					
Après-midi	<p>1^{ère} plongée : Plongée à l'air sur un fond de 10/15m. Stabilisation, propulsion, lestage. Exercices de relais. Changement de gaz, panne de gaz. Consommation avec ou sans effort.</p> <p>Planification de la plongée du lendemain</p>	<p>Rappels et compléments de physique appliquée à la plongée Trimix</p> <p>Logiciels de plongée et ordinateurs multigaz</p> <p>Planification de la plongée du lendemain</p>	<p>Plongée profonde : dangers et règles de sécurité, matériel spécifique</p> <p>Les dangers de l'hypoxie</p> <p>Le froid en plongée trimix</p> <p>Planification de la plongée du lendemain</p>	<p>Le SNHP</p> <p>Complément sur les dangers de l'essoufflement</p> <p>Complément sur les accidents de décompression</p> <p>Planification de la plongée du lendemain</p>	<p>Débriefing du stage</p>
Fin de journée	Fabrication des mélanges	Fabrication des mélanges	Fabrication des mélanges	Fabrication des mélanges	

Annexe B6

Etude de l'influence du réglage de conservatisme sur la forme et la durée de la décompression calculée à partir de logiciels

Hypothèses : Trois profils seront étudiés sur le logiciel de décompression GAP avec modèle Bühlmann. Les paramètres de plongée seront identiques à chaque fois, c'est à dire 60 m et 15 min. Les gaz de décompression sont identiques et utilisés aux mêmes profondeurs. Les seuls paramètres variants sont les valeurs de conservatisme par Gradient Factors.

B61 : Gf hi = 0,70 ; Gf lo = 0,20



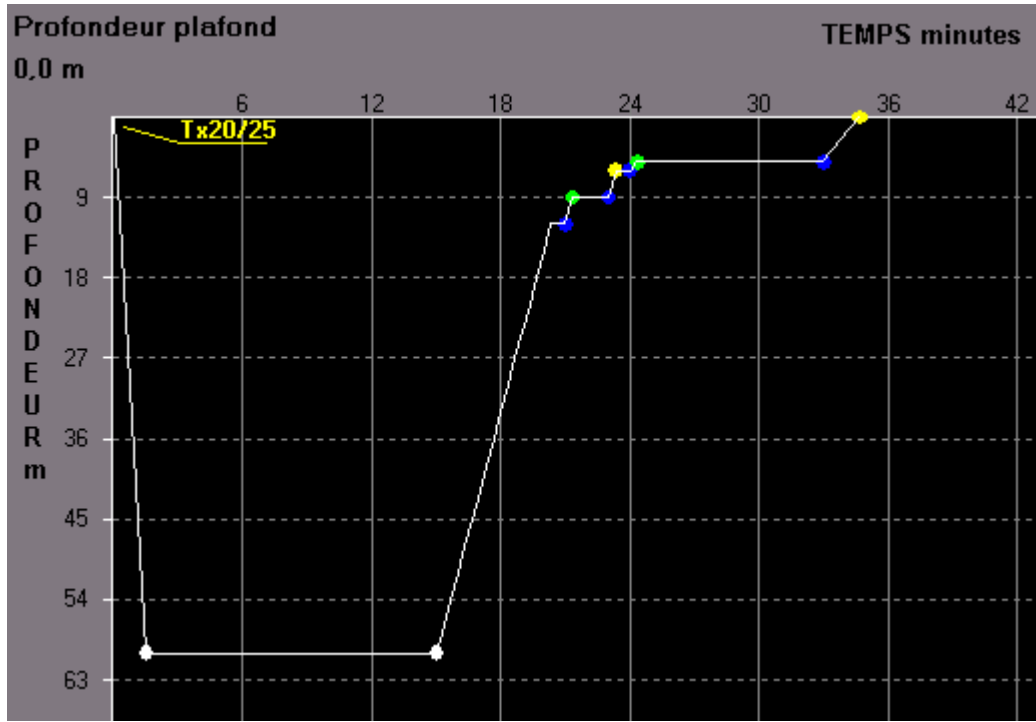
Informations sur la plongée

Ecart paliers: 3 m -Prof Conservatisme: Off Départ:1 m
 Dernier palier: 5 m -Gradient Conservatisme: On 1,013 bar
 Grad Factor Bas: 0,20 Arrivée:1 m
 Grad Factor Haut: 0,70 1,013 bar
 O2 narc: Oui

Paliers: 60m-15min [Paramétrage = Default.tp]

Prof	Temps	Run	time	%O2	%He
30,0	1,0	19	20	25	
27,0	1,0	20	20	25	
24,0	1,0	21	20	25	
21,0	1,0	22	20	25	
18,0	2,0	24	20	25	
15,0	3,0	27	20	25	
12,0	3,0	30	70	0	
9,0	3,0	33	70	0	
6,0	1,0	34	70	0	
5,0	15,0	49	70	0	

B62 : Gf hi = 0,99 ; Gf lo = 0,98



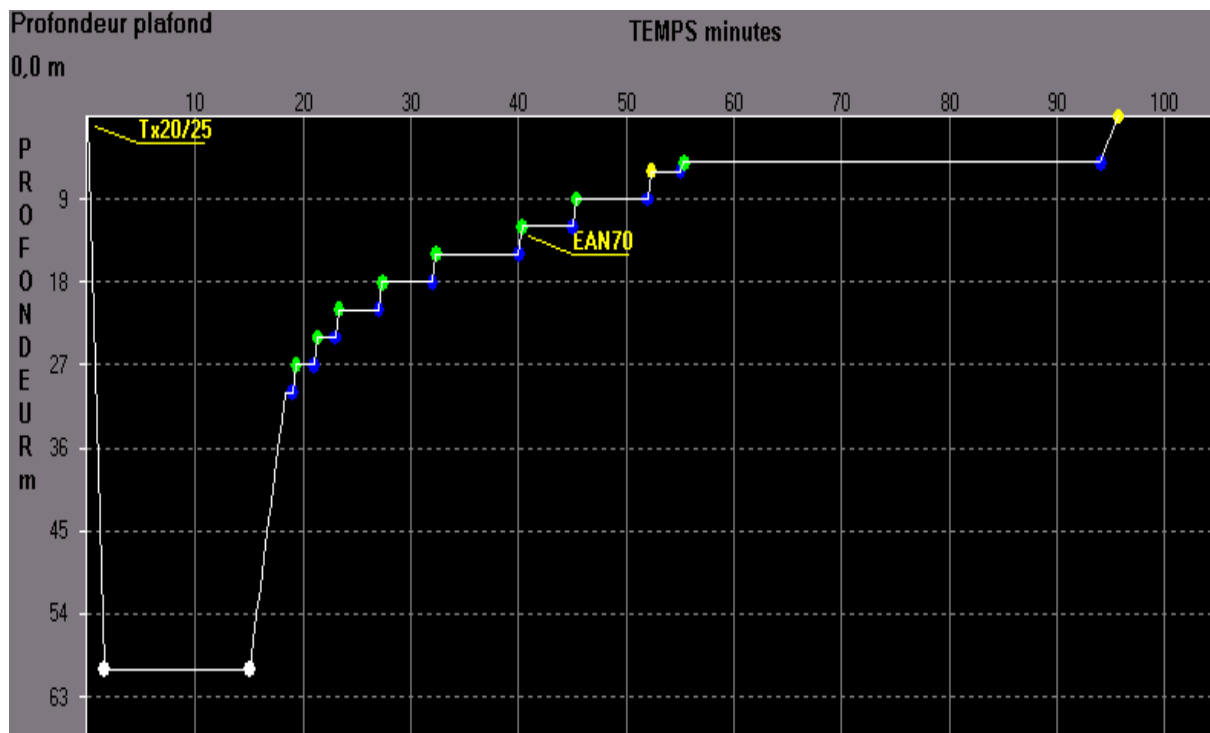
Informations sur la plongée

Ecart paliers: 3 m -Prof Conservatisme: Off Départ:1 m
Dernier palier: 5 m -Gradient Conservatisme: On 1,013 bar
Grad Factor Bas: 0,98 Arrivée:1 m
Grad Factor Haut: 0,99 1,013 bar
O2 narc: Oui

Paliers: 60m-15minIANTD.prf [Paramétrage = Default.tpl]

Prof	Temps	Run time	%O2	%He
12,0	1,0	21	70	0
9,0	2,0	23	70	0
6,0	1,0	24	70	0
5,0	9,0	33	70	0

B63 : Gf hi = 0,25 ; Gf lo = 0,20



Informations sur la plongée

Ecart paliers: 3 m -Prof Conservatisme: Off Départ:1 m
 Dernier palier: 5 m -Gradient Conservatisme: On 1,013 bar
 Grad Factor Bas: 0,20 Arrivée:1 m
 Grad Factor Haut: 0,25 1,013 bar
 O2 narc: Oui
 Paliers: 60m-15min [Paramétrage = Default.tpl]

Prof	Temps	Run time	%O2	%He
30,0	1,0	19	20	25
27,0	2,0	21	20	25
24,0	2,0	23	20	25
21,0	4,0	27	20	25
18,0	5,0	32	20	25
15,0	8,0	40	20	25
12,0	5,0	45	70	0
9,0	7,0	52	70	0
6,0	3,0	55	70	0
5,0	39,0	94	70	0