



CTR Ile de France / Picardie

Mémoire dans le cadre de la formation d'instructeur régional

*Peut-on se passer des
tables pour plonger ?*

Christophe BADESCO [MF2 1454]

Avril 2014

Remerciements

Je tiens tout d'abord à remercier mes parrains, Guy et François, pour leur confiance et leur suivi durant cette période importante de ma formation.

Mes remerciements vont également à Richard pour m'avoir poussé à m'investir plus avant au sein du collège.

Enfin je tiens à remercier particulièrement notre président du comité interrégional, Francis, pour ses conseils et sa bienveillance.

Pour terminer, mes pensées vont tout naturellement pour celle qui partage ma vie pour son soutien, son implication dans la vie fédérale et sa clairvoyance.

Table des matières

Préambule.....	4
Chapitre 1 - L'enseignement théorique de la désaturation	6
1.1 - L'enseignement aux plongeurs débutants (en préparation niveau 1) : les bases	7
1.2 – L'enseignement aux plongeurs de niveau 2 : l'apprentissage des procédures détaillées	9
1.2.1 – L'apprentissage des procédures de désaturation	9
1.2.2 – L'évaluation de l'apprentissage des procédures	10
1.3 – L'enseignement au-delà du niveau 2.....	12
1.3.1 – Pour le plongeur niveau 3	12
1.3.2 – Pour le Guide de Palanquée (niveau 4).....	13
1.3.3 – Pour le Directeur de Plongée (niveau 5).....	14
1.3.4 – Pour les qualifications.....	15
1.4 – L'enseignement théorique : avec ou sans les tables ?	16
Chapitre 2 - La désaturation en pratique	17
2.1 - La réglementation.....	17
2.2 - La recherche du confort n'exclut pas le besoin de sécurité.....	18
2.2.1 - L'analyse du risque	18
2.2.2 - Le coup de la panne	19
2.2.3 - Le <i>what if</i> en tek : un modèle à suivre	21
2.2.3 - En plongée, avec ou sans les tables ?	22
Conclusion	23
Annexes	24

Préambule

Un simple coup d'œil...

Le simple fait de promener son regard sur un bateau de plongée avant la mise à l'eau de ses plongeurs suffit à s'en convaincre : chacun arbore fièrement son ordinateur de plongée tantôt à son poignet, tantôt sur sa console, mais personne n'a ses tables de plongée mises en évidence. Ces dernières sont au fin fond d'une poche du gilet, quand elles ne sont pas purement et simplement – négligemment ! – oubliées dans le sac de plongée, resté dans le local du club ou à l'hôtel.

Ce sera notre *premier* paradoxe.

Prenons un plongeur – soucieux de sa sécurité et respectueux de la réglementation - au hasard et comparons ses tables de plongées qu'il emporte avec lui à chaque plongée avec son ordinateur et plus précisément avec le modèle mathématique sur lequel celui-ci est basé : ils ne correspondent pas ! On ne trouve pas dans le commerce de tables RGBM ; quant aux Bühlmann, leur dernière édition immergeable doit dater des années 1986... On utilise donc en plongée un ordinateur basé sur un algorithme tout en emportant des tables basées sur un principe différent.

Ce sera notre *deuxième* paradoxe.

Les ordinateurs font désormais partie de l'équipement standard sinon obligatoire de tout plongeur à partir du niveau 2, et ce depuis près de 15 ans. A l'instar de ce que l'informatique a contribué à améliorer dans notre vie quotidienne, qu'elle soit personnelle ou professionnelle, on pourrait penser que ce nouvel équipement apporterait plus de sécurité. Or, part sombre de la pratique de la plongée, force est de constater que les accidents n'ont pas diminué malgré l'utilisation quasi systématique des ordinateurs de plongée.

Ce sera notre *troisième* paradoxe.

Pourtant personne n'irait imaginer plonger sans ces instruments ; alors maintenant peut-on vraiment se passer des tables en *plongée loisir* ? Nous allons tenter d'y répondre.

Dans la suite de ce mémoire, nous nous intéresserons tout d'abord à l'enseignement théorique de la décompression afin de déterminer si les tables sont encore indispensables pour ensuite aborder les conséquences pratiques en plongée.

Nota : le terme **désaturation** est désormais préféré au terme décompression car il correspond plus au processus que l'on veut représenter. Nous l'emploierons donc.

Chapitre 1 - L'enseignement théorique de la désaturation

De quoi le plongeur aura-t-il besoin dans le cadre de sa formation ? C'est la question que se pose tout encadrant lorsqu'il élabore ses programmes d'enseignement.

On forme ainsi le débutant à la pratique en lui donnant les bases de la pratique tout en ajoutant ce qu'il faut savoir au plan théorique pour *comprendre*.

Afin de rechercher plus avant son autonomie, le plongeur sera ensuite confronté à des situations plus complexes et aura pour cela un bagage théorique plus conséquent à acquérir.

Il n'est pas question d'élever des bêtes de concours pour en faire des encyclopédies de la plongée subaquatique ; on forme des plongeurs responsables qui sauront évoluer en fonction de leurs prérogatives. Et plus elles sont importantes, plus nos plongeurs doivent être formés...

Ceci posé, intéressons-nous spécifiquement à l'enseignement de la désaturation.

Comment faire comprendre à nos futurs plongeurs qu'un certain nombre de principes doivent être respectés sans leur enseigner les dits principes ? C'est bien la question qu'il faudrait se poser si l'on voulait d'emblée se passer des tables lors de la formation.

Pour aller plus loin et tenter de répondre, étudions niveau par niveau ce qui est nécessaire au plongeur et comment lui transmettre les connaissances dont il aura besoin dans le cadre de sa pratique, compte tenu de ses prérogatives. Et voyons si les tables peuvent être oubliées.

1.1 - L'enseignement aux plongeurs débutants (en préparation niveau 1) : les bases

Dans la progression « actuelle », on commence par expliquer au débutant que l'emploi de l'air comprimé en plongée a pour conséquence de sursaturer en gaz inerte. Et que pour pouvoir remonter on doit contrôler cette sursaturation en respectant une vitesse de remontée déterminée et en utilisant des tables qui – en fonction de la profondeur (maximale atteinte) et du temps d'immersion – nous donneront ou non des paliers ; ces derniers étant des arrêts obligatoires pour assurer la désaturation et son contrôle.

Le débutant démarrera ses plongées sans palier, on lui enseignera donc les valeurs de la courbe de sécurité, terme impropre¹ qui représente les couples de profondeurs et de durées qui ne nécessitent pas de palier(s). Pour ce niveau de plongeur, on n'ira pas plus loin et les fondamentaux sont bien posés (gaz comprimé + pression ambiante ⇒ sursaturation ⇒ vitesse à respecter et paliers éventuels). Et n'oublions pas que notre débutant sera toujours encadré (voir en fin de chapitre le cas du PA-12), il n'aura donc pas nécessairement besoin de suivre ses paramètres de plongée.

Revenons à l'apprentissage proprement dit, le formateur aura alors le choix : soit il présentera à ses élèves des tables en guise d'illustration et leur demandera de retenir les valeurs de la courbe qui vont le concerner dans le cadre de ses futures prérogatives, soit il se passera de la table et citera directement les valeurs à connaître. Et une petite évaluation permettra de contrôler que le tout est bien acquis.

A ce niveau (de la progression), quels avantages présente une table ?

1) Au bord du bassin ou sur le bateau, la table est facile à présenter et à manipuler - elle n'est pas fragile - et son coût unitaire fait qu'on peut en avoir plusieurs avec soi pour que chaque élève voit concrètement de quoi il s'agit.

2) La table est immédiatement lisible : pas besoin de la démarrer (comme le nécessiterait un ordinateur), de passer par tout un tas de menus plus complexes les uns que les autres : l'illustration est rapide dès lors qu'on a expliqué où se trouvent (voire comment sélectionner) les notions de profondeur et de durée.

¹ La *courbe de sécurité* est ainsi appelée alors qu'elle permet de se situer dans des valeurs ne nécessitant pas de palier. Ne pas avoir de palier à réaliser, est-ce une garantie de sécurité ? Rien n'est moins sûr... C'est plutôt l'assurance de ne pas avoir à rechercher une valeur dans une table ! On plonge alors l'esprit libre de toute procédure de remontée autre que le respect de la vitesse préconisée. Il faut donc préférer le terme de courbe de sécurité sans palier

Evidemment, à l'ère du tout numérique, la table est désuète... Mais elle reste un outil pédagogique simple qui renforce le côté sérieux (!) du contrôle de la désaturation. Une table de plongée revêt indéniablement un caractère officiel pour les novices.

Avec une table le futur plongeur niveau 1 peut facilement appliquer ce qui lui a été enseigné alors que la notion de désaturation reste à ce stade très conceptuelle. Encore une fois, c'est concret.

Avec un ordinateur, toujours pour consulter la courbe de sécurité sans palier, on doit manipuler un objet qu'on a au préalable mis en mode PLAN et on voit défiler des valeurs qu'il n'est pas évident de mémoriser. Ça n'a pas du tout la même portée.

Evidemment le plongeur débutant ne manquera pas de remarquer l'objet de fierté au poignet de ceux qui l'ont précédé dans la formation. Au-delà de l'attrait marketing, la sensibilisation de notre plongeur à l'outil « ordinateur » est importante mais autant pour l'intéresser à la pratique de notre activité en général que pour lui permettre d'illustrer les brèves notions de désaturation enseignées à ce niveau.

Pour clore ce chapitre, si on emmène notre plongeur vers le PA-12 - dès lors que la compétence n°6 aura été travaillée et validée - il faudra passer à une gestion plus indépendante voire autonome de ses paramètres de plongée. Dans ce cas, ce n'est plus une sensibilisation qui sera nécessaire mais une présentation du matériel disponible ; rappelons qu'il faudra une « Maîtrise de l'orientation et des moyens de contrôle de sa profondeur, de son temps de plongée et de son autonomie en air ». Certes un *timer* suffirait mais étant donné que son prix unitaire est légèrement en-dessous des premiers prix des ordinateurs², on ira plus volontiers directement à la présentation de ces derniers. Et là, pas besoin d'aller bien loin dans la présentation / formation : on se limitera à la lecture des paramètres de plongée (sans palier bien entendu) et à l'entretien courant.

Dans ce cas précis, les tables ne suffisent pas. C'est évident car la gestion des paramètres via – par exemple – un ordinateur sera nécessaire. Mais elles auront été bien utiles au préalable.

² Un *timer* coûte aux alentours de 120€ alors que les premiers ordinateurs se trouvent à partir de 180€...

1.2 – L’enseignement aux plongeurs de niveau 2 : l’apprentissage des procédures détaillées

Notre débutant va devenir autonome, il lui faut apprendre à se débrouiller sans son guide de palanquée qui jusqu’alors s’occupait de tout (sauf s’il était PA-12). Outre les responsabilités qui vont de pair, notre plongeur va devoir acquérir une maîtrise de sa vitesse de remontée et surtout savoir planifier sa plongée en respectant les consignes du DP avec la capacité à s’adapter si les circonstances le nécessitent.

Pour cela il est évident que notre plongeur va avoir besoin de se confronter aux différents cas de figure pour sa désaturation et celle de ses équipiers avec toutes les notions utiles à sa formation, du plus simple (la plongée éponyme) au plus compliqué - les procédures d’urgence pour les remontées rapides, lentes et anormales - en passant par le cas nominal des plongées successives.

On souhaite que notre plongeur connaisse les différentes situations et les procédures qui en découlent ; et on devra l’évaluer pour vérifier ses acquis.

Sur ce dernier point, l’intérêt de l’utilisation des tables est indéniable : comme pour notre plongeur débutant, la manipulation des tables est concrète et donnera lieu à des exercices variés qu’il sera aisé de concevoir et de réaliser (voire corriger). Quel que soit le support, les tables se prêtent à l’explication et aux mises en situation. Ce qui n’est pas le cas des ordinateurs comme nous le verrons plus loin.

1.2.1 – L’apprentissage des procédures de désaturation

Le futur plongeur niveau 2 va devenir autonome : il aura donc besoin de savoir gérer sa désaturation et celle de ses équipiers.

Pour cela, il faut établir les procédures (de désaturation) et les maîtriser.

Les tables³ prévoient tous les cas : elles ont été élaborées, testées⁴ et modifiées en ce sens. Leur théorie repose sur plus d’un siècle d’histoire ; quant à leur documentation, elle est officielle depuis près de 30 ans. On a du recul, on sait de quoi on parle... Et quand il s’agit de passer au mode d’emploi des tables, force est de constater qu’il est clair, précis et adapté à un apprentissage complet. Basées sur un modèle néo-haldanien, les tables donnent une réponse unique à un problème : nous le verrons plus loin, c’est pratique et rassurant (autant pour l’encadrant que pour le plongeur).

³ On parlera ici des seules MN90

⁴ Tests effectués sur une population éloignée de notre public de plongeurs *loisir* pour les MN90

Avec l'ordinateur, on sera loin de l'objectif de départ (donner les moyens à notre plongeur pour qu'il sache planifier sa plongée et s'adapter si les circonstances le nécessitent) car l'ordinateur ne s'adaptera pas aux circonstances en appliquant les procédures : il calculera et donnera un résultat, voire se mettra en alarme et ne donnera plus aucune information !

Enfin, il n'existe pas un ordinateur mais plusieurs : suivant le modèle (mathématique et / ou physiologique) sur lequel ils sont basés, ces ordinateurs imposeront des présentations différentes et risquent fort de ne pas donner les mêmes résultats ! En termes de confusion dans l'esprit des élèves en formation, on peut mieux faire car comment ne pas évoquer la multiplicité des modèles (mathématiques et / ou physiologiques) quand on présente l'ordinateur ? On se retrouve devant une ambiguïté de taille : il y a bien une table sur laquelle on base notre enseignement mais également une multiplicité d'ordinateurs avec autant de modèles (RGBM, Bühlmann, etc.) dont aucun ne suivra exactement les principes néo-haldaniens.

Pour résumer, à part la présentation de l'ordinateur et le mode PLAN – ces deux aspects restant indispensables pour coller à la réalité de la pratique loisir de la plongée - on aura du mal à aller au-delà en termes d'apprentissage. Autant dire qu'on ne pourra pas se passer des tables pour ce faire : avec les tables on a bien un ensemble de procédures à appliquer. En un mot une règle. Avec un ordinateur on a un outil qui propose un résultat à lire sur un écran, sans compréhension du calcul ni vraie capacité à douter du dit résultat.

Dernier point : l'ambiguïté entre la théorie (les tables) et la pratique (utilisation des ordinateurs) va notamment se poser lors de l'apprentissage des procédures dites anormales. Que faire lors d'une remontée rapide ? Le moins qu'on puisse dire est que divers courants s'opposent à ce sujet pour la marche à suivre : certains préconisent de réaliser malgré tout le palier à mi profondeur alors que d'autres le proscrivent en invoquant l'impossibilité de mélanger différents moyens de désaturation. Par contre tous s'accordent sur un point : les remontées rapides sont à proscrire et il faut stopper toute remontée qui dépasse une vitesse donnée, que ce soit en enseignement ou non.

1.2.2 – L'évaluation de l'apprentissage des procédures

Pour les exercices basés sur les tables qu'on ne manquera pas de proposer à nos élèves, leur correction sera binaire - exercice compris ou non – sachant qu'on pourra également suivre pas à pas la résolution de l'exercice grâce à l'apprentissage des conventions de lecture et de représentation graphique.

A l'inverse, l'évaluation de l'apprentissage sur un ordinateur n'aura pas la même portée. On pourra simuler des plongées simples voire successives mais il sera impossible de simuler avec un ordinateur une situation anormale (remontée rapide par exemple) au sec : il faut le vivre dans l'eau pour « le voir ». Autant dire qu'on ne peut pas s'y préparer car on ne pourra que constater un résultat affiché sur l'écran de l'ordinateur... D'autre part chaque résultat (affiché par l'ordinateur) dépendant du paramétrage initial de l'outil, on ne pourra pas contrôler pas à pas l'apprentissage complet et il sera difficile de comparer entre les élèves.

Enfin d'un point de vue logistique, il faudrait un nombre suffisant mais aussi représentatif d'ordinateurs. Or avec la variété des modèles (physiologiques et / ou mathématiques) sur lesquels reposent les ordinateurs, on risque plus de perturber les élèves que de les rassurer.

Pour clore ce chapitre relatif à la formation des plongeurs niveau 2, il paraît illusoire de se passer des tables dont le caractère universel n'est pour le moment pas remis en cause. Les tables (MN90) permettent de présenter le mode d'emploi qui sera à suivre en termes de procédures. L'ordinateur quant à lui ne permet que d'afficher un résultat de désaturation : il masque toutes les étapes intermédiaires pour en arriver là. Or c'est bien ce dont le futur niveau 2 aura besoin pour devenir pleinement autonome, sans se fier aveuglément à cet instrument. L'ordinateur sera par contre fort utile pour le futur niveau 2 pour la gestion de ses paramètres voire pour le respect de sa vitesse de remontée.

1.3 – L'enseignement au-delà du niveau 2

1.3.1 – Pour le plongeur niveau 3

Etant donné ses futures prérogatives, ce plongeur devra parfaitement maîtriser sa planification et celle de ses équipiers. La prise en compte des paramètres de chacun pour la gestion de la désaturation de la palanquée dans son ensemble sera également à maîtriser.

Les acquis seront ceux du niveau 2 et c'est bien en termes de pratique et de mises en situation que se fera l'apport dans le cadre du niveau 3. Outre un indispensable contrôle de ces acquis, la formation de notre futur niveau sera résolument tournée vers l'ordinateur et son utilisation, voire ses limites comme nous le verrons plus loin.

Compte tenu des profondeurs qui seront accessibles, on travaillera dans la globalité de la désaturation avec la gestion des gaz pour s'assurer que la consommation en plongée et en désaturation sera bien prise en compte. La sécurité impose de disposer d'une marge suffisante de gaz en plongée et c'est bien à ce niveau de pratique que cette évidence va prendre une tournure encore plus impérative. Et pour aller plus loin en termes de sécurité, le niveau 3 aura besoin de comprendre les limites d'utilisation de l'ordinateur : aux niveaux de profondeurs visés, la préparation et la planification sont impératives, le risque doit être apprécié et c'est ce dont le futur niveau 3 aura besoin : une analyse raisonnée des risques. Dans ce cadre il sera important de parler redondance (des moyens de désaturation), panne (d'ordinateur)... Nous y reviendrons dans le chapitre 2 (relatif à la pratique).

Pour résumer les besoins du futur niveau 3, les tables seront importantes pour évaluer ses acquis, l'ordinateur restera un outil pratique. Plus généralement la stratégie de planification et de désaturation seront les vrais enjeux de cette formation.

Nota : la particularité des plongées en altitude n'est plus véritablement d'actualité et son enseignement n'est plus assuré dans certains cursus.

1.3.2 – Pour le Guide de Palanquée (niveau 4)

De plain-pied dans l'encadrement, le Guide de Palanquée doit être le garant de la sécurité de sa palanquée. A ce titre, il devra maîtriser totalement les principes théoriques de la désaturation afin d'appliquer les consignes du DP en toute sécurité ; la planification de la désaturation pour toute la palanquée et la capacité à s'adapter en permanence pour contribuer à l'organisation et prévenir tout accident seront les objectifs principaux de cet aspect de la formation.

« Tout savoir pour être prêt à tout », tel pourrait être le résumé de la formation du Guide de Palanquée.

Là encore on devra vérifier les acquis des plongeurs en formation pour s'assurer qu'ils maîtrisent les fondamentaux de la théorie de la désaturation, base indispensable à leur capacité à appliquer les procédures, quelles que soient les circonstances. Pour bien évaluer la maîtrise parfaite de la (théorie de la) désaturation, l'emploi des tables facilitera le travail : à un problème complexe posé, on attendra une réponse *rapide et fiable* pour reprendre les termes du MFT. Se passer des tables pour ce faire est illusoire : seuls des exercices de tables permettront de vérifier que les procédures sont parfaitement maîtrisées.

La *complémentarité* des ordinateurs sera pleinement exploitée afin d'informer le futur Guide de Palanquée sur les modèles mathématiques et physiologiques en présence, tant pour expliquer que pour comprendre son propre outil de désaturation et celui des membres de sa palanquée. Et bien entendu pour savoir utiliser pleinement ce type d'outil...

Enfin n'oublions pas que le Guide de Palanquée est le niveau qui ouvrira la voie au monitorat. « L'à peu près » ne sera donc pas suffisant car non seulement il devra informer les membres de sa palanquée mais il sera également incité à conseiller en termes de choix de matériel... Et d'ordinateur ! De ce fait il devra en savoir suffisamment pour savoir orienter sans se limiter à son propre matériel.

1.3.3 – Pour le Directeur de Plongée (niveau 5)

S'appuyant sur ses connaissances de Guide de Palanquée, le Directeur de Plongée (niveau 5) devra être sensibilisé au maintien à jour de ses compétences et connaissances. Il devra se tenir informé des nouveautés qui concernent plus vraisemblablement les ordinateurs – ils évoluent sans cesse en termes de fonctionnalités - que les procédures liées à l'emploi des tables.

C'est donc plus les aspects réglementation et mises en pratique qui vont être nécessaires à travailler.

Il sera néanmoins intéressant de refaire une information sur la redondance et sur le risque en général afin de sensibiliser notre futur DP sur ses responsabilités et celles des plongeurs dont il organisera l'activité.

1.3.4 – Pour les qualifications

Même s'il est aussi accessible à partir du niveau 1, intéressons-nous au nitrox.

Les qualifications *plongeur nitrox* et *plongeur nitrox confirmé* nécessitent de comprendre en quoi et surtout comment l'emploi d'un mélange suroxygéné va modifier la saturation en gaz inerte. Si la base de la théorie de la désaturation restera identique, c'est l'adaptation à l'emploi du nitrox qui sera importante pour la formation du plongeur nitrox.

Si l'explication des effets physiologiques restera théorique, l'évaluation de l'apprentissage devra passer par des exercices basés sur des tables. Là encore l'ordinateur ne suffira pas à évaluer avec certitude que les principes sont bien maîtrisés. Il faudra par contre insister sur l'aspect pratique des ordinateurs et notamment sur leur paramétrage afin de pouvoir l'utiliser en mode nitrox⁵ : ils présentent d'indéniables avantages à l'usage, évitant de fastidieux calculs dans l'eau.

L'ordinateur restera donc un complément : il ne dispensera pas d'avoir suivi - et assimilé ! – les principes théoriques. A défaut, on utiliserait un outil sans avoir pleinement conscience de ce qu'on fait. Or ce n'est pas ainsi qu'on prévient les accidents...

Concernant les autres qualifications proposées dans notre cursus fédéral – pour les formations *trimix* et *recycleur* – la notion de table n'a pas le même sens.

Pour le trimix, on sera évidemment en dehors de l'emploi des tables de plongée à l'air comprimé étant donné les mélanges utilisés. Ce sont des logiciels spécifiques qui serviront de base à l'élaboration des stratégies de désaturation. Point de tables donc pour le trimix : on travaillera les *run-times*.

Pour le recycleur, la machine fabriquant un nitrox (en diluant air) différent suivant la profondeur d'évolution, il n'est pas non plus envisageable d'utiliser de tables

Et dans ces deux derniers cas on formera à la redondance et à la notion de risque (cf. chapitre 2).

⁵ Rares sont les ordinateurs qui se limitent à la gestion de l'air, les fabricants ne s'y sont pas trompés !

1.4 – L'enseignement théorique : avec ou sans les tables ?

Résumons-nous : les tables sont certes désuètes mais leur emploi reste nécessaire pour illustrer et mettre en pratique les aspects théoriques de la désaturation. Les tables et les procédures d'emploi qui les accompagnent sont un gage d'universalité en l'absence d'autres moyens aussi efficaces pour évaluer l'apprentissage des plongeurs.

Il ne s'agit pas pour autant de repousser les ordinateurs et l'intérêt qu'ils présentent, bien au contraire. Il s'agit de sensibiliser les plongeurs aux limites de ceux-ci, quel que soit leur niveau de formation. On parlera donc de complémentarité pour l'enseignement théorique en mettant l'accent sur les notions de risque et de redondance, notions que nous allons aborder plus en détail dans le chapitre 2.

Chapitre 2 - La désaturation en pratique

Il faut se rendre à l'évidence : tous les plongeurs loisir utilisent un ordinateur. Quant à ceux qui « font de la technique » ce n'est pas différent. Si tant est que l'on souhaite les opposer, sur le terrain et dans l'eau les ordinateurs ont gagné !

Il n'est pas question ici de comparer les avantages et les inconvénients des ordinateurs pour la pratique de la plongée subaquatique. Mais est-ce bien prudent de leur faire confiance ?

Voyons dans un premier temps ce qu'impose la réglementation avant d'étudier dans quelles conditions les plongeurs s'organisent. Et ce vers quoi il serait nécessaire de les orienter en termes de formation.

2.1 - La réglementation

Dans son article A-322-80, le Code du sport impose (en milieu naturel) aux plongeurs en autonomie ou encadrés au-delà de 20 mètres « des équipements permettant de contrôler les caractéristiques personnelles de sa plongée et de sa remontée ». Quant à la personne qui encadre la palanquée, elle doit être munie « d'équipements permettant de contrôler les caractéristiques de la plongée et de la remontée de sa palanquée ».

Le pluriel employé pour désigner ces *équipements* peut être interprété de 2 manières :

- soit c'est un héritage de l'histoire de la plongée, du temps où il fallait une montre **et** un bathymètre / profondimètre pour la détermination des paramètres de la plongée (mais il n'est pas question des tables qu'on ne manquait pas d'avoir sur soi !)
- soit c'est une précaution du législateur pour inciter les pratiquants à la *redondance* de ces moyens.

Et l'un n'exclut pas l'autre !

En tout cas on notera qu'il n'est pas explicitement précisé s'il faut avoir – aussi - des tables avec soi...

Le Code du Sport fixe les conditions de la pratique et en cela il détermine l'obligation de résultat (le respect des prérogatives et la sécurité) ; mais il reste assez flou sur l'obligation de moyens qui incombe aux pratiquants et aux encadrants, du moins pour ce qui a trait aux moyens pour le contrôle de la désaturation. Et notamment on notera que la redondance de ces moyens est laissée à l'appréciation de chacun.

2.2 - La recherche du confort n'exclut pas le besoin de sécurité

L'ordinateur était à l'origine un calculateur d'aide à la décompression, combinant gestion des paramètres de la plongée et calcul de la désaturation. Or il est devenu un outil que l'on suit aveuglément - sans critique aucune - et il devient la référence.

Mais a-t-on seulement alerté nos plongeurs durant leur formation sur le risque qu'ils vont prendre en confiant l'intégralité de leur désaturation à une machine ?

2.2.1 - L'analyse du risque

Apprend-on à nos plongeurs à gérer un imprévu en plongée ? La réponse est oui : grâce aux mises en situation, la formation pratique est censée leur permettre de faire face à un événement, de savoir y faire face et de s'adapter. Du courant, un équipier en panne d'air ou nécessitant une assistance : le plongeur apprendra à réagir et à agir en conséquence.

Ceci posé, comment va-t-on gérer un imprévu pour l'ordinateur (panne franche, pile HS, etc.) ? Et pose-t-on véritablement le problème à nos plongeurs ? Là, la réponse sera plus difficile à obtenir et tendra plutôt vers le NON... On va sensibiliser les plongeurs à l'intérêt que représente l'ordinateur en plongée⁶ ainsi qu'à ses limites mais uniquement pour mettre l'accent sur des points particuliers (certains profils de plongée ou un nombre de successives > 2 / jour). Rien sur sa fiabilité, rien sur sa disponibilité, rien sur sa précision, rien sur sa résistance, rien sur la redondance que la prudence la plus élémentaire nous recommande.

Il faut se rendre à l'évidence : l'analyse du risque pour l'emploi de l'ordinateur en plongée ne fait pas implicitement partie de nos habitudes d'enseignant. Et c'est bien dommage !

Les militaires et les professionnels ne s'y sont pas risqués. Certes, leurs efforts (physiques) sont différents mais force est de constater qu'ils appliquent une règle unique : pas de calcul de désaturation à l'aide d'un ordinateur de plongée. Ils plongent aux tables et uniquement en se basant sur les tables⁷.

Autre point important : les ordinateurs de plongée ne sont pas soumis à la normalisation. Alors que celle-ci présente une garantie en termes de critères de sécurité et de tests, les ordinateurs de plongée ne sont pas considérés comme des équipements de protection individuelle (EPI). Et à ce titre ils « échappent » à la

⁶ Par rapport aux tables : temps de désaturation optimisé, meilleur contrôle de la vitesse de remontée, précision des paramètres, etc.

⁷ L'US Navy, la marine américaine, a un temps testé un ordinateur satisfaisant à ses propres critères (le Cochran Navy DC). Sans grand succès

normalisation ! Pour mémoire, rappelons pourtant que les détendeurs sont soumis à la normalisation⁸. Pour revenir aux ordinateurs, ils sont néanmoins susceptibles de respecter la norme NF EN 13319 relative aux *Accessoires de plongée – Profondimètres et instruments combinant la mesure de la profondeur et du temps – Exigences fonctionnelles et de sécurité, méthodes d'essai*. Malheureusement les algorithmes de désaturation ne sont pas concernés par ce texte.

Pas de norme = pas de sécurité de fonctionnement

Enfin il faut déplorer l'absence de vrai retour d'expérience (REx) sur les accidents / incidents liés à l'usage des ordinateurs. On ne dispose pas de documentation historique sur les facteurs discriminants les concernant, qui permettraient d'avoir un œil critique sur chaque équipement.

2.2.2 - Le coup de la panne

Au-delà de leur précision et de la fiabilité de leurs calculs, connaît-on vraiment le taux de pannes des ordinateurs ? Rappelons qu'un ordinateur de plongée est un assemblage de pièces électroniques et mécaniques (des capteurs, un écran, etc.) sous le contrôle d'un logiciel interne. Chaque composant peut donc avoir sa propre faiblesse – ou manque de fiabilité – et n'oublions pas que le logiciel peut comporter des *bugs*, comme nous en constatons tous les jours avec notre informatique personnelle.

Dans l'industrie, on détermine les taux d'indisponibilité d'un équipement par l'emploi des indicateurs de type MCBF⁹ et MTBF¹⁰. A-t-on jamais eu connaissance du MTBF d'un ordinateur de plongée ? Jamais, bien entendu.

Il n'existe aucune information fiable ou documentée sur les pannes d'ordinateurs de plongée. Seul le *Divers Alert Network* (DAN) a publié une information faisant état d'une occurrence de pannes d'ordinateurs de plongée 8 fois plus importante que pour les détendeurs.

Alors comment se prémunir en cas de panne ? La **redondance** reste la première réponse à étudier afin de mieux appréhender le risque encouru et ses conséquences en cas de carence de nos moyens de désaturation.

La plongée est en effet une activité à risque... de voir son ordinateur tomber en panne ! Celui qui ne plonge pas n'aura pas ce problème. Inversement, plus on

⁸ NF EN 250 de mai 2000 pour les détendeurs destinés à l'air comprimé et NF EN 13949 pour ceux destinés au nitrox et à l'O₂ pur

⁹ Le MCBF est le *Mean Cycles Between Failures* ou nombre moyen de cycles entre pannes. On va l'utiliser pour un équipement qui est soumis à des cycles d'usage particulier (portillon d'un métro par exemple)

¹⁰ Le MTBF est le *Mean Time Between Failures* ou temps moyen entre pannes.

plonge plus le risque de voir son ordinateur de plongée en panne augmente. Et comme on dit souvent, « celui qui n'a pas eu de panne d'ordinateur n'a jamais plongé ». Il faut donc se préparer au pire, c'est-à-dire à la panne au plus mauvais moment. C'est là où la redondance prend tout son sens.

A titre personnel, j'ai choisi d'adopter une configuration différente suivant le type de plongée.

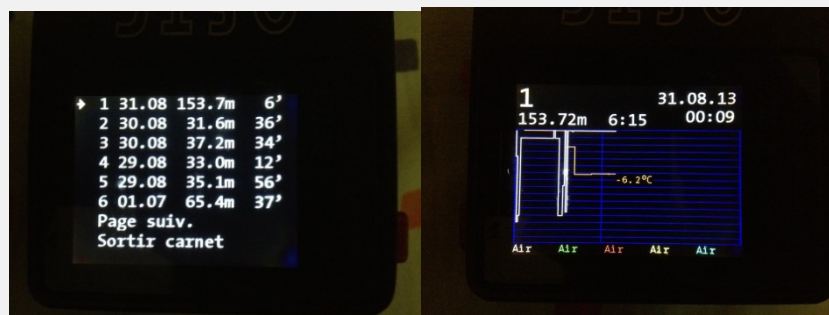
Pour la plongée à l'air ou au nitrox, j'utilise : 1 ordinateur (basé sur un algorithme Bühlmann ZH-L16) + 1 timer + tables immergeables (Bühlmann) en secours. Et je vérifie systématiquement les paramètres de la plongée entre l'ordinateur et le timer. Enfin un petit coup d'œil à la table (immergeable) me permet de me conforter lors de la remontée.

En recycleur (CCR), j'utilise : 1 ordinateur (console Vision®) + un deuxième ordinateur (configuré en ZH-L16 avec les mêmes GF que la console Vision®). Le contrôle est systématique et la redondance est totale entre les deux.

Trimix ouvert, j'utilise : 1 ordinateur (basé sur un algorithme Bühlmann ZH-L16 avec GF) + 1 timer + les run times correspondant à la planification de la plongée.

Et si mon ordinateur tombe en panne, j'ai son cousin prêt à être utilisé ! Je pars en effet plonger avec 2 ordinateurs équivalents¹¹ même si je ne pars qu'avec un seul dans l'eau.

Petite anecdote, en sortie CCR, je me réveille au 3^e jour avec mon ordinateur qui avait plongé tout seul durant la nuit, à une profondeur pas très raisonnable en diluant air (153,7 m)



Le capteur de pression – pourtant d'origine suisse et utilisé par une grande famille d'ordinateur Su..to – avait quelques problèmes ! Ça n'arrive pas qu'aux autres comme j'ai pu le constater sur les forums de plongée...

En près de 33 ans de plongée, j'en suis à mon 6^e ordinateur et à ma 5^e panne

La redondance est donc un principe qui permet de trouver une réponse à un problème. Encore faut-il se le poser...

¹¹ Même algorithme, même fabricant mais générations de modèles différentes

2.2.3 - Le *what if* en tek : un modèle à suivre

La formation à la plongée tek impose un certain nombre de principes, dont la redondance (à tout niveau).

On se pose en fait toutes les questions qui correspondent à toutes les situations : c'est le *what if*¹². Les exemples peuvent paraître cocasses mais ils imposent une rigueur qui permet de ne pas se trouver démunis devant une situation « inattendue ».

On emporte par exemple un 2^o masque au cas où le sien viendrait à devenir inutilisable (sangle rompue). Mais surtout on prévoit systématiquement une redondance des instruments (ordinateur trimix + timer ou ordinateur trimix + ordinateur air en mode free) et une planification elle-même redondée grâce aux run times que l'on calcule avant la plongée et que l'on recopie à l'attention du pilote du bateau (on en gardera un avec soi en plongée). Et la planification prévoit un dépassement de durée et de profondeur, au cas où.

Au-delà de la redondance, on comprend l'intérêt de la planification : elle permet de savoir reprendre une situation en main en cas de panne ou de dysfonctionnement d'un élément.

Les conditions – souvent extrêmes – de la plongée tek obligent à avoir cette rigueur. Mais pourquoi ne pas l'appliquer à la plongée loisir ?

Plonger avec un ordinateur après avoir planifié sa plongée et en prévoyant une redondance¹³ des moyens de désaturation (instruments + tables) est une sage précaution.

¹² Ou « que faire en cas de ? » en français

¹³ Redondance personnelle et non pas au sein de la palanquée. Le problème a déjà été évoqué en 2000 (voir bibliographie)

2.2.3 - En plongée, avec ou sans les tables ?

Les ordinateurs ont considérablement amélioré nos plongées et probablement contribué à démocratiser la pratique. Mais leur emploi ne dispense pas de bien planifier sa plongée, quelle que soit la profondeur.

L'ordinateur est fragile, sujet à des évolutions logicielles qu'on ne maîtrise pas et l'absence de normalisation le concernant impose de ne pas oublier qu'il doit rester un outil d'aide à la décision. En d'autres termes, son utilisateur doit rester maître de ses choix et toujours garder un esprit critique devant le résultat affiché.

Il faut également prévoir le cas où il y aura panne ou dysfonctionnement : la redondance reste un principe auquel il faut sensibiliser nos pratiquants.

Alors comment assurer la redondance si l'on voulait se passer totalement des tables ?

Conclusion

Nous avons démarré notre propos à partir de 3 paradoxes. Nous le finirons avec 3 constatations :

- les tables restent - en l'absence d'outils aussi pratiques et adaptés - nécessaires pour enseigner la théorie de la désaturation ;
- l'enseignement de l'ordinateur est bien évidemment indispensable le plus tôt possible dans la formation des plongeurs. Et il convient de ne pas oublier de sensibiliser ces derniers aux limites d'utilisation de cet outil ;
- l'outil reste fragile et une analyse des risques appropriée va requérir une planification bien anticipée et une redondance des moyens de désaturation.

Annexes

Bibliographie

- *Physiologie & médecine de la plongée*, (coordonnateurs) Médecin Général Inspecteur Bernard Broussolle et Médecin Chef des Services Jean-Louis Méliet, Editions ellipses, 2006.
- *The US Navy Decompression Computer*, F. K. Butler & D. Southerland, Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc., 2001
- *Proceedings of Validation of Dive Computers Workshop*, S. Lesley Blogg, Michael A. Lang & Andreas Møllerlækken, NTNU, 2011
- *Proceedings of Dive Computer Workshop*, Michael A. Lang & R. W. Hamilton, Santa Catalina, 1988
- *Quelques conseils pour la gestion de la décompression au sein d'une palanquée*, Guy Zonberg, Subaqua, juillet / août 2000

Rêvons un peu...

