



La désaturation : pratiques et enseignements

Sophie Le Maout

Mémoire en vue d'obtenir le titre d'instructeur national

16 septembre 2015

REMERCIEMENTS

Beaucoup de personnes sont à remercier, qui ont jalonné ma vie de plongeuse, d'encadrante, d'enseignante.

Merci à mes collègues plongeurs, moniteurs, instructeurs. Au niveau régional, je tiens à remercier tout particulièrement Bernard Pillet, qui m'a toujours épaulée et Guy Zonberg, qui m'a poussée et appris énormément.

Merci à tous les instructeurs nationaux que j'ai croisés de près ou de loin, qui m'ont accueillie pendant les stages, avec une pensée spéciale pour Eric Hebert et Daniel Huron.

Merci à mes parrains, Jean-Pierre Vignocchi et Guy Zonberg pour leurs conseils, leur écoute, leur soutien. Merci à Georges Coppola pour sa relecture et ses encouragements.

Merci aux membres du groupe de travail national : Eric Hebert, Olivier Belaud, Philippe Martinod, Bertrand Martin, Sylvain Saighi : je leur suis redevable d'une grosse partie du travail qui a façonné ce mémoire. Merci également à Jo Vrijens pour m'y avoir intégrée.

Merci à ceux qui m'ont fait confiance à un moment où je n'avais pas tout à fait conscience du chemin à parcourir, en particulier Francis Merlo et Jean-Louis Blanchard.

Merci à tous ceux qui m'ont prêté leur ordinateur : Anne, Carole, Claudine, Florence, Christophe, Eric, Hervé, Jean-Pierre, Olivier. Un grand merci à Yves Rénier, qui m'a prêté quelques-uns de ses nombreux modèles.

Un énorme merci à l'équipe de Boulogne Plongée (Patrick Poincelet, Jean-Philippe Creneau et Christophe Lemaire), qui m'a permis d'utiliser son caisson et m'a prêté une dizaine de modèles d'ordinateurs. Merci également pour les discussions fructueuses que nous avons eues.

Merci à mon Cricri d'amour, pour le sien et avec tout le mien.

Table des matières

I.	Introduction	4
II.	La désaturation : modèles et outils.....	5
II.1	Rappel d'une histoire	5
II.1.1	<i>Evolution des modèles et des tables</i>	5
II.1.2	<i>Evolution des ordinateurs</i>	6
II.1.3	<i>Le système français comparé au système anglo-saxon</i>	8
II.2	Les ordinateurs disponibles sur le marché aujourd'hui	8
II.2.1	<i>Quels modèles pour quels ordinateurs ?</i>	8
II.2.2	<i>Caractéristiques pratiques des ordinateurs actuels</i>	11
II.3	Exemples de comparaisons de profils	13
II.3.1	<i>Mode opératoire</i>	14
II.3.2	<i>Analyse de plongées loisir simples</i>	16
II.3.3	<i>Quatre plongées loisir sur deux jours</i>	23
II.3.4	<i>Analyse d'un stage technique</i>	25
III.	La pratique de la désaturation aujourd'hui	32
III.1	Quelques constats	32
III.2	La pratique des plongeurs et des encadrants	33
III.2.1	<i>Les plongées loisir</i>	33
III.2.2	<i>Les plongées loisir avec du matériel tek</i>	35
III.2.3	<i>Les plongées « tek »</i>	35
III.2.4	<i>Les plongées d'encadrement</i>	35
III.2.5	<i>Les plongées d'enseignement</i>	35
III.3	Le niveau de connaissance de l'ordinateur des plongeurs et des encadrants.....	37
III.3.1	<i>L'affichage</i>	38
III.3.2	<i>Les limites d'utilisation</i>	38
III.3.3	<i>Les réglages, options, variantes</i>	38
III.3.4	<i>Les modèles</i>	39
III.4	Conclusion	39
IV.	L'enseignement de la désaturation.....	40
IV.1	L'enseignement actuel – lecture du MFT	40
IV.1.1	<i>Le contenu général du MFT- organisation en compétences</i>	40
IV.1.2	<i>Extraction des capacités concernant la désaturation</i>	41
IV.2	Enseignement actuel – synthèse et confrontations avec la pratique	47
IV.3	Réflexion sur les compétences minimales sur la désaturation	50
IV.3.1	<i>Classement des compétences par profondeur</i>	51
IV.3.2	<i>Classement des compétences par type de plongée (avec ou sans palier)</i>	53
IV.3.3	<i>Compétences à développer pour les encadrants et enseignants</i>	54
IV.4	Enseigner sans les tables	54

IV.4.1	<i>Les avantages</i>	54
IV.4.2	<i>Les inconvénients</i>	55
IV.4.3	<i>Peut-on se passer complètement des tables ?</i>	55
IV.4.4	<i>Le cas particulier de l'encadrant</i>	58
IV.5	Quel degré de connaissance des ordinateurs ?.....	59
IV.6	Quels outils pédagogiques ?.....	59
IV.6.1	<i>Utilisation des modèles de saturation-désaturation</i>	59
IV.6.2	<i>Utilisation des logiciels</i>	62
IV.6.3	<i>Utilisation des courbes des ordinateurs</i>	64
IV.7	Quelles procédures appliquer ?	65
IV.7.1	<i>Procédure de remontée rapide</i>	65
IV.7.2	<i>Procédure de remontée lente</i>	66
IV.7.3	<i>Procédure de panne d'ordinateur</i>	67
IV.7.4	<i>Procédure d'interruption de palier</i>	68
IV.8	Réflexion sur l'évaluation	68
V.	Conclusion	69
VI.	Références.....	70

I. INTRODUCTION

Ce travail a débuté un peu après que la CTN (Commission Technique Nationale de la Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins), en mai 2013, a mis en place un groupe de travail dont l'objectif est de proposer des évolutions concernant l'enseignement fédéral de la désaturation. Je participe à ce groupe de travail, ainsi qu'au groupe mis en place au niveau de l'inter région Ile de France – Picardie.

Une des questions actuelles est le devenir de l'enseignement théorique des tables de plongée. Cette question ouvre d'importants débats, puisque le monde fédéral (FFESSM) comporte aujourd'hui deux courants : le premier pense que l'heure est venue de supprimer les tables de l'enseignement théorique, le deuxième au contraire pense qu'il faut les conserver.

Mon objectif n'est pas de trancher, mais de faire un point sur les pratiques actuelles en matière de désaturation et de contenus de formation, de mettre en avant les décalages existants et de proposer des orientations.

Pour ce faire, ce travail comportera trois parties.

La première partie retrace rapidement l'histoire de la désaturation, présente les caractéristiques des modèles d'ordinateurs disponibles aujourd'hui, ainsi que les modèles de désaturation qui y sont associés. Pour mettre en avant au mieux les différences concrètes entre les modèles d'ordinateurs disponibles aujourd'hui, j'ai reproduit en caisson des plongées ou séries de plongée correspondant à des situations réelles (plongées loisir et d'enseignement) et comparé les temps de palier.

La deuxième partie décrit les pratiques actuelles des plongeurs et des encadrants en termes de désaturation : comment gèrent-ils une plongée loisir avec paliers, sans palier, quelles procédures respectent-ils, utilisent-ils les réglages de conservatisme... ? J'ai ensuite défini quel était leur degré de connaissances en termes de désaturation : que savent-ils des modèles théoriques, que connaissent-ils de leur ordinateur ou de ceux de leur palanquée ?

La troisième partie est consacrée à l'enseignement : après analyse des compétences requises dans le MFT (Manuel de Formation Technique de la FFESSM) actuel, je les ai comparées d'une part aux connaissances réelles et d'autre part aux besoins du plongeur et de l'encadrant dans sa pratique. Ceci m'a permis de mettre en avant les contenus qu'il serait intéressant d'approfondir ou au contraire d'alléger puis de faire des propositions concrètes.

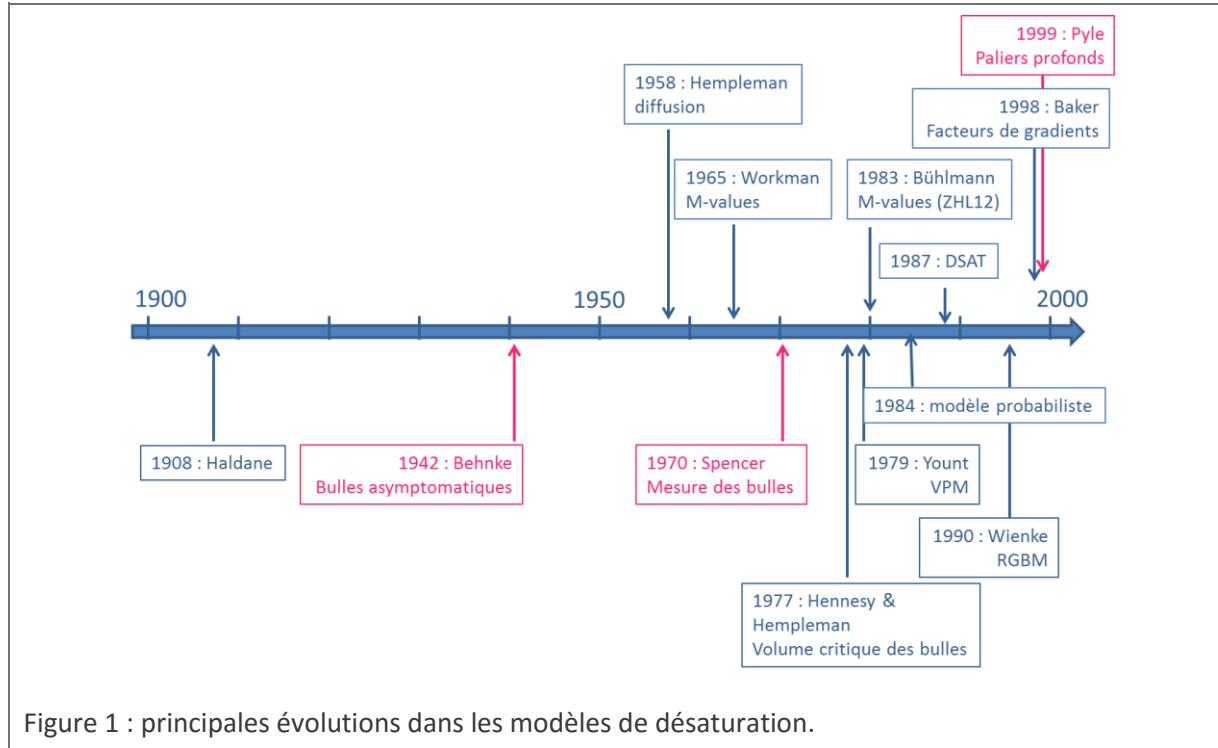
Nota : le terme *désaturation* est employé désormais ; il est en effet préféré au terme de *décompression* car il correspond mieux au processus que l'on veut représenter. Le terme décompression sera néanmoins employé en fonction des expressions et des écrits existants.

II. LA DESATURATION : MODELES ET OUTILS

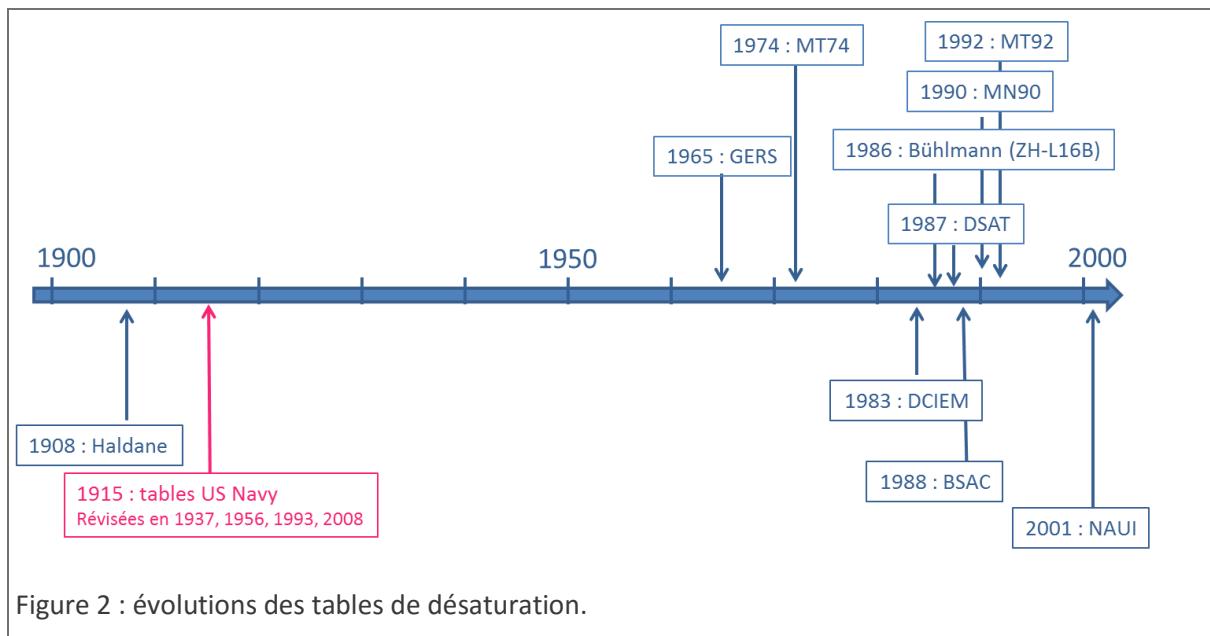
II.1 Rappel d'une histoire

II.1.1 Evolution des modèles et des tables

Depuis plus d'un siècle, les modèles de saturation et désaturation ont largement évolué :



La mise en pratique des différents modèles aboutit à l'élaboration de tables, qui vont permettre aux plongeurs de réaliser leur désaturation.



II.1.2 Evolution des ordinateurs

II.1.2.1 Du mécanique à l'électronique

Le précurseur : Le Foxboro Decomputer Mark I. Dès la fin 1955 ce petit concentré mécanique allie profondimètre et mesure de la saturation / désaturation de l'azote par l'intermédiaire d'éléments poreux censés représenter deux compartiments (de période 45 min et 75 min). Les premiers tests effectués démontrent une trop grande variation de ses résultats par rapport aux tables de l'US Navy, ce qui causera sa perte... Et son oubli.

Le design italien : le décompressimètre Sos. Trois années plus tard, l'entreprise italienne Sos Diving Equipment Limited commercialise son décompressimètre Sos. Toujours de conception purement mécanique, l'instrument connaît un succès qui ne se démentira qu'à la toute fin des années 1970... Jugé plus fiable que son prédécesseur jusqu'à 18 m, il apparaissait trop fragile et « moins pénalisant » au-delà de 18 m. Un seul compartiment était utilisé (120 min) et la lecture de la saturation était assurée par un tube de Bourdon. Il pouvait être utilisé pour les plongées successives et fut décliné en différents modèles par quasiment toutes les marques de l'époque.

Par la suite, on citera deux autres produits commercialisés par des fabricants américains : le Decompression Meter de General Electric et le Decomputer Farallon, toujours basés sur des éléments mécaniques reproduisant la physique de l'azote en plongée.

On passera rapidement sur le Tracor qui alliait affichage analogique et – pour la première fois - mesures électriques, sa très faible autonomie ayant contribué à son abandon. Il fut commercialisé dans les années 1963 par une entreprise américaine.

Le milieu des années 70 voit arriver le microprocesseur et la plongée va rapidement intéresser les électroniciens. La désaturation sera désormais calculée et on gagnera en précision (de mesure) et en étalonnage. Seuls les problèmes d'autonomie, liés à la faiblesse des piles et batteries de l'époque, viennent limiter ces nouveaux instruments.

Au milieu des réalisations diverses (le XDC, l'Edge, les Cyberdiver II et III...), qu'elles soient canadiennes, européennes ou américaines, on citera le cas du Dacor Dive Computer (DDC) qui au lieu de calculer la saturation va tenter d'intégrer une table de plongée et un affichage électronique. Ce fut un échec monumental...

Enfin, avant l'arrivée de nos premiers instruments compacts, on se souviendra du Decobrain de Divetronic, premier outil d'origine européenne à la disposition de nos plongeurs.

Le milieu des années 80 sera la révélation avec l'arrivée du Suunto SME-ML et de l'Aladin d'Uwatec, ce dernier ayant été certainement comme les Jetfin : tout encadrant de l'époque en a possédé un... Le tableau ci-après résume les évolutions jusqu'au milieu des années 80.

Les précurseurs (1955 & 1958)	Des instruments mécaniques à l'affichage analogique	Foxboro Decomputer Mark I décompressimètre Sos	 Sos
Les suiveurs (années 1970)	Idem	Decompression Meter de General Electric Decomputer Farallon	
Le progrès (1963)	Mesures électriques avec affichage analogique	Tracor	
L'innovation (année 1976)	Utilisation d'un microprocesseur avec affichage LED puis LCD	XDC Edge Cyberdiver II et III Decobrain	 Decobrain
Les révolutions (1986)	Mesures et calculs grâce à un microprocesseur avec affichage LCD en présentation compacte	Suunto SME-ML Aladin	 SME-ML  Aladin

II.1.2.2 L'ère moderne

A partir des années 90, on commence à voir de plus en plus de plongeurs équipés d'un ordinateur. Les options commencent alors à se diversifier, alliant une planification plus complète, la prise en compte de la consommation d'air, la possibilité de plonger au nitrox puis avec plusieurs mélanges, des systèmes de durcissement, une miniaturisation (pour les modèles montres) et plus récemment, la prise en compte d'éléments personnels comme la consommation, le rythme cardiaque ou la condition physique (niveau de microbulles, durcissement, voire allègement).

Après l'intégration de boussoles électroniques, la modernisation des outils de désaturation s'oriente vers trois axes :

- ✓ L'aspect maintenance (recharge, changement de pile),
- ✓ L'aspect mise à jour (option trimix, nouvel algorithme, ...),
- ✓ L'aspect gestion de palanquée (nombre d'émetteurs en relation possibles).

II.1.3 Le système français comparé au système anglo-saxon

Il est intéressant de constater que le système anglo-saxon a mis en place très tôt un système de plongée sans palier, y compris en plongeant aux tables (tel que les tables PADI-RDP (Recreational Dive Planner) en 1987 adaptées à des plongées multiples avec intervalles courts, présentation des tables US Navy), engendrant ainsi des générations de plongeurs qui ont l'habitude de plonger dans la courbe de sécurité. Cette pratique a donc été tout naturellement prolongée en utilisant des ordinateurs.

Le système français, davantage influencé par la plongée militaire, est différent en deux points principaux :

- ✓ Faire un palier est quelque chose de naturel très tôt, au moins encore aujourd'hui dans l'aspect théorique des choses (les exercices de tables sont pratiqués dès le niveau 2, avec des paliers). De plus, le vocabulaire du plongeur français est encore très lié au palier. En effet, on règle par exemple son lestage par rapport au palier, ou on apprend à maintenir un niveau d'immersion entre autres pour tenir un palier.
- ✓ L'enseignement théorique, mais aussi les bonnes pratiques étant basés sur les tables MN90, on reste dans le schéma de deux plongées maximum par jour et encore une fois, faire des paliers dans ces conditions n'est pas gênant, puisque cela correspond aux calculs générés par les modèles de désaturation.

On est donc face à deux cultures différentes, qui ont fait évoluer les pratiques différemment. Ceci a très probablement influencé d'une part le comportement général du plongeur, qui deviendra encadrant et influencera ainsi les futures générations. Nous verrons dans le chapitre concernant les pratiques que cela peut entraîner des comportements assez incohérents.

II.2 Les ordinateurs disponibles sur le marché aujourd'hui

Le tableau qui suit résume les caractéristiques des principaux modèles du marché.

II.2.1 Quels modèles pour quels ordinateurs ?

II.2.1.1 Les séries ZH-L8-ADT

Depuis l'Aladin Pro (commercialisé en 1989), les marques Uwatec, Scubapro et Subgear utilisent les modèles ZH-L8-ADT. Pour rappel, il s'agit de modèles de Bühlmann modifiés (ZH pour Zürich, L pour limite, 8 pour le nombre de compartiments et ADT pour adaptatif) qui tiennent compte de la température pour modifier les M-values et introduire une marge de sécurité supplémentaire. Le modèle prend également en compte le gaz inerte non seulement en phase dissoute mais aussi en phase gazeuse (sous forme de microbulles).

Presque tous les modèles actuels (sauf le XP10 de Subgear) correspondent au modèle ZH-L8-ADT-MB (MB pour microbulles). L'algorithme permet à l'utilisateur de choisir un niveau de sécurité plus élevé limitant la formation des microbulles (niveaux de MB de L0 à L5). Les modèles les plus sophistiqués ont une fonction PMG (pour predictive multigaz).

Enfin, comme indiqué dans le tableau, la plupart des modèles actuels ont une fonction PDIS (Profile Dependent Intermediate Stops) permettant d'activer un palier profond. Le palier de sécurité que l'on choisit d'activer ou pas est aussi une caractéristique commune à la grande majorité des modèles.

Tous ces modèles ont des vitesses de remontée variables en fonction de la profondeur.

[II.2.1.2 Les séries à modèle RGBM](#)

Elaboré par Wienke en 1990, le modèle RGBM (Reduced Gradient Bubble Model) est un modèle hybride qui joue à la fois sur une approche haldanienne (compartiments, M-values) et une approche de type « modèles à bulles ». Cette approche est expliquée dans plusieurs références, dont le mémoire d'instructeur régional d'Adrian David.

Pour les ordinateurs qui utilisent ces modèles (marques Suunto, Cressi, Mares), on se retrouve avec une désaturation continue et des notions de profondeur plancher et plafond.

Les modèles varient quelque peu en fonction des marques, sans qu'on en sache beaucoup plus avec chez Suunto le Suunto RGBM (9 compartiments), le Suunto Tech RGBM et le Suunto-Fused RGBM (15 compartiments), chez Cressi, le Cressi-RGBM (9 compartiments) et chez Mares le Mares-RGBM (10 compartiments). Les modèles Cressi donnent un palier profond non obligatoire lorsqu'on entre en mode palier.

Tous les modèles (sauf le Zoop) proposent un palier profond (plus ou moins débrayable en fonction des modèles) et un palier de sécurité à 3 mètres (plus ou moins débrayable également).

Tous ces modèles ont des vitesses de remontée fixes, de 10m/min.

[II.2.1.3 Les séries Dual Pelagic](#)

Ces séries proposent le choix entre deux algorithmes : DSAT et Pelagic Z+

DSAT fournit des limites de plongée sans désaturation basées sur des niveaux d'exposition et sur des données de test qui ont reçu la validation de PADI dans le cadre de ses tables RDP. Il impose des restrictions pour les plongées avec désaturation, considérées comme plus risquées. Le fonctionnement du standard PZ+ (Pelagic Z+) est basé sur l'algorithme de Bühlmann ZHL-16c.

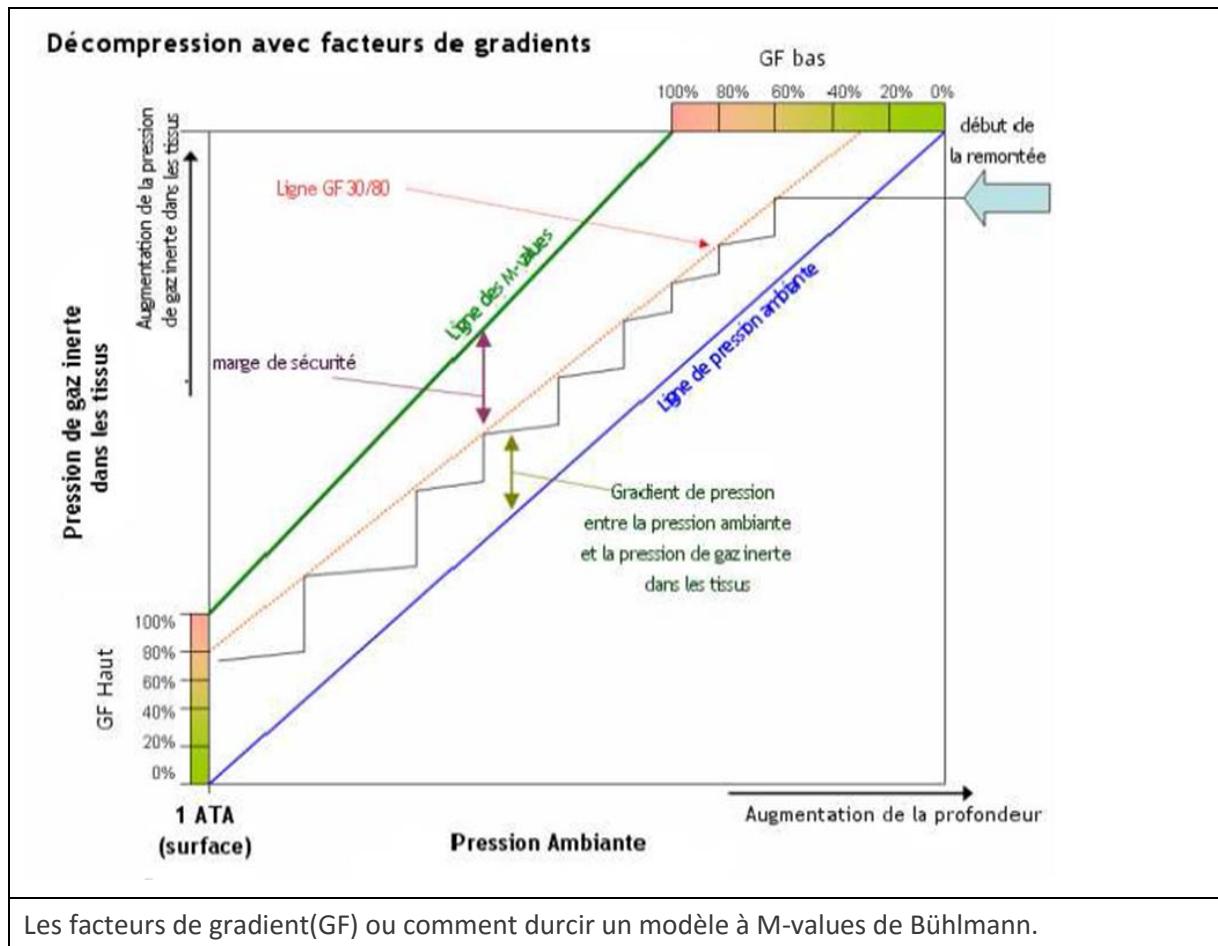
Ces modèles sont appliqués sur tous les modèles de la gamme Oceanic. Ils proposent tous un palier de sécurité et un palier profond ; la vitesse de remontée prise en compte est variable. Le palier profond n'est proposé que sur des plongées supérieures à 24 m sans palier. Les modèles Beuchat ne proposent que le Pelagic Z+.

[II.2.1.4 Les séries avec facteurs de gradient](#)

Le modèle des M-values de Bühlmann est souvent représenté par une droite (la droite des M-values), qui, pour un compartiment donné, va définir la limite entre la zone de sursaturation et la zone de sursaturation anarchique (une première droite avait été définie dans le système de Haldane, par la valeur de Sc , coefficient de sursaturation critique). Erik Baker a considéré que, pour être représentative, la limite de sursaturation anarchique est une zone plus large qu'une simple ligne. Pour moduler le degré de sévérité de l'algorithme, il a mis en place les facteurs de gradient.

L'idée est de prendre une marge de sécurité en réduisant artificiellement la valeur des M-values. Les facteurs de gradient s'expriment en pourcentage, 100% étant la valeur maximale tolérable pour un compartiment et une profondeur données.

On définit deux valeurs de GF (Gradient Factors ou facteurs de gradient) ; un GF bas (low pour les profondeurs) et un GF haut (high pour la surface), chacune de ces deux valeurs contrôlant une extrémité de la droite des M-values. On peut donc ouvrir ou fermer la droite au début de la remontée ainsi que dans la zone des paliers les plus hauts.



Les modèles d'ordinateur les plus courants qui utilisent des facteurs de gradient sont les modèles Heinrichs Weikamp (OSTC sport, 2N, 2C), les Liquivision (Kaon, Lynx, Xeo) les Shearwater (Petrel). Ils sont issus des modèles Bühlmann ZH-L16 (avec 16 compartiments et 16 couples de M-values).

II.2.2 Caractéristiques pratiques des ordinateurs actuels

II.2.2.1 Caractéristiques communes

Les modèles disponibles sur le marché aujourd'hui présentent un minimum de caractéristiques communes, concernant l'affichage et les réglages.

Affichages

- ✓ Profondeur, durée de la plongée.
- ✓ Durée restant sans palier à la profondeur.
- ✓ Durée totale de remontée.
- ✓ Mesure de vitesse de remontée (valeurs ou % ou bargraphe).
- ✓ Temps avant l'autorisation de prendre l'avion (le temps de désaturation est ajouté en fonction des modèles).

Les affichages communs à tous les ordinateurs concernent peu de facteurs : profondeur, temps, vitesse de remontée, temps sans palier.

Réglages

A minima, les ordinateurs disponibles aujourd’hui sont réglables en mode nitrox jusqu’à 50% d’O₂. Il peut bien sûr rester encore en circulation des modèles sans nitrox, mais ils commencent à se faire très rares.

II.2.2.2 Affichages des paliers

Trois types d’affichage des paliers sont rencontrés :

- ✓ Affichage profondeur du 1^{er} palier sans durée + DTR.
- ✓ Affichage profondeur et durée du 1^{er} palier + DTR.
- ✓ Affichage de tous les paliers et des profondeurs (ordinateurs tek).

II.2.2.3 Réglages du conservatisme

- ✓ Pas de durcissement (modèles ZH-L8-ADT).
- ✓ Niveau L0 à L5 de microbulles (modèle ZH-L8-ADT-MB).
- ✓ Conservatisme niveaux 0 à 2 pour les RGBM « classiques » (Suunto, Cressi, Mares).
- ✓ Conservatisme « 50% RGBM » pour certains modèles Suunto (D9).
- ✓ Conservatisme niveau -2 à niveau +2 pour les modèles Suunto-fused RGBM (Eon, DX).
- ✓ Conservatisme Off ou On pour les gammes Oceanic et Beuchat (On = altitude de 915 m).
- ✓ Conservatisme en mode « recreational » pour certains ordinateurs tek
- ✓ Réglages des facteurs de gradient (par mode préétabli ou par valeur) (modèles ZHL16 GF) : Shearwater, Liquivision, OSTC, ...
- ✓ Réglages des niveaux de saturation et désaturation (OSTC en mode non GF).

Il y a trop de possibilités pour qu’un encadrant ou un enseignant ait une idée réelle des conséquences des réglages.

Comment faudra-t-il au moins le sensibiliser pour qu’il puisse gérer sa palanquée et jouer son rôle de conseiller auprès du plongeur ?

II.2.2.4 Planification

La planification d’une plongée à venir se présente de façon différente en fonction des modèles d’ordinateurs :

- ✓ Temps de plongée sans palier par profondeur au temps t pour la plupart (il existe néanmoins un modèle où on est obligé de passer par le logiciel) avec ou sans choix de l’intervalle surface.

- ✓ Possibilité d'incrémenter la durée de plongée et de voir la durée du premier palier et la durée totale de remontée (au temps t) : l'écran s'affiche comme en mode plongée (modèles Uwatec, Sugear, Scubapro).
- ✓ Idem avec affichage de tous les paliers pour les modèles tek.
- ✓ Simulation de la plongée avec affichages réels en direct (exemple de l'OSTC).



Affichage courbes de sécurité mode surface



Simulation de paliers en mode surface : affichage 1^{er} palier, paliers totaux, simulation plongée en temps réel



Simulation sans ou avec intervalle surface

L'affichage commun pour la planification se limite aux valeurs de la courbe de sécurité.

II.3 Exemples de comparaisons de profils

Dans cette partie, je me suis attachée à comparer des temps de désaturation pour différents ordinateurs, dans différentes configurations et pour différents types de plongées. Le temps alloué à cette tâche n'étant pas extensible, il a fallu limiter les choix.

Deux interrogations principales m'ont principalement orientée dans mes choix.

1) Pour l'aspect plongée loisir, je me suis souvent interrogée sur l'aspect durcissement dans les réglages. Quelles sont les conséquences réelles sur la durée des paliers ? Y a-t-il une homogénéité entre les gammes d'ordinateur, y compris avec les ordinateurs « tek » ? Comment appréhender ces réglages pour un encadrant, un enseignant ?

2) Pour l'aspect plongée d'enseignement, j'ai voulu reproduire un stage technique d'une durée de 5 jours, représentant ainsi les plongées réalisées pendant un stage Guide de Palanquée, l'idée étant de comparer différents modèles et de répondre à la question : « fait-on réellement beaucoup plus de palier avec certains modèles ? »

II.3.1 Mode opératoire

II.3.1.1 Matériel utilisé

En termes d'organisation, un caisson était utilisé, grâce auquel j'ai pu contrôler la vitesse de descente, la vitesse de remontée, la durée totale de remontée, la durée des paliers, et ce pour une dizaine d'ordinateurs en même temps.



Les ordinateurs sont utilisés par série, une série correspondant à une palanquée

Les vitesses de descente étaient contrôlées grâce au modèle OSTC, qui affiche la vitesse en m/min.

Pour les plongées type loisir, les vitesses de descente sont maximales, de façon à comparer à des valeurs indiquées dans les *dive plan* des ordinateurs ou dans les logiciels.

Concernant les plongées d'enseignement, j'ai choisi et respecté les vitesses suivantes, qui me paraissent correspondre au mieux à la réalité :

- ✓ 20 m/min pour les descentes à 40 mètres,
- ✓ 10 m/min pour les descentes RSE (descente lente limitant l'essoufflement),
- ✓ 20 m/min pour les descentes avec une remontée contrôlée.



Mesure des vitesses de descente pour les plongées d'enseignement

Les vitesses de remontée ont également été contrôlées grâce au modèle OSTC. Les vitesses de remontées étaient de :

- ✓ 10 à 12 m/min pour les remontées plongées loisir,
- ✓ 10 à 12 m/min pour les remontées contrôlées,
- ✓ 20 à 25 m/min pour les remontées rapides entre 40 et 20 m lors des assistances,
- ✓ 10 à 12 m/min pour remontées normales entre 20 et 6 m lors des assistances,
- ✓ 20 à 25 m/min pour les remontées RSE.



Mesure des vitesses de remontées pour les plongées d'enseignement

II.3.1.2 Réglages utilisés

Tous les ordinateurs ont été réglés en plongée air, sans palier profond lorsque c'était possible (certains modèles se mettant en mode palier profond automatiquement au-delà d'une certaine profondeur). Les paliers profonds n'ont jamais été réalisés (en fait, un seul modèle annonce des pénalités en cas de non-respect d'un palier profond ; il s'agit de l'Eon).

Les paliers de sécurité affichés ont toujours été réalisés, respectant ici « l'esprit palanquée » afin de conserver la cohésion.

II.3.1.3 Temps de palier pris en compte

Le temps de palier pris en compte dans les résultats est le **temps de palier obligatoire** (sans palier profond, sans palier de sécurité). Il m'a en effet paru plus juste de prendre en compte cette valeur et non, par exemple, la durée totale de remontée.

II.3.1.4 Moyens de désaturation comparés

Ordinateur ou tables	Modèle de désaturation	Réglages pris en compte
Tables : Haldane, US Navy, PADI, BSAC, DCIEM, LIFRAS, MN90, Comex 74, MT 92, DSAT		
Aladin Pro, Aladin Ultra, Subgear XP10	ZH-L8- ADT	
Galileo Luna,	ZH-L8- ADT MB	microbulles de L0 à L5
Suunto Zoop	Suunto RGBM sans deep stop	Niveaux P0 à P2
Suunto D6i, D9	Suunto RGBM avec deep stop	Niveaux P0 à P2
Suunto Eon	Suunto Fused RGBM	Niveaux P-2 à +2
Cressi Leonardo	Cressi RGBM	Niveaux de SF0 à SF2
Mares Nemo wild	Mares RGBM	Niveaux PF0 à PF2
Oceanic VTX	DSAT ou Pelagic Z+	CF off ou on
Liquivision Kaon	ZH-L16-C (+GF)	Recreational
Shearwater Petrel	ZH-L16-C (+GF)	Recreational low, medium et high
OSTC 2N	ZH-L16-C (+GF)	Loisir medium et high

II.3.2 Analyse de plongées loisir simples

Deux types de données ont été étudiées : d'une part, une plongée de 30 minutes à 30 mètres avec des réglages de durcissement différents, d'autre part, une série de quatre plongées sur deux jours, pour un réglage de base non durci.

II.3.2.1 Courbe de sécurité à 30 mètres

Les valeurs de temps de plongée sans palier sont analysées et comparées pour un maximum d'ordinateurs, dans un maximum de configuration (durcissement), soit par une lecture directe sur l'ordinateur, soit grâce à un logiciel (DM5 pour le modèle Eon).

Comparons les courbes de sécurité pour différents systèmes sans durcissement, puis avec des réglages modifiant le conservatisme.

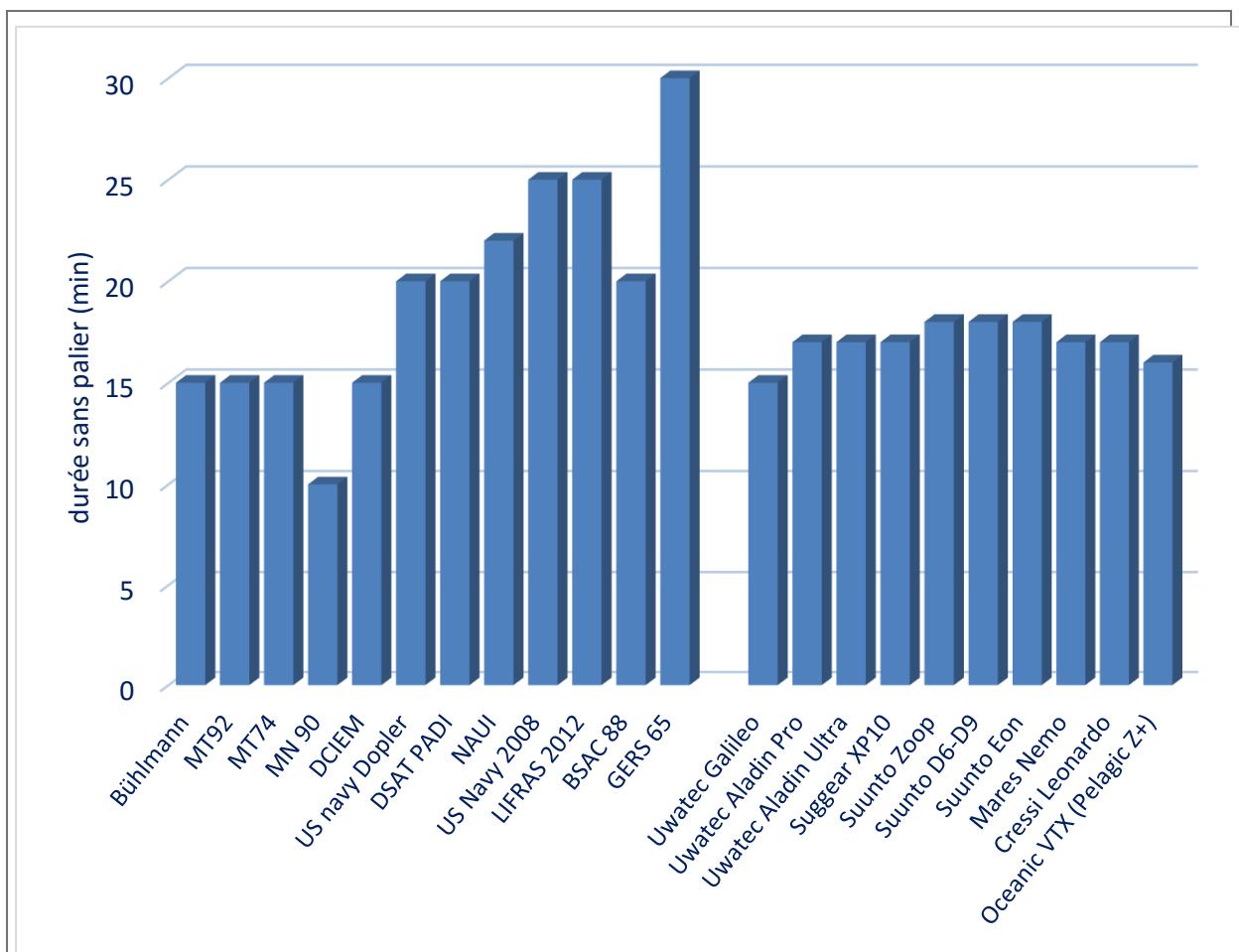


Figure 2 : valeurs des courbes de sécurité à 30 m – comparaison tables et ordinateurs (réglages de base).

La figure 2 montre que les courbes de sécurité pour une plongée à 30 m sont équivalentes pour les différents ordinateurs (moyenne de 17 minutes) et légèrement plus sévères que la plupart des tables. Concernant les tables, la MN90 est la plus pénalisante, avec une valeur de 10 minutes.

Les courbes de sécurité sont très comparables entre différents modèles d'ordinateurs. Les valeurs pour les tables sont plus disparates, les MN90 étant les plus sévères.

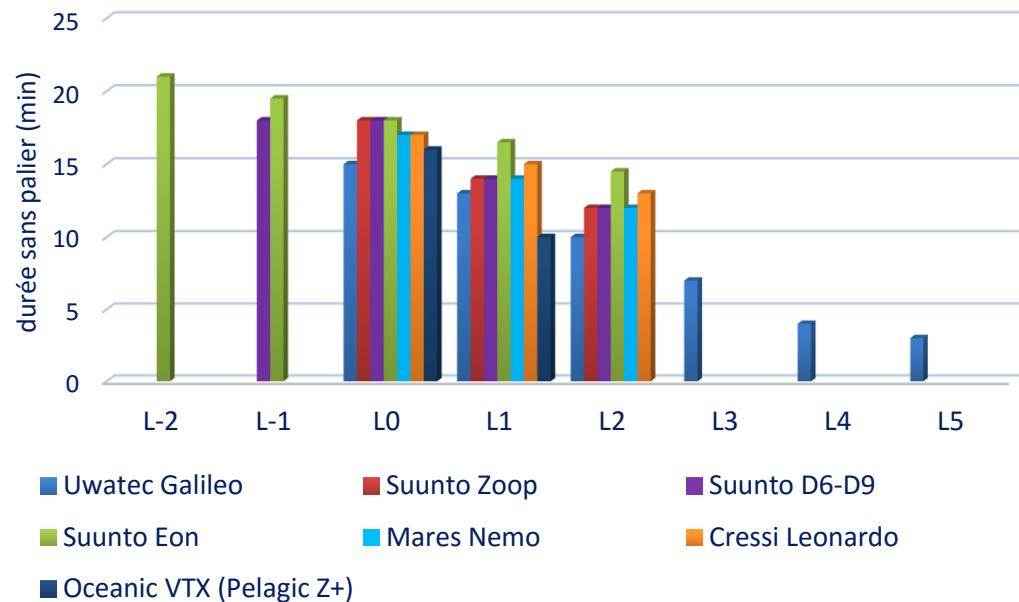


Figure 3 : valeurs des courbes de sécurité à 30 m pour différents durcissements ou allègements.

La figure 3 nous montre qu'à l'intérieur d'un même niveau, les différences entre modèles sont assez peu significatives, le Suunto-fused RGBM (modèle Eon) étant le moins conservateur. Seuls les gammes Uwatec proposent 6 niveau de durcissement ce qui résulte en une amplitude importante – entre 15 et 3 minutes sans palier - alors que le Suunto-fused RGBM propose un allègement, avec une valeur de la courbe de sécurité à 21 minutes pour le réglage -2.

La courbe de sécurité à 30 m varie de 14 à 21 minutes pour l'Eon de Suunto et de 3 à 15 minutes pour le Galileo d'Uwatec en fonction des réglages de conservatisme.

II.3.2.2 Plongée 30 minutes à 30 mètres

Pour cette analyse, les temps de paliers obligatoires sont lus sur les dive plan des ordinateurs, ou à l'aide de logiciels, ou encore mesurés en caisson.

Comparons dans un premier temps les paliers en mode normal sur plusieurs modèles de tables et des modèles d'ordinateurs loisir classiques.

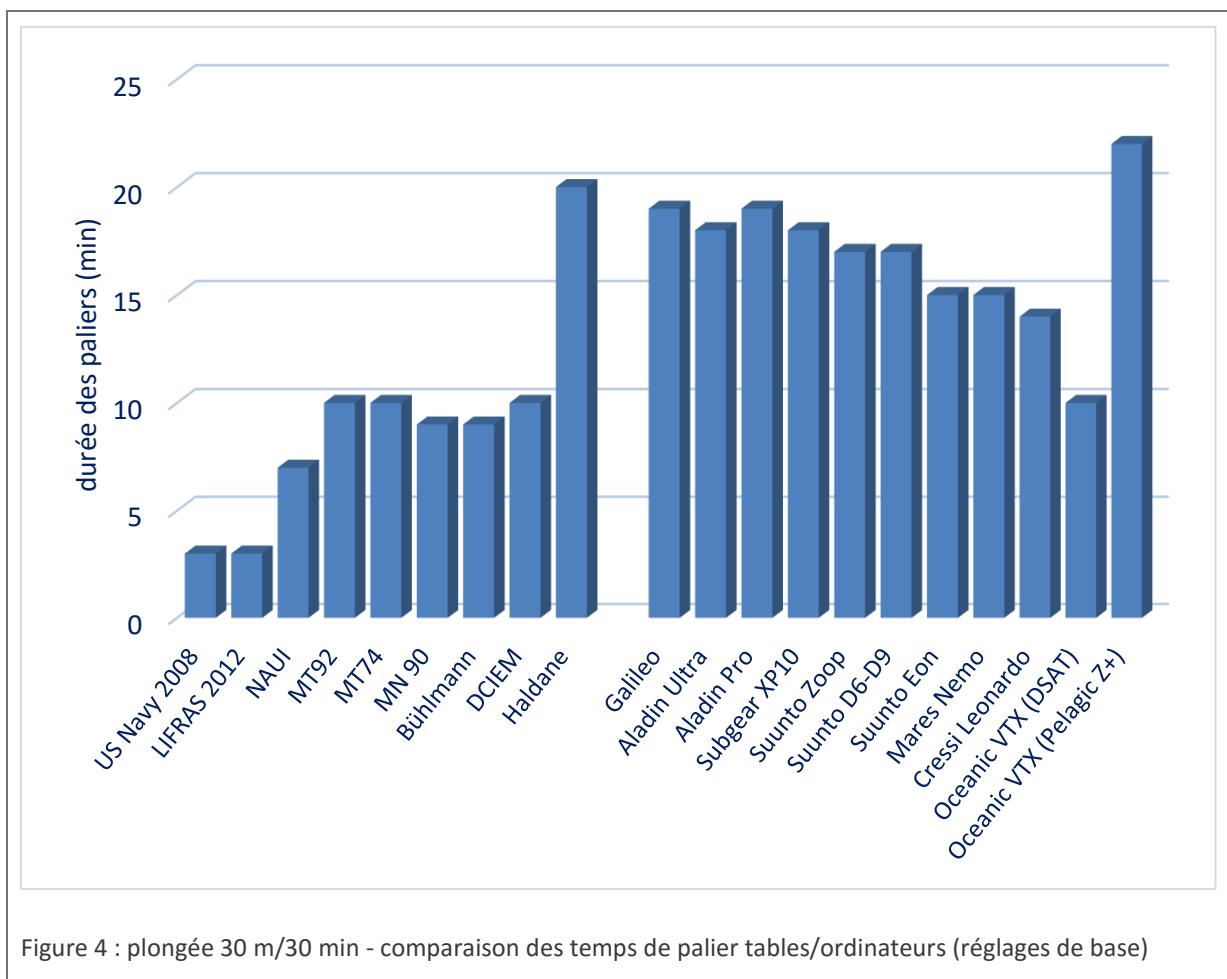


Figure 4 : plongée 30 m/30 min - comparaison des temps de palier tables/ordinateurs (réglages de base)

Sur la figure 4, on peut constater d'une part que les paliers ordinateurs sont supérieurs aux paliers tables, sauf pour l'Oceanic réglé en DSAT, qui est équivalent. Ce modèle est d'ailleurs directement établi à partir des tables PADI DSAT, théoriquement utilisées pour des plongées sans palier. L'Oceanic réglé en mode Pelagic Z+ affiche par contre un palier nettement supérieur avec 21 minutes. Les autres ordinateurs testés varient entre 14 et 19 minutes de palier.

Le temps de palier pour une plongée de 30 minutes à 30 m varie de 10 à 22 minutes pour les ordinateurs. La table de Haldane donnait 20 minutes de palier ; la MN90 en donne 9.

Comparons ensuite quelques-uns des mêmes ordinateurs sur la même plongée (30 m, 30 minutes) avec des durcissements différents.

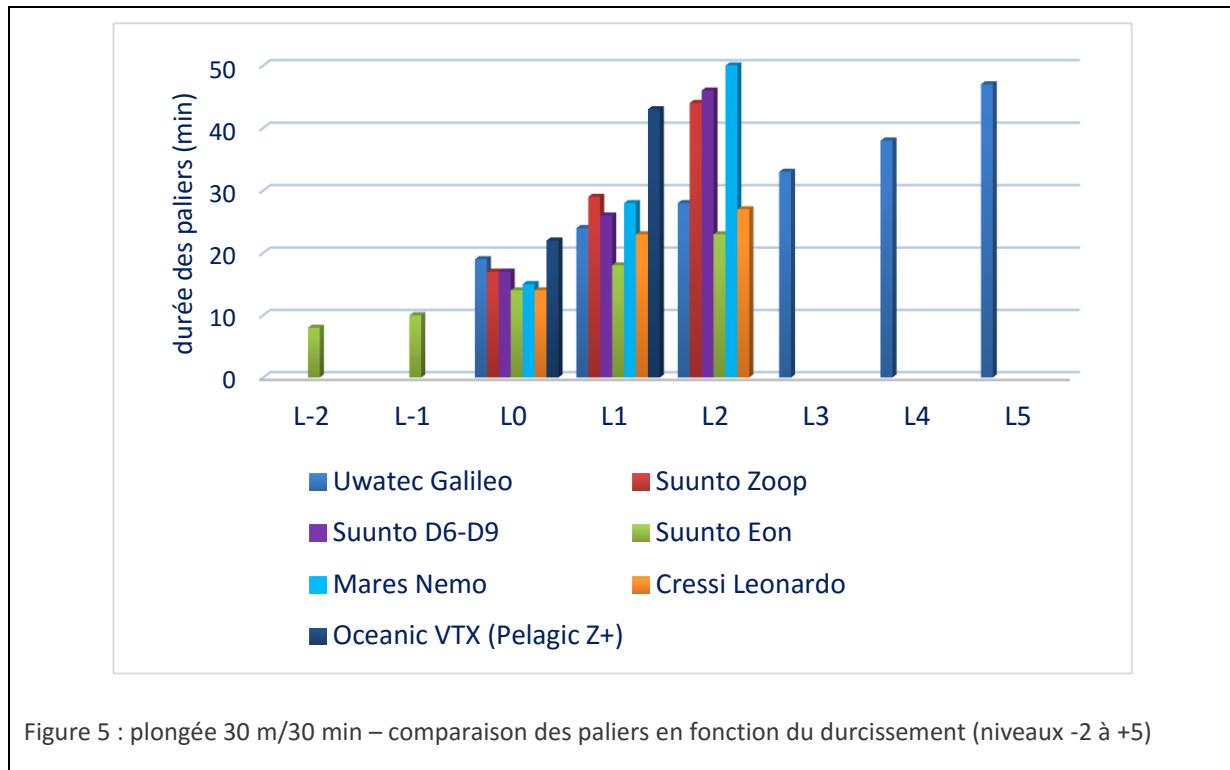


Figure 5 : plongée 30 m/30 min – comparaison des paliers en fonction du durcissement (niveaux -2 à +5)

Les mesures de la figure 5 nous montrent des résultats assez dispersés, en particulier sur les niveaux de durcissement +1 et +2.

On constate que pour les modèles Suunto RGBM, Uwatec et Mares, les amplitudes de paliers sont du même ordre de grandeur (Uwatec de 19 à 47 minutes ; Sunto RGBM de 17 à 46 minutes ; Mares RGBM de 15 à 50 minutes ; Oceanic Pelagic de 22 à 43 minutes), mais réparties sur 5 niveaux sur les modèles Uwatec, 3 niveaux sur les modèles Sunto et Mares RGBM et 2 niveaux pour le modèle Oceanic. Les modèles Cressi RGBM et Suunto Fused RGBM présentent des maximum plus limités (respectivement 27 et 23 minutes) et le modèle Suunto Fused-RGBM permet un réglage allégé (niveau -1 et -2) qui correspondent à des valeurs de palier plus proches de celles des tables (respectivement 10 et 8 minutes de palier).

Le temps de palier pour une plongée de 30 minutes à 30 m varie entre 8 et 47 minutes en fonction des modèles et des réglages de conservatisme.

Bien que dans la pratique ces durcissements servent assez rarement, une sensibilisation pourra être intéressante au cours de l'enseignement.

II.3.2.3 Cas particulier des ordinateurs tek

Il m'a paru intéressant de comparer les valeurs pour ce qui concerne les ordinateurs « tek » de plus en plus utilisés par des plongeurs loisir. En effet, si ces ordinateurs sont relativement faciles à utiliser (navigation assez intuitive et surtout excellente lisibilité), les choses se compliquent dès qu'on commence à parler réglages, car les réglages prédefinis sont très différents en fonction des modèles, ce qui peut entraîner des variations assez importantes en extrêmes de courbe de sécurité et de paliers.

Prenons trois types d'ordinateur tek : un Liquivision (modèle Kaon), un Shearwater (Petrel) et un OSTC (2N). Dans ces trois cas, le modèle de base est un Bühlmann ZH-L16c. Dans ces trois cas, on peut choisir des réglages type loisir ou type tek, mais ces choix ne correspondent pas à des durcissements équivalents, ce qui d'une part ne facilite pas la comparaison et d'autre part peut entraîner le plongeur à plonger dans des systèmes plus ou moins conservateurs qu'il ne sait pas choisir.

Le tableau ci-dessous résume les réglages possibles et imposés

modèle	Mode loisir	Mode tek
Liquivision Kaon	Un réglage recreational, données non communiquées	Réglages imposés Tech low : GF 100/100 Tech medium: GF 30/85 Tech high: GF 30/75
Shearwater Petrel 1	Réglages imposés Mode recreational low : GF40/95 Mode recreational medium : GF 40/85 Mode recreational high : GF 40/75	GF low et high réglables Couples 100/100, 95/95 et 90/95 interdits
OSTC 2N	Réglages d'un facteur de saturation et de désaturation CF Préréglages : 110/90	GF low et GF high réglables Couple 100/100 interdit

On peut comparer d'une part les courbes de sécurité et d'autre part les temps de palier pour une plongée de 30 minutes à 30 mètres, dans le mode loisir.

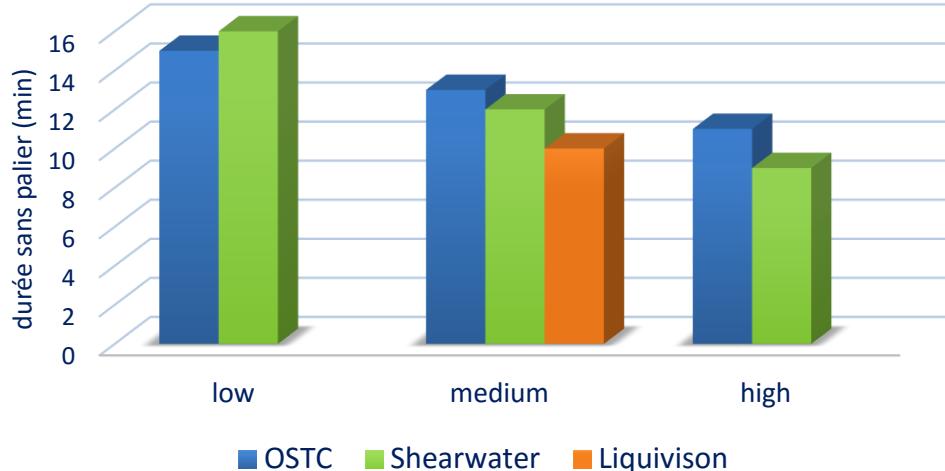


Figure 6 : comparaison des courbes de sécurité à 30 m en modes loisir.

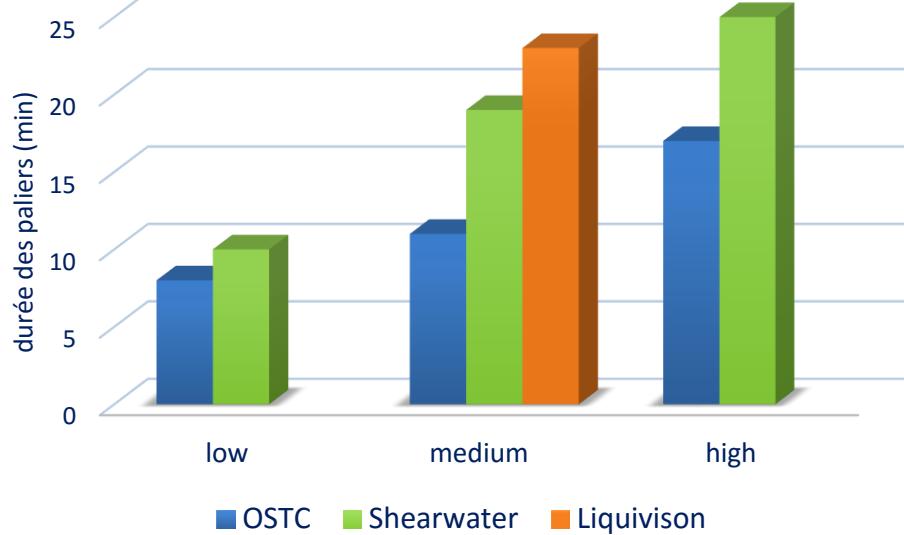


Figure 7 : comparaison des durées de paliers pour une plongée de 30 min à 30 m en modes loisir.

On constate sur les figures 6 et 7 que les modèles OSTC 2N et Shearwater Petrel proposent 3 réglages en plongée loisir, alors que le Liquivision Kaon n'en propose qu'un (recreational mode). Les valeurs pour une même gamme de durcissement sont assez différentes, en particulier les valeurs de palier lors d'une plongée de 30 minutes à 30 mètres (en mode medium, respectivement 11, 19 et 23 minutes pour les modèles OSTC, Shearwater et Liquivision), alors que l'OSTC en mode high affiche 17 minutes. Le plongeur qui voudra utiliser ce type d'ordinateur en mode loisir aura donc intérêt à choisir son mode en connaissance de causes.

Les modes loisir prédéfinis dans les ordinateurs tek peuvent engendrer des valeurs différentes de palier : 11 à 23 minutes pour un mode « medium » pour 30 minutes à 30 m.

II.3.3 Quatre plongées loisir sur deux jours

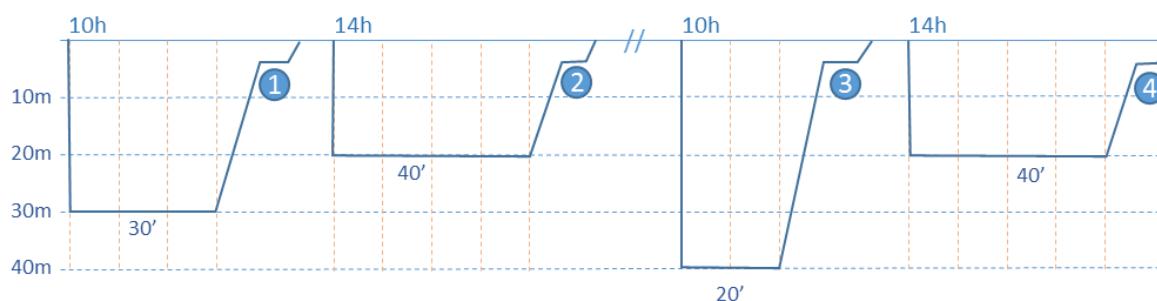
L'idée de cette étude était de comparer plusieurs ordinateurs sur un stage de plongée d'un week-end. Le choix de ces profils a été orienté par l'article sorti dans *Plongeurs International* en juin 2015. En effet, cet article étant paru tout au début de mes essais, je me suis dans un premier temps imaginée récupérer les données et les compléter en ajoutant quelques modèles de mon choix. L'autorisation d'utiliser les données tardant à venir, j'ai finalement choisi de reproduire les mesures sur les modèles en ma possession. Je n'ai cependant pas pu comparer les mêmes modèles que dans l'article publié.

Il est à noter que les mesures prises en compte dans l'article de *Plongeurs International* sont différentes. En effet, les auteurs ont choisi de comparer les durées totales de remontées et de comparer ainsi des temps comprenant ou non des paliers profonds et des paliers de sécurité. Or, comparer les DTR dans ces conditions peut rajouter de façon artificielle 5 minutes de palier par plongée (2 minutes de palier profond et 3 minutes, voire 5 minutes, de palier de sécurité entre 5 et 3 mètres), soit une différence de 20 minutes pour quatre plongées !

J'ai donc choisi, comme précisé dans le mode opératoire, de comparer uniquement la durée des paliers obligatoires.

II.3.3.1 Représentation des plongées

Les quatre plongées ont été réalisées en caisson selon le schéma suivant :



Les données analysées sont les sommes des paliers 1+2+3+4.

II.3.3.2 Résultats

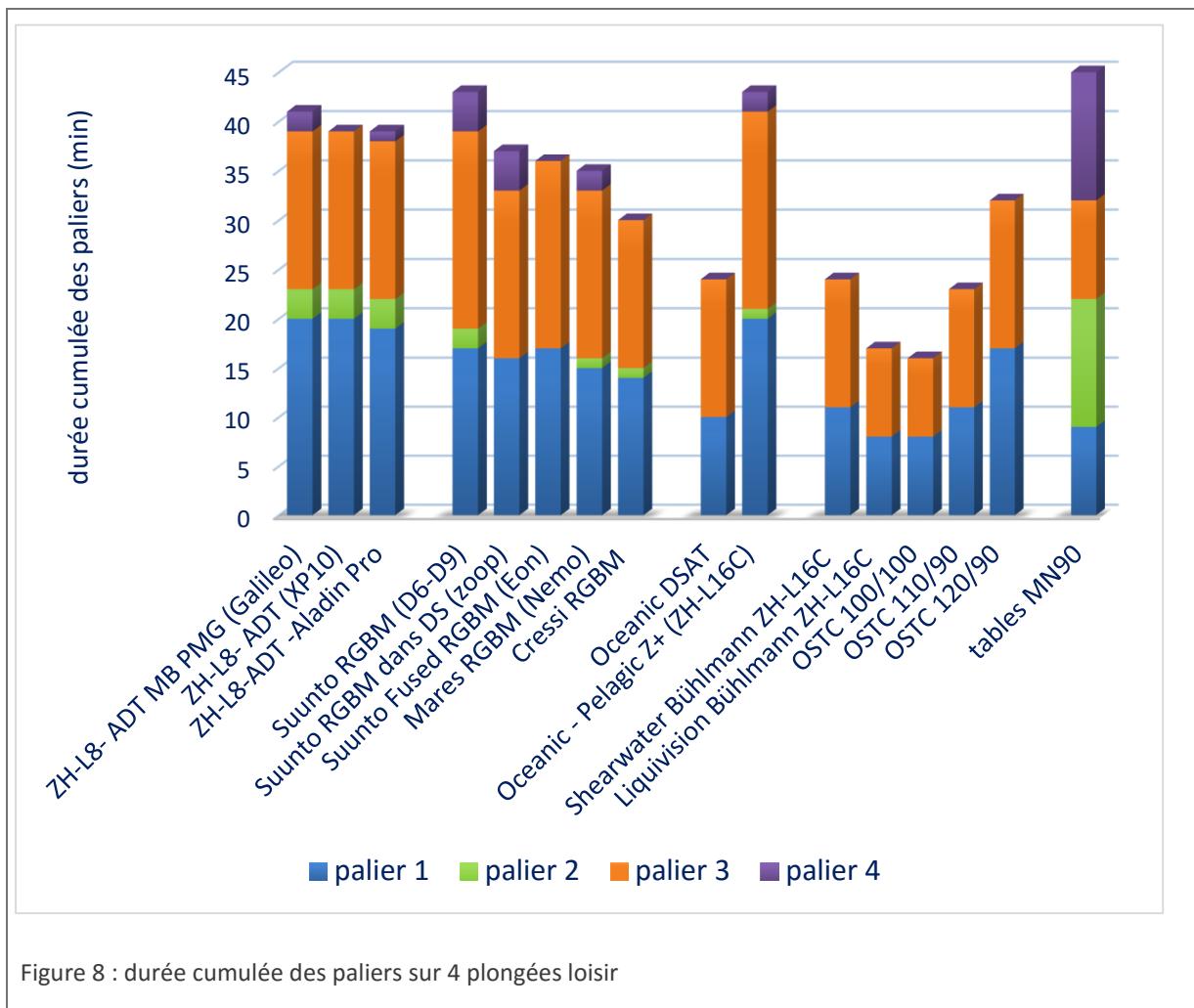


Figure 8 : durée cumulée des paliers sur 4 plongées loisir

On constate sur la figure 8 que les durées de palier avec les ordinateurs classiques sont assez proches. On voit également que pour les modèles RGBM Suunto et Mares - ça n'est pas vrai pour le Cressi - les paliers s'allongent au fur et à mesure (en particulier sur la plongée de 40 minutes à 20 mètres). Ceci signifie donc que sur des séjours plus longs, la différence entre les modèles risque de s'accentuer.

Le modèle Oceanic engendre nettement plus de palier avec le système Pelagic Z+ qu'avec le système DSAT. Rappelons que ce dernier réglage est censé être utilisé sur des plongées non saturantes et qu'il n'est probablement pas judicieux de le comparer aux autres, sauf pour démontrer que l'utiliser en mode palier n'est pas la meilleure chose à faire.

Par ailleurs, les ordinateurs tek utilisés en réglages de base donnent des paliers plutôt inférieurs, ce qui, encore une fois, démontre que plonger avec ces ordinateurs nécessite d'avoir intégré un minimum d'informations à propos des réglages.

Enfin, on note que le profil obtenu avec les tables MN90 est très différent, puisque les paliers de l'après-midi sont beaucoup plus importants (13 minutes de palier dues aux 17 minutes de majoration). Mélanger les différents modes de désaturation n'est donc pas si évident, puisque le fait de mixer les palanquées obligera le détenteur de tables à faire nettement plus de palier à l'issue des

plongées du matin (11 minutes de plus le 1^{er} matin et 6 minutes de plus le 2^{ème} matin, s'il plonge avec un possesseur de Galileo), ce que sa table ne saura peut-être pas gérer.

Pour quatre plongées, on passe de 30 à 43 minutes de palier obligatoire selon les modèles.

Pour être équivalents, les modèles tek doivent être durcis.

[II.3.3.3 Conclusions](#)

Ce chapitre nous montre que si les valeurs des courbes de sécurité ne sont pas très différentes entre les modèles ou dans les modes de durcissement, il existe des différences significatives pour les durées de palier. De plus, cumuler des plongées entraîne des différences qui finissent par ne pas être négligeables. Or, le mode de planification étant assez peu utilisé et de surcroit, limité à la courbe de sécurité pour une gamme d'ordinateurs, cela signifie que les plongeurs ne s'attendent pas forcément à ces différences et aux implications en termes de cohésion de la palanquée. On met en évidence que la gestion de la plongée et de l'enseignement sera différente si l'on est dans le cas de plongées avec paliers ou si on se place dans une situation de plongées sans paliers.

[II.3.4 Analyse d'un stage technique](#)

Cette partie de l'étude a pour objectif de comparer en réel des ordinateurs différents lors d'un stage technique. En effet, on sait par exemple que le dépassement des vitesses de remontée entraîne l'augmentation de paliers pour certains modèles, mais on ne sait pas dans quelles mesures. Le fait de comparer un stage avec ou sans RSE m'a paru également intéressant, à l'heure où une discussion est ouverte sur le devenir de cette épreuve.

[II.3.4.1 Principes de l'étude](#)

Pour les plongées d'enseignement, l'avantage du système était de pouvoir mesurer les vitesses, en particulier la vitesse de remontée.

J'ai donc reproduit un stage de 5 jours type guide de palanquée comparant deux séries :

1^{ère} série

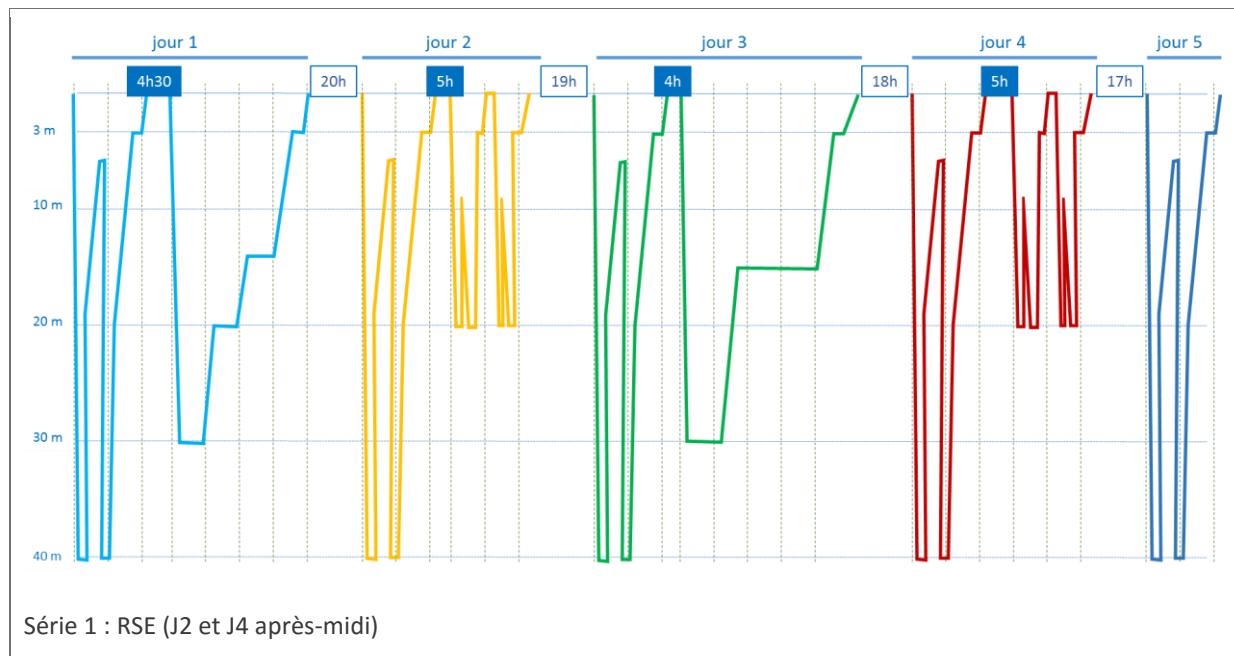
- ✓ Tous les matins, une plongée à 40 mètres avec deux remontées de 40 mètres (on représente deux élèves, on emmène un seul élève à la fois, on récupère le deuxième élève à 6m sans faire surface). Les deux élèves restent environ 5 minutes à 40 mètres, font une assistance trop rapide entre 40 et 20 mètres, puis une assistance mieux contrôlée entre 20 et 6 mètres.
- ✓ En alternance l'après-midi : une plongée « conduite de palanquée » avec une immersion à 30 mètres sans palier, une plongée RSE, mimant l'encadrement de deux élèves (l'un après l'autre, avec retour en surface à chaque fois) et pour chacun un décollage de 20 à 10 m, puis une remontée complète de 20 à 3 mètres. Dans les deux cas, les remontées sont trop rapides (environ 20 m/min, soit 50 secondes de remontée).

2^{ème} série

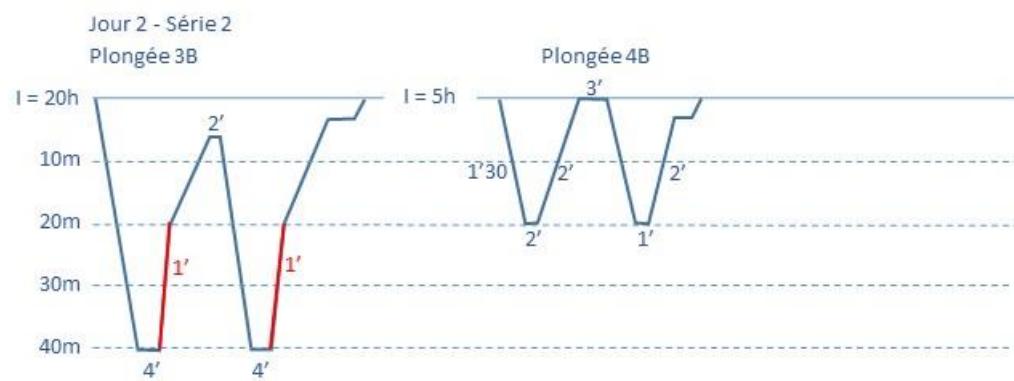
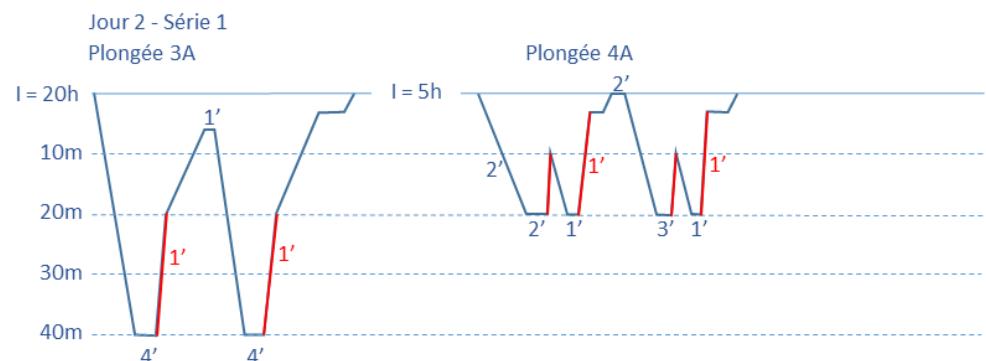
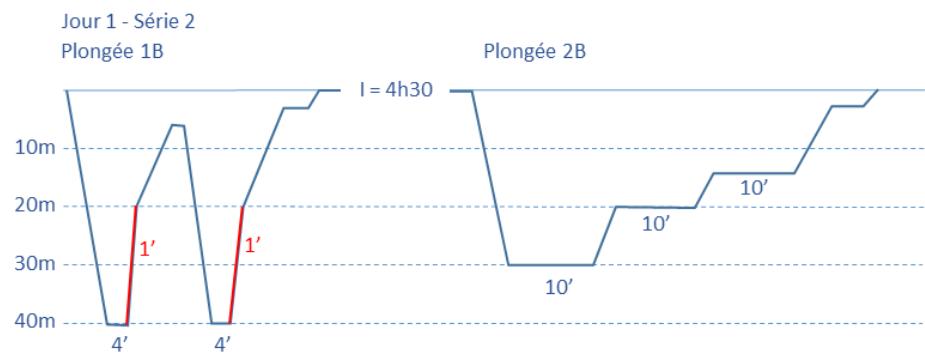
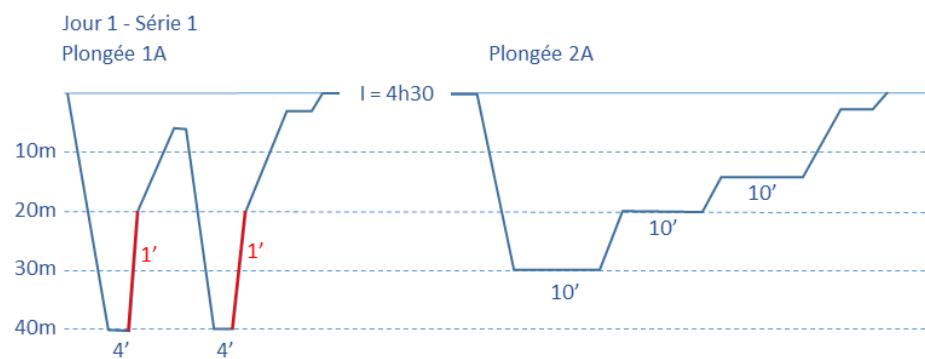
- ✓ Idem pour les plongées du matin.
- ✓ L'après-midi, en alternance une plongée « conduite de palanquée » avec une immersion à 30 mètres sans palier et une plongée « remontée contrôlée », représentant l'encadrement de deux élèves (l'un après l'autre, avec retour en surface à chaque fois) et pour chacun une remontée à vitesse normale de 20 à 3 mètres.

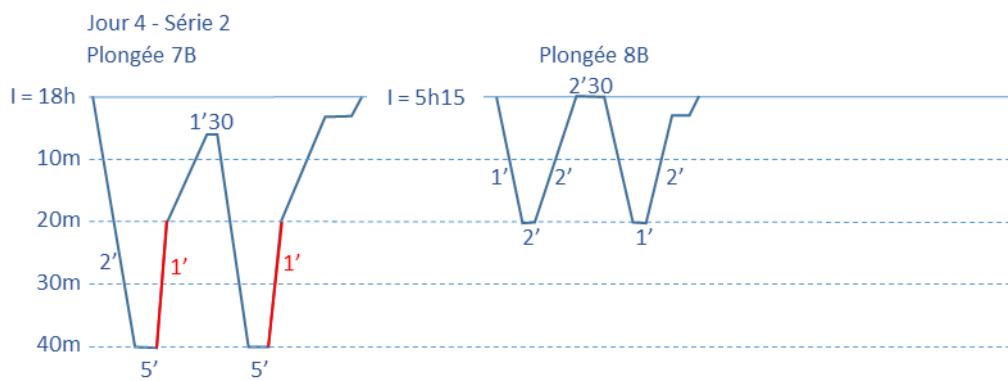
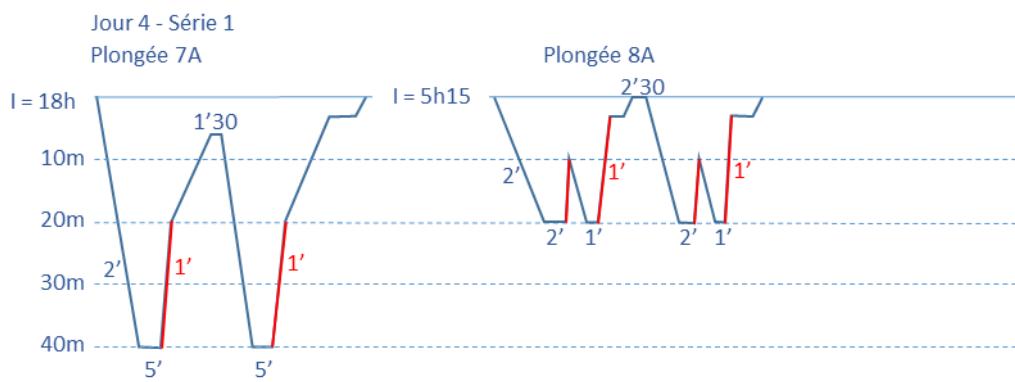
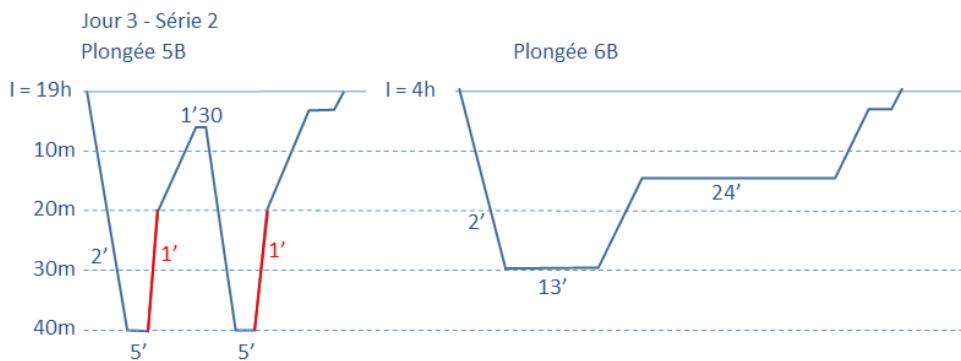
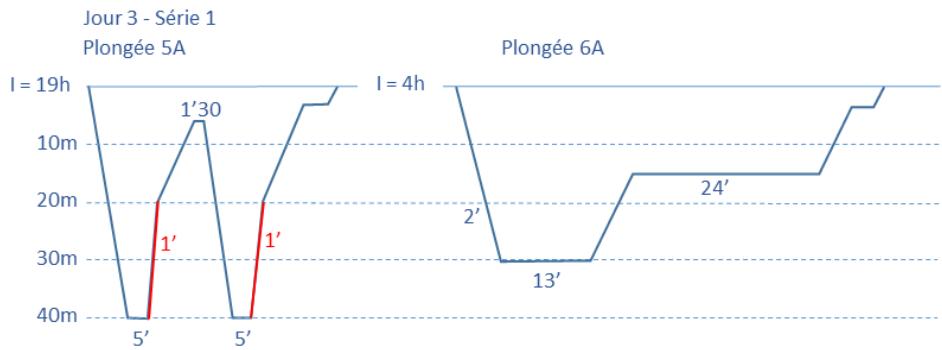
II.3.4.2 Représentation des plongées

Représentation du stage de 5 jours



Détails par journée (les remontées rapides sont notées en rouge)

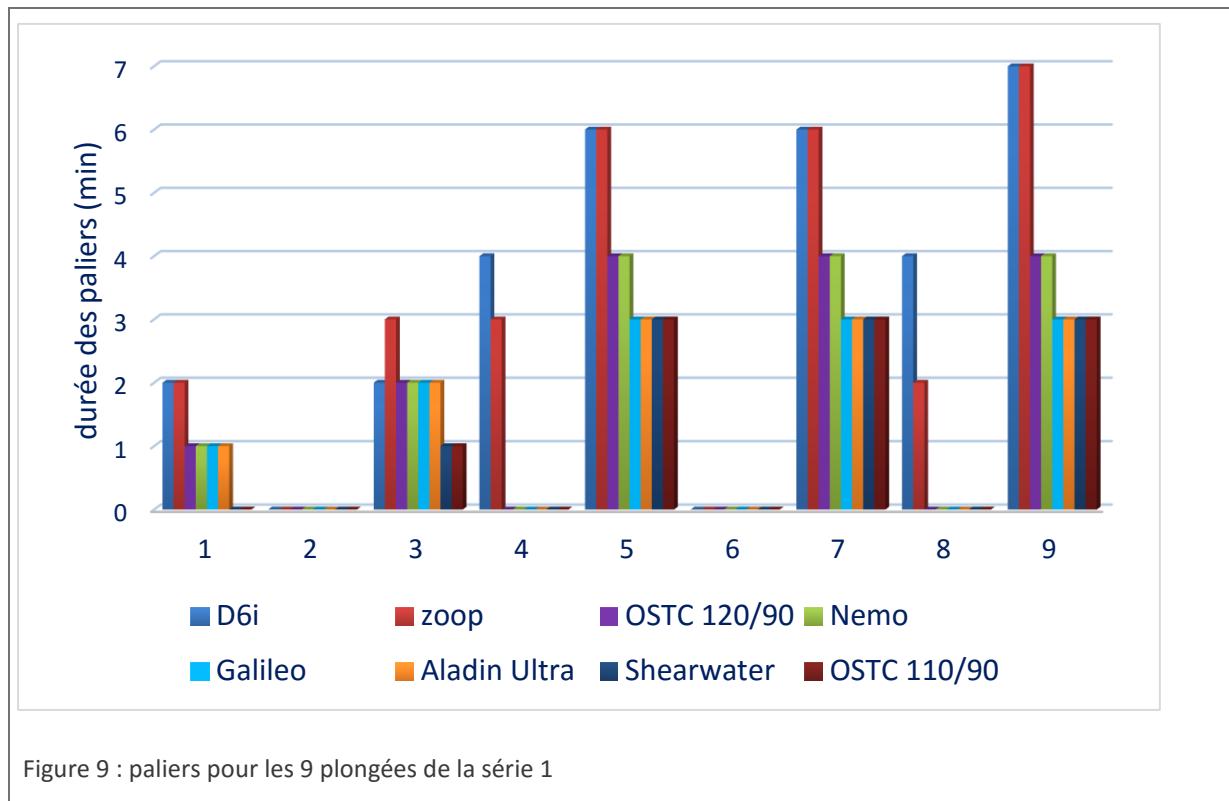




Jour 5 - Série 1 & 2
Plongée 9A & 9B



II.3.4.3 Analyse des résultats



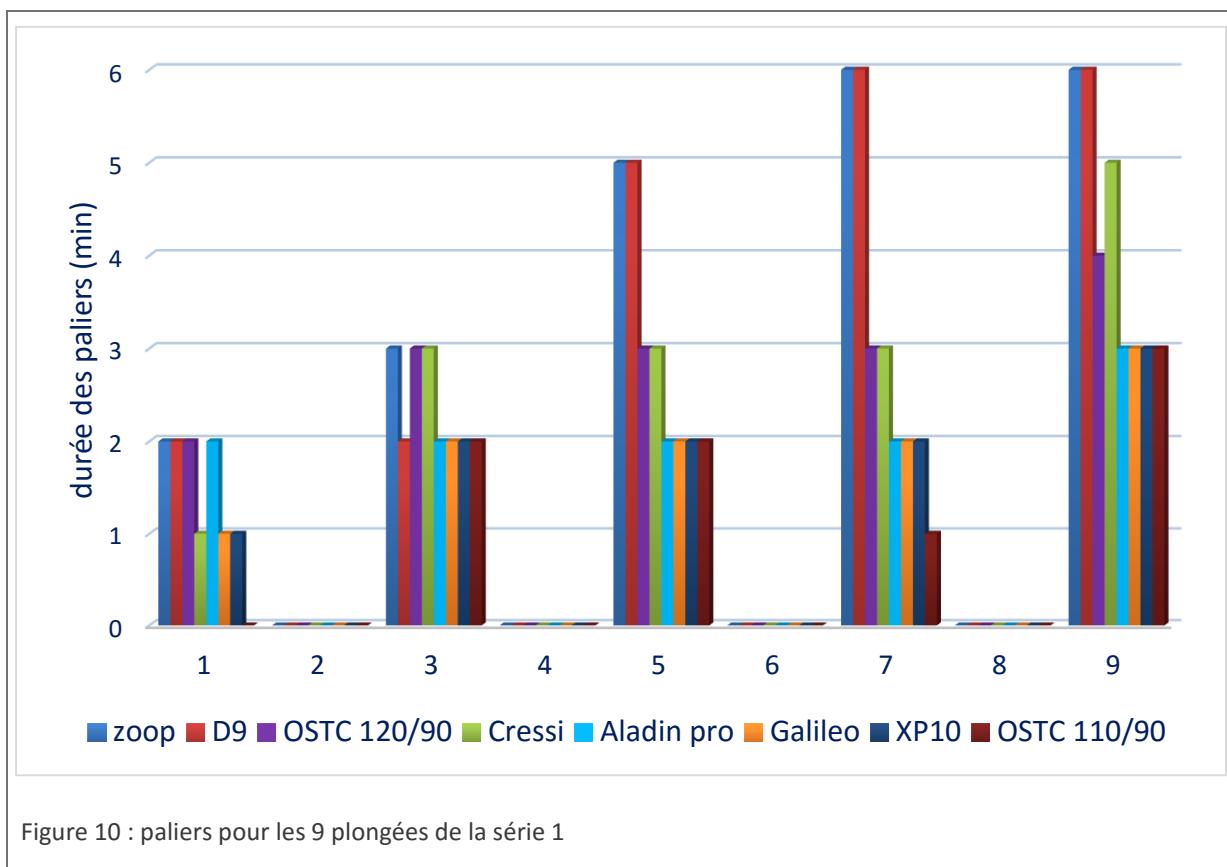


Figure 10 : paliers pour les 9 plongées de la série 1

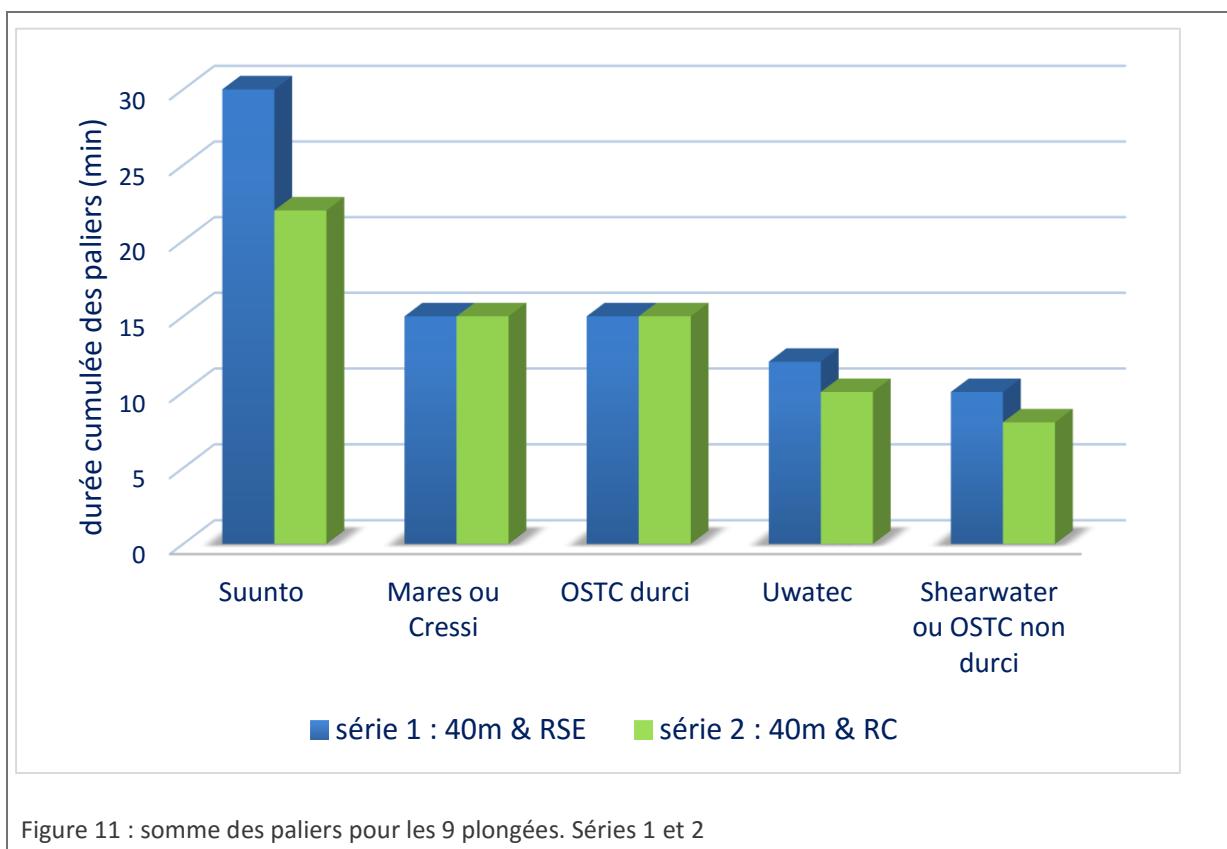


Figure 11 : somme des paliers pour les 9 plongées. Séries 1 et 2

On constate plusieurs points :

- ✓ Les modèles Suunto (Zoop, D6 et D9) affichent presque systématiquement plus de palier que tous les autres modèles (RGBM ou pas), jusqu'à 3 minutes supplémentaires.
- ✓ Pour les modèles RGBM, le dépassement de la vitesse de remontée lors des plongées RSE augmente de façon significative les paliers (on passe de plongée sans palier pour les remontées contrôlées à 2 à 4 minutes de palier obligatoires pour les modèles Suunto). Le modèle Nemo se met en mode profondimètre si la fonction « fast » n'est pas désactivée.
- ✓ Les paliers des plongées à 40 m augmentent au fur et à mesure des jours, avec des variations différentes en fonction des modèles. Pour tous les modèles, les paliers des plongées à 40 m sont augmentés d'une minute si la vitesse de remontée lors de la plongée de la veille était rapide (série 1 versus série 2).

Durant 5 jours, on passe de 12 à 30 minutes de paliers obligatoires en fonction des ordinateurs pour la série avec RSE et de 10 à 22 minutes pour la série avec remontées contrôlées.

Avec des ordinateurs tek, les valeurs sont légèrement inférieures pour des réglages recommandés (10 minutes pour la série avec RSE, 8 minutes pour la série avec remontées contrôlées) et équivalents pour des réglages durcis (15 minutes pour les deux séries).

III. LA PRATIQUE DE LA DESATURATION AUJOURD'HUI

III.1 Quelques constats

Dans la pratique quotidienne de la plongée loisir, un des constats évidents est que les plongeurs achètent de plus en plus facilement et de plus en plus tôt un ordinateur.

Plusieurs points peuvent expliquer ce fait :

- ✓ le coût relativement réduit de cet instrument, ajouté au fait qu'un ordinateur ne coûte pas beaucoup plus cher qu'un profondimètre électronique ;
- ✓ le fait que la location d'un ordinateur n'est pas toujours simple (peu de structures ou de clubs proposent suffisamment d'ordinateurs pour satisfaire les plongeurs). Par contre, la location ou l'emprunt au club du reste du matériel (gilet, détendeur, voire combinaison) est généralement assez simple. Le plongeur va donc tout naturellement investir d'abord dans un ordinateur ;
- ✓ le fait que la plongée à l'ordinateur s'est largement généralisée et qu'elle est plus adaptée à des plongées multi-profondeurs.

Le deuxième constat qu'on peut faire est que de moins en moins de plongeurs utilisent des tables de plongée et même que de moins en moins de plongeurs ont sur eux une table de plongée. Les générations de jeunes plongeurs raisonnent globalement en ne voyant pas l'intérêt de posséder quelque chose dont ils ne se servent pas. Si on réfléchit à ce point, il peut être finalement assez surprenant, puisque le coût d'un jeu de tables immergeables est très réduit et que tous les « anciens » plongeurs s'accordent à considérer les tables comme la meilleure, en tout cas la plus simple, redondance. On peut donc penser que l'intérêt des tables n'est pas explicite.

Le troisième constat est que le choix d'un modèle d'ordinateur par un plongeur dépend d'un certain nombre de facteurs, mais assez peu des caractéristiques techniques. Dans les points cités les plus fréquents, on peut noter :

- ✓ le coût (pour un plongeur disposant de revenus moyens),
- ✓ la facilité d'utilisation (lecture, utilisations des menus),
- ✓ la facilité de maintenance (piles, ...),
- ✓ le look (couleurs, ...).

On note donc que l'aspect algorithme n'est pas dans les premiers critères de choix. Ceci peut signifier que globalement, les ordinateurs sont considérés comme sûrs, ce qui est assez rassurant. Cependant, un plongeur qui a les moyens pourra se faire plaisir en achetant un ordinateur high-tech avec un écran couleur, une batterie rechargeable, donc les mêmes éléments que ci-dessus (hormis le prix). Il ne s'intéressera pas davantage aux algorithmes et aux réglages, alors qu'il aura en mains un ordinateur très personnalisable.

Ce n'est que plus tard dans la vie du plongeur que le choix va éventuellement s'affiner avec des critères plus techniques (nombre de gaz pris en compte, choix de l'écran affiché, affichage de la vitesse de remontée) ou des critères de conception et de personnalisation pour les plus avertis.

Le plongeur loisir d'aujourd'hui achète son ordinateur assez tôt dans sa vie de plongeur, le choisit selon des critères non techniques et n'utilise pas de tables.

III.2 La pratique des plongeurs et des encadrants

Ce chapitre a pour objectif de lister les pratiques réelles actuelles des plongeurs loisir, des encadrants et des enseignants lors de plongées techniques.

Ce travail me permettra de reprendre ces données et de les comparer, dans la dernière partie de ce mémoire, aux contenus d'enseignement.

III.2.1 Les plongées loisir

III.2.1.1 Différents types de plongée « loisir »

Aujourd'hui concrètement, la plongée loisir se fait avec des ordinateurs. Ceux-ci sont utilisés par tous, plongeurs débutants ou expérimentés. On peut classer les différentes plongées réalisées par type :

- ✓ Une plongée carrée, avec remontée à la vitesse de l'ordinateur, généralement avec palier
- ✓ Une plongée multi-niveaux, souvent avec remontée lente, en général sans palier
- ✓ Plongées successives « classiques » (2 plongées par jour), mixant les plongées ci-dessus
- ✓ Plongées successives (jusqu'à 4 ou 5 par jour) sur plusieurs jours consécutifs, en général sans palier et au nitrox.

Regardons les caractéristiques de ces plongées et en quoi l'utilisation de l'ordinateur peut générer ou augmenter un risque (par rapport à une plongée aux tables).

- ✓ La plongée carrée : c'est *a priori* une plongée saturante, donc avec paliers. En termes de profil, pas de souci particulier, puisque l'ordinateur est plus contraignant que les tables. Le facteur cohésion de la palanquée est important. En effet, la palanquée pouvant comporter plusieurs moyens de désaturation, il sera respecté si les membres ont accepté de i) remonter à une vitesse différente de leur outil et ii) de faire plus de palier (en particulier de marquer un palier profond et de prolonger un palier obligatoire ou pas).
- ✓ La plongée multi-niveaux : elle est *a priori* organisée de façon à ne pas avoir de palier. Elle comporte souvent des remontées lentes (voire une unique remontée très lente) et est en général plus longue que la plongée carrée. Les deux points qui peuvent devenir critiques sont la gestion d'air et l'utilisation du système à sa limite (plongée en « borderline », soit toujours à la limite de l'affichage de palier).
- ✓ Les successives « classiques » cumulent les remarques des deux catégories ci-dessus. Le problème de la plongée « borderline » pourra être plus important si ce profil est adopté plusieurs jours de suite, sans qu'on sache pour autant comment évolue le risque.
- ✓ Les plongées successives avec intervalles courts sont pratiquées en mer chaude. Les conditions étant plus faciles (température, visibilité), le plongeur se pose tout à coup moins de questions et oublie les sacro saintes recommandations qu'il a pourtant bien intégrées (pas plus de 2 plongées par jour sans désaturation complète). Il applique juste la recommandation « les profondeurs doivent être décroissantes ». On retrouve en plus ici la culture du plongeur français, qui n'a aucun problème à faire des plongées avec palier. On arrive donc à des extrêmes du style 1^{ère} plongée à 40 m, 2^{ème} plongée à 30 m, 3^{ème} plongée à 20 m, le tout en limite de saturation, voire avec du palier... Le risque d'ADD est dans ce cas nettement augmenté.

III.2.1.2 Rajouter des contraintes pour augmenter sa sécurité

On constate que dans la pratique, le plongeur se rajoute des contraintes via des durcissements des procédures de désaturation. Ils peuvent être de plusieurs natures :

- ✓ Rallongement aléatoire du palier de sécurité. Par principe, on rallonge toujours le palier le moins profond, en se disant « que ça ne peut pas faire de mal » ;
- ✓ Marge de sécurité par rapport au temps restant sans palier augmentée (par exemple, le plongeur veille durant sa plongée à conserver un temps sans palier toujours supérieur à 20 minutes) ;
- ✓ Remontée lente ;
- ✓ Plongée au nitrox avec un réglage de l'ordinateur à l'air ;
- ✓ Durcissement en réglant l'ordinateur en mode altitude ;
- ✓ Durcissement en utilisant les réglages de l'ordinateur.

Ce qui est frappant dans ces utilisations, c'est qu'elles sont le plus souvent empiriques, rarement basées sur des connaissances réelles. Chaque pratique amène ses questions ou ses remarques :

- ✓ Rallongement du palier : combien de temps (n'y a-t-il pas une durée au-delà de laquelle le rajout de palier ne diminue plus le risque ?) ? Quelle profondeur ?
- ✓ Marge de sécurité sur le temps restant sans palier : cette pratique paraît sécurisante à partir du moment où le temps de marge est suffisamment long, en tout cas pas trop court (!), donc quel temps minimum ?
- ✓ Remontée lente : puisque l'ordinateur est basé sur des algorithmes avec des vitesses de remontées définies, l'ordinateur reste-t-il sûr dans ces conditions ?
- ✓ Respiration nitrox et palier à l'air : cette situation revient à augmenter le palier, mais ce n'est plus le plongeur qui décide du temps. Par ailleurs, est-il raisonnable de repasser ensuite à un réglage air ?
- ✓ Durcissement avec réglage altitude : même remarque que ci-dessus (certains durcissements d'ordinateur utilisent d'ailleurs des modes altitudes).
- ✓ Durcissement niveaux de microbulles : quel niveau choisir ? Peut-on revenir en arrière sur un même séjour ? Entre deux plongées d'un même jour ? Quelle sera l'influence réelle en termes de durée de palier ?

Quand on liste ainsi les pratiques, on a l'impression que le plongeur joue à l'apprenti sorcier en décidant lui-même des modifications, tout cela partant du principe « qu'il vaut mieux en faire plus que moins » (des paliers...).

Or, la désaturation n'étant pas une science exacte, personne n'est vraiment capable de répondre à ces questions. Comment pourra-t-on aborder ces questions au niveau de l'enseignement ?

III.2.1.3 La planification

Dans les plongées loisir, on constate que les plongeurs n'utilisent pas les modes planification de leurs ordinateurs, ou très rarement.

Le profil de plongée est plutôt subit en termes de réserve d'air (demi-tour à 120 bars, remontée à 70 bars,...), de temps de palier (remontée lorsqu'un des ordinateurs affiche 5 minutes de palier), ou de temps sans palier. Le plongeur n'a pas vraiment d'idée préconçue de sa durée de plongée par l'aspect désaturation, mais plutôt par les directives du DP.

Ce point est intéressant car cette planification est enseignée à l'aide des tables, au moins au niveau du Guide de Palanquée. S'il n'est pas utilisé en pratique, faut-il pour autant le supprimer de la théorie ?

III.2.2 Les plongées loisir avec du matériel tek

C'est une catégorie qu'il faut prendre en compte car le nombre de plongeurs loisir l'utilisant est en augmentation. En effet, le gros avantage de ces modèles est une lisibilité impressionnante, ce qui, pour nous - plongeurs vieillissant et presbytes - peut être un facteur très important.

Leur problème est qu'ils présentent beaucoup de choix quant aux réglages, puisque la plupart des modèles offrent la possibilité de choisir son modèle de désaturation et une gamme importante de facteurs de conservatisme (en particulier les réglages des facteurs de gradient).

Cependant, la plupart des modèles proposent aujourd'hui un mode « recreational » ou standard, nécessitant tout de même que le plongeur soit un minimum informé. Ces modèles sont rarement achetés par les plongeurs débutants d'une part parce qu'ils sont assez chers (toutefois pas beaucoup plus que certains modèles courants), mais surtout qu'on ne les trouve pas beaucoup dans les magasins de plongée.

Quant à l'encadrant, il doit en connaître l'existence et, idéalement, en avoir manipulé (les navigations dans les menus sont relativement intuitives).

III.2.3 Les plongées « tek »

Je ne m'étendrai pas sur cette catégorie car je vais considérer que les plongeurs tek ont une formation et qu'ils connaissent les algorithmes et les réglages utilisables (modèle à GF, modèles VPM, voire modèles probabilistes).

III.2.4 Les plongées d'encadrement

Les particularités de l'encadrant se résument en deux points :

- ✓ Il emmène des palanquées sans moyen de désaturation. Or ce point et les précautions qui doivent y être associées ne sont pas forcément abordés dans l'enseignement.
- ✓ Il lui est impossible de connaître tous les modèles d'ordinateur qu'il est susceptible de rencontrer dans sa palanquée.

III.2.5 Les plongées d'enseignement

On entend ici par plongées d'enseignement des plongées avec des remontées multiples (à partir de la formation PA20) et des vitesses de remontées qui peuvent être rapides (extraction de la zone profonde pour les remontées de 40 mètres, remontées trop rapides pour les RSE).

Aujourd'hui, les plongées d'enseignement sont dans la grande majorité des cas réalisées avec un ordinateur, dans des configurations relativement simples :

- ✓ Les paliers profonds sont désactivés ou non respectés,
- ✓ Les durcissements ne sont pas activés,

- ✓ Les paliers de sécurité sont souvent non respectés (en particulier lorsque la plongée comporte deux tours avec un retour en surface).

[III.2.5.1 Règles en vigueur](#)

La CTN ayant édité des recommandations en 2008, les pratiques ont évolué ces dernières années et il devient rare aujourd’hui de voir des plongées d’enseignement comportant plus de quatre remontées.

Voici les recommandations éditées en 2008 :

- ✓ 4 cycles maximum dans la zone des 20 mètres,
- ✓ 3 cycles maximum dans la zone des 20 à 30 mètres,
- ✓ 2 cycles maximum au-delà de 30 mètres,
- ✓ Pour les encadrants, 3 cycles maximum au-delà de 30 mètres et jusqu’à 40 mètres si plongée au nitrox.

Toutes ces limitations ne valent que dans des conditions de plongée usuelles. Elles peuvent être plus restrictives dans certaines conditions, par exemple :

- ✓ courant excessif
- ✓ faible visibilité
- ✓ eau froide
- ✓ méforme physique
- ✓ etc.

Précision : on appelle cycle une immersion jusqu'à la profondeur de travail suivie d'une remontée jusqu'à la zone de surface (espace proche), ce qui exclut les remontées partielles (départ fond, remontée jusqu'à mi-profondeur) ainsi que les procédures de sécurité

Une notion est ajouté lors de la CTN du 17 janvier 2009 : « Il appartient au Directeur de Plongée et aux formateurs d’analyser tous les paramètres de la plongée afin de mettre en place tout type d’atelier vertical dans les conditions adaptées d’organisation ».

[III.2.5.2 Le palier mi-profondeur](#)

Bien que ce palier soit une procédure décrite dans les tables fédérales, environ la moitié des plongeurs réalise un palier à mi-profondeur après une remontée rapide ou une plongée yo-yo gérée à l’ordinateur. On remarque que si cette procédure est régulièrement appliquée lors des stages techniques après une plongée à 20 m, elle l'est moins après une plongée à 40 m.

Cette pratique est considérée par ses partisans comme un élément de sécurité d'une part et comme un moyen de se protéger dans une société de plus en plus procédurière d'autre part. En effet, la jurisprudence nous apprend que s'il y a accident lors de remontées d'enseignement (donc anormales selon tous les modes d'emploi), l'expert se reposera sur les seules procédures écrites actuellement, qui correspond au palier mi-profondeur (mode d'emploi des tables fédérales FFESSM).

Deux points de vue s'affrontent sur cette pratique :

- ✓ Le palier mi-profondeur ne correspond à rien puisqu'il mélange deux systèmes ; il doit donc être supprimé, tout en ayant à l'esprit les conditions suivantes

- On interdit les remontées rapides lors des assistances (vitesse rapide autorisée pour s'extraire de la zone profonde, mais interdite dans les zones moins profondes)
 - Les plongées type RSE (qui sont toujours trop rapides) sont très courtes et non saturantes.
- ✓ Le palier mi-profondeur ne pose pas de problème en termes de gestion par l'ordinateur et permet de proposer une procédure en cas de remontée rapide.
- Ceci n'empêche d'ailleurs pas de limiter les remontées rapides.

Il serait intéressant que la fédération (FFESSM) s'accorde sur une procédure en cas de remontée rapide.

III.3 Le niveau de connaissance de l'ordinateur des plongeurs et des encadrants

Une chose est de connaître la pratique des plongeurs, une autre est d'analyser leurs degrés de connaissance des instruments et des concepts.

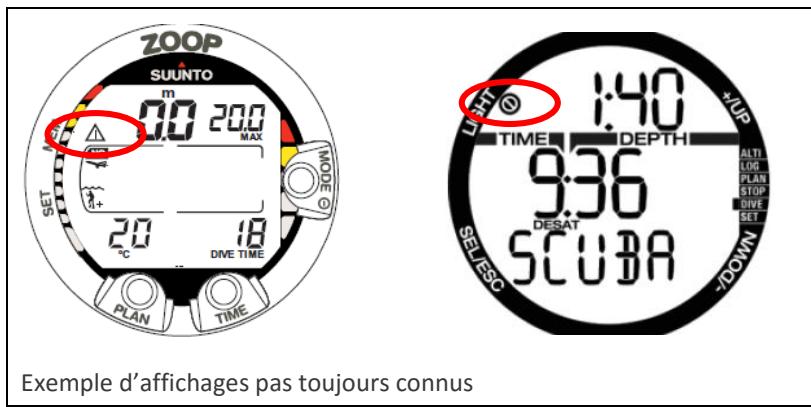
Les plongeurs lisent-ils les modes d'emploi ? Quand on compare le nombre de pages dans les différents modèles, on en conclut rapidement que même si certains plongeurs lisaient le mode d'emploi entier, il est vraisemblable qu'ils ne retiendraient pas toutes les informations. Ainsi, on trouve des notices allant de 15 à 134 pages. A noter que les gammes Liquivision proposent des versions normales et courtes de leurs manuels (exemple du Kaon avec une version courte de 18 pages).

Marque modèle	Subgear XP10	Subgear 3G	Scubapro Chromis	Uwatec Galileo	Uwatec Aladin Pro	Scubapro Aladin square	Beuchat Voyager 2G	
Nombre de pages	40	105	47	78	95	52	106	
<hr/>								
Marque modèle	Mares Nemo	Mares Puck	Mares con	Oceanic VTX	Oceanic Veo 3	Cressi Giotto	Cressi Leonardo	Cressi Newton
Nombre de pages	15	16	26	64	112	42	84	42
<hr/>								
Marque modèle	Suunto Zoop	Suunto vyper	Suunto D6	Suunto D9	Suunto Eon	Heinrich OSTC	Liquivision Kaon	Shearwater Petrel
Nombre de pages	122	131	120	134	86	44	107 (18)	65

III.3.1 L'affichage

De façon globale, on peut avancer que les plongeurs connaissent l'affichage principal de leur ordinateur.

Par contre, la signification de certains petits affichages peut avoir été oubliée, ou même jamais connue. Par exemple, comme représenté ci-dessous, les petits signes déconseillant les plongées successives.



III.3.2 Les limites d'utilisation

Les plongeurs connaissent en général quelques règles simples :

- ✓ profondeur plus importante au début d'une plongée,
- ✓ profondeur de la deuxième plongée (voire de la troisième) plus faible,
- ✓ éviter les yo-yo,
- ✓ pas de plongées «en « borderline ».

Ce qu'ils savent moins bien et qui n'est pas forcément abordé, ce sont les définitions plus précises de ces limites. De fait, il n'est pas rare que l'on observe des plongeurs qui pensent qu'ils ne prennent pas de risque juste en respectant le fait que la profondeur de la 2^{ème} plongée est inférieure à celle de la 1^{ère} (et réflexion équivalente entre la 3^{ème} et la 2^{ème} plongée). Cette idée a été développée également dans le paragraphe sur les pratiques § III.2.1.1 page 33).

De même, s'ils savent que les plongées yo-yo sont proscrites, ils les réalisent sans trop rechigner, un peu comme un mal nécessaire.

III.3.3 Les réglages, options, variantes

Si on peut considérer que les plongeurs (qui ont à peu près lu leur mode d'emploi) savent que leur ordinateur peut être durci, ils n'ont généralement aucune idée des conséquences de durcissement en termes de temps de désaturation.

Ils savent également en théorie qu'un palier profond est facultatif, qu'un palier de sécurité n'est pas obligatoire, mais ils ont du mal, dans la pratique, à ne pas les suivre.

III.3.4 Les modèles

On peut, sans s'avancer beaucoup, considérer que les plongeurs actuels ne connaissent pas les modèles qui régissent leur ordinateur. Ils commencent à s'y intéresser éventuellement au moment du Guide de Palanquée et n'y sont contraints qu'au moment de préparer le MF2.

III.4 Conclusion

Ce chapitre met en évidence que le plongeur loisir peut utiliser son ordinateur de façon très simplifiée puisque les affichages simples (profondeur, durée de la plongée, temps sans palier, durée de la remontée) lui suffisent dans sa pratique. Parallèlement, l'utilisation des ordinateurs depuis une vingtaine d'années n'a pas mis en évidence d'augmentation d'accidents de désaturation, incitant donc à dire que la pratique est satisfaisante.

Pourtant, j'ai montré que les plongeurs ne connaissent pas leur outil, alors que les différences de modèles et de réglages peuvent entraîner des écarts non négligeables dans les durées de palier. De plus, certaines pratiques, si elles ne s'accompagnent pas d'un minimum de compréhension, peuvent aboutir à des comportements risqués, voire accidentogènes.

IV. L'ENSEIGNEMENT DE LA DESATURATION

On s'accorde pour constater que *le plongeur loisir d'aujourd'hui achète son ordinateur assez tôt dans sa vie de plongeur, le choisit sur des critères non techniques et n'utilise pas de tables (qu'il n'a de toute façon pas sur lui)*. On peut même ajouter qu'il ne lit pas (ou peu) le mode d'emploi de son instrument.

L'enseignement de la désaturation a évolué ces dernières années pour prendre en compte l'utilisation des ordinateurs dans la pratique.

Cependant, cet enseignement reste basé encore aujourd'hui sur l'utilisation, au moins théorique, des tables de plongée. Si le plongeur d'aujourd'hui n'utilise plus les tables, il n'a pas de raison de les étudier pendant son cursus. Or, travailler sur les tables et leur genèse apportait des éléments qu'il n'est peut-être pas intéressant de conserver. Comment alors remplacer le savoir inculqué grâce aux tables ?

De plus, le fait qu'il n'y ait pas de caractère dangereux à l'utilisation actuelle des ordinateurs justifie-t-il que les plongeurs et les encadrants ne connaissent pas leur outil ? Dans quelle mesure et à partir de quels niveaux est-il intéressant d'approfondir la connaissance de l'outil et les conséquences des différents réglages ?

Pour tenter de répondre à ces questions, je ferai dans les paragraphes suivants un état des lieux de l'enseignement fédéral (FFESSM) de la désaturation à ce jour, puis je mettrai en avant ce qui me paraît correspondre ou non à la pratique.

Je proposerai ensuite des évolutions dans les cursus de formation.

Enfin, je pointerai des situations ou des éléments qui seraient modifiés si l'enseignement des tables disparaissait, regarderai si ces éléments seront toujours utiles et préciserais les points à développer.

IV.1 L'enseignement actuel – lecture du MFT

IV.1.1 Le contenu général du MFT- organisation en compétences

Les modifications récentes ont perturbé quelque peu nos habitudes et nos organisations.

Le tableau ci-dessous permet de recaler compétences et niveaux de plongeurs. Les cases du PE12 sont grises car il n'y a pas, pour l'instant, de description par compétences dans le MFT.

Compétence	PE12	PA12	N1	PA20	PE40	N2	PA40	PE60	N3
Utiliser l'équipement de plongée	C1		C1		C1	C1		C1	
Evoluer en environnement aquatique et subaquatique	C2		C2		C2	C2		C2	

Compétence	PE12	PA12	N1	PA20	PE40	N2	PA40	PE60	N3
Evoluer en palanquée guidée	C3		C3		C3	C3		C3	
Planifier et organiser la plongée en autonomie		C1		C1		C4	C1		C1
Maitriser, adapter l'évolution en immersion		C2		C2		C5	C2		C2
Participer à la sécurité en plongée	C4	C3	C4	C3	C4	C6	C3	C4	C3
Choisir un site de plongée									C4
Connaître et respecter l'environnement marin	C5	C4	C5	C4	C5	C7	C4	C5	C5
Connaissance en appui des compétences	C6	C5	C6	C5	C6	C8	C5	C6	C6

IV.1.2 Extraction des capacités concernant la désaturation

Les tableaux suivants présentent des regroupements de compétences qui abordent des capacités concernant la désaturation. J'ai trié les niveaux de plongeurs encadrés d'une part, de plongeurs autonomes d'autre part et souligné en jaune les termes se rapportant directement à la désaturation ou aux moyens utilisés. En bleu sont soulignées les différences à noter entre les niveaux.

IV.1.2.1 Extraits du MFT – plongeurs encadrés

Compétences	Savoirs/Savoir-faire/Savoir être	Critères de réalisation	Techniques/Commentaires/Limites
Utiliser l'équipement de plongée	Tester, vérifier le fonctionnement de l'équipement.	Contrôle le bon fonctionnement. Signale au GP ou à un responsable tout dysfonctionnement.	A partir du PE40 : outils de décompression, etc.

Compétences	Savoirs/Savoir-faire/Savoir-être	Critères de réalisation	Techniques/Commentaires/Limites
Participer à la sécurité en plongée	Connaître les risques de l'activité et leur prévention.	Cite pour lui les mesures de prévention des incidents courants ainsi que les principales procédures de sécurité à appliquer (prévention des principaux incidents, règles d'évolution, règle en cas de perte de la palanquée, etc.).	
	Appliquer les procédures de sécurité.	Remonte à vitesse normale vers la surface en cas de perte de la palanquée, effectue les paliers éventuels	Le respect des règles est indispensable à la sécurité de la plongée.
Connaissances en appui des compétences	Rôles, montage, vérifications, entretien courant, règles d'hygiène et réglementation éventuelle de l'équipement individuel du plongeur.	Teste son fonctionnement (détendeurs, gilet). Identifie les dysfonctionnements et le matériel hors d'état et le signale	L'approche doit rester pragmatique et orientée « utilisateur ».
	Procédures de décompression	N1 : Cite les conditions d'utilisation de base de l'ordinateur, des tables et les applique. Connaît la courbe de plongée sans palier.	L'approche doit rester pragmatique et orientée « utilisateur » et limitée aux plongées réalisables dans le cadre de ses prérogatives.
		PE 40 et PE60 Connaît et applique les procédures de décompression (ordinateur – tables) normales et lors de remontées anormales. Sait paramétriser son ordinateur. Connaît la courbe de plongée sans palier.	L'approche doit rester pragmatique, orientée « utilisateur » et limitée aux plongées réalisables dans le cadre de ses prérogatives. Mode planification et conservatisme.
	Risques de l'activité, mesures de prévention et	N1. Cite les principaux risques et sait expliciter les mesures de prévention à mettre en œuvre par lui-même.	Rester à des notions de physique correspondant à une pratique de niveau 1.

Compétences	Savoirs/Savoir-faire/Savoir-être	Critères de réalisation	Techniques/Commentaires/Limites
	bonnes pratiques.	<p>PE40 et PE60Sait calculer une quantité d'air disponible et déterminer les paramètres d'une plongée.</p> <p>Cite les principaux risques et sait expliciter les mesures de prévention à mettre en œuvre par lui-même.</p>	Rester à des notions de physique correspondant à la pratique.

IV.1.2.2 Le tronc commun pour l'enseignement – plongeurs encadrés

- ✓ Quel que soit le moyen de désaturation, le plongeur connaît dès le niveau 1 (PE12 ?), le risque d'ADD et sait comment le prévenir.
- ✓ Il connaît, dès le niveau 1 (PE12), les règles à appliquer en cas de perte de palanquée, il sait remonter seul à une vitesse normale et effectuer des paliers éventuels.
- ✓ A partir du PE40, il détermine les paramètres d'une plongée, et ce en relation avec une quantité d'air disponible.

IV.1.2.3 Connaissance et utilisation des tables - plongeurs encadrés

- ✓ Le plongeur niveau 1 cite et applique les conditions de base d'utilisation des tables ; il connaît la courbe de sécurité.
- ✓ Dès le PE40, le plongeur connaît et sait appliquer les procédures de décompression normales ou anormales à la table.

IV.1.2.4 Connaissance et utilisation des ordinateurs - plongeurs encadrés

- ✓ Le plongeur niveau 1 (PE12) cite et applique les conditions de base d'utilisation de l'ordinateur.

Dès le PE40,

- ✓ Le plongeur est capable de contrôler le bon fonctionnement de son ordinateur, il sait signaler au guide de palanquée tout dysfonctionnement.
- ✓ Il connaît et sait appliquer les procédures de décompression normales ou anormales ; il sait paramétriser son ordinateur (mode planification et conservatisme).

IV.1.2.5 Extraits du MFT – plongeurs autonomes

Compétences	Savoirs/Savoir-faire/Savoir être	Critères de réalisation	Techniques/Commentaires /Limites
Planifier et organiser la plongée en autonomie	Comprendre et respecter les directives du DP.	<p>Identifie sans ambiguïté dans les directives du DP les paramètres définissant zone et conditions d'évolution.</p> <p>Respecte les paramètres du DP pour décider du profil de la plongée avec les équipiers.</p>	Utiliser la reformulation, par les équipiers, des consignes reçues.
	Prendre mutuellement connaissance de l'expérience, de l'équipement et des attentes de chaque membre de la palanquée.	S'informe du fonctionnement de l'outil de décompression des équipiers	
	Décider (dans le respect des directives du DP) du profil de la plongée, des procédures d'immersion, de descente et de remontée, et prévoir les variantes utiles.	<p>Prend en compte les outils de décompression en présence ainsi que les procédures de décompression éventuellement nécessaires et décide du protocole de décompression avec ses équipiers.</p> <p>S'assure de l'autonomie en air en fonction de la plongée planifiée.</p>	<p>Le plongeur doit connaître la nature des informations à donner et à recueillir pour planifier la plongée selon les différents types d'outils de décompression des membres de la palanquée, la charge d'azote résiduel et la majoration initiale des plongeurs, le choix de la gestion de la plongée (sans palier ou avec une durée limite de paliers, etc.).</p> <p>Les décisions sont prises collectivement.</p>

Compétences	Savoirs/Savoir-faire/Savoir être	Critères de réalisation	Techniques/Commentaires /Limites
Maitriser, adapter l'évolution en immersion	Appliquer les bonnes pratiques d'évolution en immersion et les procédures définies.	<p>Surveille régulièrement ses équipiers et les informe de l'atteinte des paramètres prédéfinis sur le plan de la décompression.</p> <p>Respecte les procédures de décompression (vitesses de remontée, paliers, cohésion de la palanquée).</p> <p>Connait les profils de plongée « à risques » et les évite (profondeur maximale en début de plongée, pas de « yoyo », pas de plongées répétitives, etc.).</p>	<i>La cohésion de la palanquée doit être un critère prioritaire</i>
Participer à la sécurité des équipiers	Se rappeler les mesures de prévention des risques avant l'immersion.	<p>Cite les mesures de prévention des ADD ainsi que les principales procédures de sécurité à appliquer en cas de perte de la palanquée, remontée lente, rapide, paliers interrompus, etc.</p>	Au fur et à mesure de sa formation, le plongeur doit assimiler les règles de sécurité qu'il est susceptible d'appliquer.
	Réagir individuellement et collectivement aux situations anormales ou potentiellement dangereuses.	<p>- Réalise une procédure de décompression et d'arrivée en surface compatible avec l'urgence de la situation et la préservation de la sécurité.</p>	La vitesse de remontée peut être légèrement supérieure aux vitesses variables des différents outils de décompression, en fonction de la profondeur, et tout au long de la remontée.
Choisir un site de plongée spécifique N3	Planifier et organiser la plongée en l'absence d'un DP.	<p>Elabore avec ses équipiers la fiche de sécurité et les paramètres de plongée.</p> <p>Définit avec ses équipiers le protocole de décompression de la palanquée retenu en fonction des outils en présence.</p>	<p>Le plongeur N3 doit connaître ces différentes procédures et les appliquer sans difficulté ni stress.</p> <p>Les décisions sont prises collectivement.</p>

Compétences	Savoirs/Savoir-faire/Savoir être	Critères de réalisation	Techniques/Commentaires /Limites
Connaissances en appui des compétences	Rôles, montage, vérifications, entretien courant, règles d'hygiène et réglementation éventuelle de l'équipement individuel du plongeur.	Identifie les dysfonctionnements et le matériel hors d'état et le signale.	L'approche doit rester pragmatique et orientée « utilisateur ».
	Causes, symptômes, prévention et conduite à tenir pour l'ensemble incidents, accidents et risques pouvant survenir dans le cadre de l'autonomie.	Utilise ces connaissances en pratique de façon pertinente. Cite ces différents éléments sans erreur et de manière exhaustive.	Le plongeur n'a pas à connaître les mécanismes fins ni les traitements qui suivront.
	Outils et procédures de décompression, autonomie et planification d'une plongée.	<p>Sait utiliser une table de plongée pour les conditions correspondant à la pratique : plongées simples, consécutives, successives, procédures de remontées异常 (lente, rapide, paliers interrompus).</p> <p>Cite les principales caractéristiques des différents outils (tables, ordinateur), les principes d'utilisation et de mise en œuvre en pratique.</p> <p>Détermine des paramètres de plongée préservant des marges en gaz respirable.</p>	<p>Les problèmes de plongée doivent être réalistes.</p> <p>L'exactitude du raisonnement et du résultat sont importants, la rapidité est un critère secondaire.</p> <p>Une information sur la plongée Nitrox et la plongée en altitude peut être donnée (sans réalisation de problèmes).</p>

IV.1.2.6 Le tronc commun pour l'enseignement – plongeurs autonomes

- ✓ Le plongeur autonome décide du profil de la plongée en fonction des directives du DP (le niveau 3 en autonomie complète définit le protocole de désaturation).
- ✓ Il informe ses coéquipiers de l'atteinte des paramètres prédéfinis.

- ✓ Il respecte les procédures de décompression.
- ✓ Il connaît et évite les profils à risques.
- ✓ Il connaît la prévention et la conduite à tenir pour les ADD.
- ✓ Il sait assurer la cohésion de la palanquée.
- ✓ Il connaît les procédures à appliquer en cas de remontée rapide, perte de palanquée.
- ✓ Il réalise une procédure de décompression et d'arrivée en surface compatible avec l'urgence de la situation et la préservation de la sécurité.

IV.1.2.7 Connaissance et utilisation des tables – plongeurs autonomes

- ✓ Connaissance de la table, prise en compte de la majoration dans la désaturation.
- ✓ Connaissance des principes d'utilisation des tables, des procédures pour une plongée simple, consécutive, successive, remontées anormales (lente, rapide, palier interrompu).

IV.1.2.8 Connaissance et utilisation des ordinateurs – plongeurs autonomes

- ✓ Le plongeur autonome connaît les principales caractéristiques d'un ordinateur, ses principes d'utilisation et de mise en œuvre pratique.
- ✓ Il sait entretenir un ordinateur et identifier des dysfonctionnements.
- ✓ Le plongeur autonome s'informe des outils de décompression présents dans sa palanquée, sait les prendre en compte, il décide collectivement du profil de désaturation.

IV.2 Enseignement actuel – synthèse et confrontations avec la pratique

Une fois ce travail d'extraction établi, on peut comparer les acquis théoriques prévus dans la formation aux acquis réels au moment de la certification et aux acquis utilisés en pratique. Cela va nous permettre de trier plus facilement les éléments à faire évoluer.

Acquis prévus (MFT)	Acquis réels	Acquis utilisés	Remarques - avis
Le plongeur connaît le risque d'ADD et sait le prévenir - Facteurs favorisants - Respect vitesse de remontée - Respect paliers	Limitation des facteurs favorisants dès le PE12 (hygiène, apnée, avion,...) Vitesse de remontée dès le PE12 (lecture des instruments ou bulles)	Facteurs favorisants Ok Vitesse de remontée OK Les plongées avec paliers sont plutôt pratiquées à partir du PE40	les profils saturants et non saturants ne sont pas distingués dans les cursus

Acquis prévus (MFT)	Acquis réels	Acquis utilisés	Remarques - avis
Tables MN90 - condition d'utilisation Procédures et calculs tables	OK mais + théoriques que pratiques	Les tables ne sont pas utilisées en pratique	Suppression des tables ? Utilisation de tables simplifiées ? Tables uniquement pour plongées avec palier ? Apport uniquement de support pédagogique pour les plongeurs confirmés ?
Ordinateur – conditions d'utilisation	OK, mais assez théoriques et parfois éloignés de la pratique	Utilisé en multi-plongées (3/j) Borderline Utilisé en yo-yo (techniques) Moyen personnel : non respecté (palanquées N1 avec ordi encadrant)	
Planification : prévoir sa plongée en fonction de ses paramètres	Exercices de tables Peu d'outils pédagogiques développés pour l'ordinateur	Ce mode est peu utilisé – on raisonne plutôt en temps max de palier (décidé en surface sans planification)	Peut poser un problème en fonction des réglages des ordinateurs (conservatisme). Ce mode n'est pas accessible sur tous les ordinateurs (minimum commun = courbe de sécurité)
Ordinateur – conservatisme et réglages	Assez peu abordés	Conservatisme assez peu utilisé dans la pratique Réglages palier sécurité, palier profond	A quel moment du cursus faut-il les aborder?

Acquis prévus (MFT)	Acquis réels	Acquis utilisés	Remarques - avis
Ordinateur – connaissance des modèles des équipiers	En général abordé sur quelques modèles, seulement en théorie	Trop de modèles, trop d'évolution pour que cela soit possible	Connaissance de son propre ordi ? Mais jusqu'où ? Le problème peut être simplifié si on raisonne en plongées avec ou sans palier (tri + simple à faire)
Cohésion de la palanquée	Principe théorique enseigné (ou exercice plongée multi-déco tables et ordi)	Parfois difficile (paliers profonds ou de sécurité, vitesses de remontée différentes) → pas assez de discussion en amont	Problème compliqué car avis différents sur la question → enseignement hétérogène. Solution possible : une distinction plongées avec ou sans palier
Procédure perte de palanquée	Remontée avec son moyen de déco	OK	Pas de problème particulier.
Procédure panne d'ordinateur	Utilisation des tables ? Redondance ? Suivi d'un ordinateur de la palanquée ? Palier maximum ?	Rien de commun	Faut-il établir une procédure unique ?
Procédure remontée rapide	La procédure ordinateur n'est pas ou peu abordée dans l'enseignement. Procédure table : palier mi-profondeur	Ordinateur : la procédure dépend du modèle (va jusqu'à arrêt du système) La procédure tables est appliquée avec l'ordinateur	Faut-il établir une procédure unique ? (palier à la profondeur d'arrêt correspondant au temps de remontée normale) Suivre l'ordinateur : problème des ordinateurs où pas de conséquence Problème des ordinateurs qui se mettent en mode profondimètre

Acquis prévus (MFT)	Acquis réels	Acquis utilisés	Remarques - avis
Procédure remontée lente	Procédure table : temps remontée intégré dans le temps de plongée	Pas de remontée lente à l'ordinateur	+ simple si on distinguait plongée avec ou sans palier A aborder pour les remontées lentes si palier.
Procédure interruption de palier	Procédure table : palier interrompu repris au début	En général, on applique la procédure table à l'ordinateur	A clarifier. S'accorder sur une procédure ?

On se retrouve confronté à cinq problèmes principaux.

- ✓ La plongée tables n'est plus pratiquée.
- ✓ La planification (au sens lecture en amont sur l'ordinateur des paliers prévus) n'est pas utilisée.
- ✓ Il y a un écart significatif entre les règles théoriques d'utilisation d'un ordinateur et la pratique :
 - Les procédures « remontée rapide » utilisées mettent en jeu un mélange de désaturation aux tables et à l'ordinateur ;
 - L'ordinateur n'est pas toujours un instrument « strictement personnel » (l'encadrant l'utilise pour gérer la désaturation de toute la palanquée) ;
 - Les profils « borderline » sont pratiqués, ainsi que les plongées multiples.
- ✓ On n'enseigne pas de procédure « panne d'ordinateur ».
- ✓ On constate un écart entre théorie et pratique sur la cohésion d'une palanquée (et plus particulièrement sur le respect ou non des paliers profonds et des paliers dits de sécurité).

IV.3 Réflexion sur les compétences minimales sur la désaturation

Ce travail a été initié au niveau du groupe de travail national auquel je participe. Celui-ci s'est réuni 4 fois ces deux dernières années et est composé d'instructeurs provenant d'origines et de sensibilités différentes, ce qui en fait sa richesse.

Au niveau de l'inter région Ile-de-France/ Picardie, nous avons également mis en place un groupe de travail qui a réfléchi aux mêmes problématiques, en choisissant de ne pas « être influencé » par les orientations du groupe national.

Le travail qui suit est en quelque sorte une synthèse des réflexions issues des deux groupes ; il est cependant clair qu'à partir de ce point, le contenu est forcément orienté par mes convictions personnelles.

L'analyse des pratiques actuelles des plongeurs m'a conduite à présenter les choses de deux façons différentes :

- ✓ D'une part, distinguer les besoins de façon classique par rapport aux profondeurs. On se retrouve néanmoins obligés à créer une partie pour traiter des plongées sans instrument (pour le PE12 et le PE20 a minima).
- ✓ D'autre part, distinguer les plongées non saturantes et les plongées saturantes

IV.3.1 Classement des compétences par profondeur

Si on raisonne en termes de profondeur et d'instruments, on peut classer les besoins comme suit :

	Profondeur et équipement	Capacités minimales (les contenus des cases supérieures sont acquis)
Plongeurs encadrés	Sans instrument (plongée sans palier obligatoire)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Remonte seul à la bonne vitesse (perte de palanquée) à l'aide de repères visuels. ✓ Maintient un palier de sécurité. ✓ Comprend la courbe de sécurité (théorie). ✓ Comprend la notion de palier de sécurité (théorie).
	Avec instrument PE12 (plongée sans palier de fait)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Remonte seul à la bonne vitesse à l'aide de son ordinateur. ✓ Maintient un palier à l'aide de son ordinateur. ✓ Connait l'écran principal de son ordinateur en mode sans palier. ✓ Communique ses paramètres au GP pendant et après la plongée.
	Avec instrument PE20 (plongées rarement avec palier)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connait l'affichage de son ordinateur en mode palier. ✓ Est sensibilisé sur les conséquences pratiques des réglages de conservatisme (théorie).
	Avec instrument PE40	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connait une procédure en cas de panne d'ordinateur. ✓ Connait une procédure en cas de remontée rapide. ✓ Connait les réglages de son ordinateur. ✓ Comprend la notion de palier profond.
	Avec instrument PE60	

	Profondeur et équipement	Capacités minimales (les contenus des cases supérieures sont acquis)
Plongeurs autonomes	PA12 (plongée sans palier en pratique)	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Prend en compte les consignes du DP. ✓ Décide collectivement du profil de la plongée. ✓ Remonte seul à la bonne vitesse à l'aide de son ordinateur. ✓ Maintient un palier de sécurité à l'aide de l'ordinateur. ✓ Connait l'écran principal de son ordinateur en mode sans palier. ✓ Connait et applique une procédure en cas de panne d'ordinateur. ✓ Connait et applique une procédure en cas de remontée rapide. ✓ Communique ses paramètres au DP après la plongée. ✓ Est sensibilisé sur les conséquences pratiques des réglages de conservatisme (théorie).
	PA20	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Connait l'écran (les écrans) de son ordinateur en mode palier. ✓ Sait régler son ordinateur (facteurs de conservatisme).
	PA40	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Sait lire la courbe de sécurité de son ordinateur. ✓ Décide collectivement du profil de la plongée en appliquant une marge de sécurité quant à la quantité d'air disponible (temps de palier maximum ou réserve).
	PA60	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Définit collectivement les paramètres de désaturation ✓ Sait utiliser des tables de plongée (N3 dans le cadre de son autonomie sans DP).

IV.3.2 Classement des compétences par type de plongée (avec ou sans palier)

Si on raisonne uniquement en termes de saturation pendant la plongée :

	plongeurs	Capacités minimales (les contenus des cases supérieures sont acquis)
Plongée sans palier	encadrés	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Remonte seul (perte de palanquée) ou en palanquée en suivant une bonne vitesse à l'aide de repères visuels ou de son ordinateur. ✓ Maintient un palier de sécurité (avec ou sans ordinateur). ✓ Sait lire l'écran principal de son ordinateur en mode sans palier. ✓ Communique au Guide de Palanquée ses paramètres pendant et après la plongée. ✓ Connait la notion de courbe de sécurité (théorie). ✓ Connait une procédure en cas de remontée rapide. ✓ Connait les facteurs favorisants les ADD et les évite.
	autonomes	<p>Acquis : encadrés / plongées sans palier</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprend et suit les directives du Directeur de Plongée. ✓ Décide en collaboration avec ses coéquipiers des paramètres de la plongée en tenant compte d'une réserve d'air. ✓ Sait lire la courbe de sécurité sur son ordinateur personnel. ✓ Connait l'existence de réglages personnels sur son ordinateur et les conséquences sur la courbe de sécurité s'il les utilise. ✓ Connait les limites d'utilisation de l'ordinateur et les risques potentiels de non-respect de ces limites. Respecte les limites. ✓ Connait et applique une procédure en cas de remontée rapide. ✓ Communique les paramètres de plongée de la palanquée au DP après la plongée. ✓ A partir du PA60 sait utiliser des tables de plongée (N3 dans le cadre de son autonomie sans DP).
Plongée avec palier	encadrés	<p>Acquis : encadrés / plongées sans palier</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Connait les affichages de son ordinateur (vitesse de remontée, profondeur de paliers, paliers profonds, palier de sécurité). ✓ Connait une procédure en cas de panne d'ordinateur. ✓ Connait les risques de la plongée à saturation sur l'organisme (théorie) et les conséquences possibles.
	autonomes	<p>Acquis : autonomes / plongées sans palier + encadré avec palier</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Connait et applique une procédure en cas d'interruption de palier. ✓ Connait et applique une procédure en cas de panne d'ordinateur.

IV.3.3 Compétences à développer pour les encadrants et enseignants

niveaux	Capacités à développer
N4-GP	<ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprend et suit les directives du DP. ✓ Adapte les directives du DP en fonction du niveau de ses plongeurs. ✓ Connait l'affichage de plusieurs types d'ordinateurs (temps sans palier, vitesse de remontée, palier obligatoire, paliers facultatifs y compris les paliers profonds, profondeur plancher et plafond, signes donnant des informations sur les successives). ✓ Sait utiliser une table de plongée (théorie et pratique), plongée simple et successive. ✓ Comprend les éléments théoriques sur la saturation et les définitions de zones avec ou sans saturation. ✓ Applique le principe de plonger dans la courbe de sécurité pour les plongeurs sans instruments. ✓ Sait conseiller ses plongeurs sur l'utilisation de durcissement.
E2	<p>Acquis listés dans le paragraphe Guide de Palanquée</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Comprend et suit les directives du DP (E3). ✓ Connait les recommandations de la CTN et sait les appliquer.
Niveau 5	<p>Acquis : compétences du Guide de Palanquée</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Choisit le site en fonction des prérogatives des plongeurs. ✓ Définit les paramètres généraux de la plongée et les paramètres propres à chaque palanquée. ✓ Remplit la fiche de sécurité avant (paramètres prévus) et après la plongée (paramètres réels). ✓ Connait et rappelle la procédure en cas de perte de palanquée. ✓ Connait et rappelle la procédure en cas de panne d'ordinateur. ✓ Connait et rappelle la procédure à mettre en place en cas de remontée rapide. ✓ Décide de la mise en application d'une procédure d'urgence.
E3	<p>Acquis listés dans le paragraphe E2 et niveau 5</p> <ul style="list-style-type: none"> ✓ Il définit et transmet les caractéristiques des plongées d'enseignement (nombre maximum de remontées, amplitude).

IV.4 Enseigner sans les tables

IV.4.1 Les avantages

Un des avantages indéniables à mon avis d'abandonner les tables est de faciliter l'éducation du plongeur vis-à-vis des profils de plongée.

En effet, l'apprentissage des tables nous amenait très vite à raisonner en plongée avec paliers, ce qui rend ceux-ci parfaitement naturels, même avec 3 plongées par jour.

Le fait de ne plus parler que d'ordinateurs permet au contraire de prendre comme base normale une plongée sans palier, et ce au moins jusqu'au PA20, voire jusqu'au PA40.

Bien que cela se rapproche des systèmes anglo-saxons, on pourrait alors envisager des formations spécifiques pour des plongées avec palier(s). Cette distinction a l'avantage de rendre beaucoup plus simples les limites des contenus de formation.

En effet, les connaissances actuelles des plongeurs vis-à-vis des outils et des modèles de désaturation satisfont à peu près à la pratique des plongées sans palier. Les plongées avec palier demanderaient alors de mieux connaître l'outil (planification) et de mieux comprendre les réglages (conservatisme, paliers profonds, paliers de sécurité).

IV.4.2 Les inconvénients

L'utilisation des tables permet de fixer des limites, en particulier sur les deux plongées par jour, ce qui peut être intéressant pour l'éducation de notre plongeur. Malheureusement, dès qu'il abandonne les tables et utilise un ordinateur, faire 3 plongées par jour ne le gêne plus, même s'il sait que l'ordinateur est basé sur le même principe que les tables. L'enseignement des tables n'a donc pas apporté de plus-value sur ce point.

Le grand intérêt des tables est que l'outil est le même pour tout le monde, que le formateur peut fournir des tables papier pour les exercices ; en somme, c'est l'outil pédagogique qui est très simple.

Enseigner sans les tables impose donc de choisir d'autres outils, adaptés à l'utilisation d'ordinateurs.

Par ailleurs, le fait de plonger aux tables nous impose une planification, alors que la plongée à l'ordinateur est aujourd'hui subie, le plongeur lit le résultat sur l'écran, mais il n'y a plus aucune action volontaire.

IV.4.3 Peut-on se passer complètement des tables ?

Actuellement, un jeu de tables de décompression est obligatoire en milieu naturel au-delà de 6 mètres (code du sport, article A-322-78-2). Par contre le code du sport ne définit pas le type de tables.

La question de se passer complètement des tables ne se pose donc pas dans ces conditions.

Je considère que le premier niveau qui est obligé de savoir utiliser les tables est le niveau 3, dans ses prérogatives d'autonomie complète. Il devra au minimum savoir utiliser une table dans des cas simples (plongées simples, plongées successives). Si on souhaite ensuite faire complètement disparaître les tables, il n'y aura pas d'autre solution que la modification du Code du sport.

IV.4.3.1 Utilisation de tables simplifiées

Le fait qu'on n'utilise pas les tables en pratique ne sous-entend pas forcément qu'on ne peut pas s'en servir.

Dans les énoncés des compétences évoqués ci-dessus, les tables pourraient en effet nous servir dans deux cas :

- ✓ Mise en évidence de la courbe de sécurité ;
- ✓ Procédure de secours en cas de panne d'ordinateur. En effet, si la procédure choisie est la table, il faudra alors apprendre aux plongeurs à s'en servir. Dans ce cas, l'apprentissage se

fera à partir du PA20 pour les autonomes (si on parle de plongées saturantes) et du PE40 pour les plongeurs encadrés.

On aura encore le choix d'utiliser des tables « classiques » (MN90 pour nous, voire MT92), ou des tables simplifiées.

L'utilisation de tables (dont la forme est à définir) peut donc être très intéressante, mais nécessite de réfléchir aux éléments à développer en fonction des éléments qu'on souhaite apporter au plongeur.

Au moment de la publication des MN90, le comptoir des sports avait publié une table immergée avec une lecture simplifiée. Le taux d'azote résiduel était remplacé par des lettres, ce qui simplifiait la lecture.

COMPTOIR DES SPORTS																
TABLE MN90 vitesse remontée 15 à 17m/mn																
P	D	3	S	P	D	6	S	P	D	9	S	P	D	9		
R	U	m	U	R	m	m	U	R	U	m	U	R	U	m		
O	E	.	C	F	E	.	C	F	E	.	C	F	E	.		
6	1h15	D	25	35	5	I	35	30	1	20	J	50	10	4	F	
	2h15	F	40	10	J	35	2	27	K	15	2	9	H			
12	45	E	45	16	J	38	10	1	E	20	4	22	J			
	1h05	G	50	21	K	15	4	F	25	1	B	32	L			
	1h30	I	28	20	1	F	20	8	H	52	5	1	D			
	1h45	J	25	2	G	25	1	16	J	10	1	4	F			
15	40	F	30	6	H	30	3	24	K	15	3	10	I			
	1h00	H	35	12	I	40	10	2	E	20	1	5	23	K		
	1h20	2	J	40	19	J	15	4	G	25	2	9	34	L		
	1h30	6	K	45	25	K	20	1	9	H	55	5	1	D		
18	35	F	30	15	1	E	25	2	19	J	10	1	5	G		
	55	1	I	20	2	F	30	4	28	K	15	4	13	I		
	1h05	8	J	25	4	H	42	10	2	E	20	1	6	27	K	
	1h20	17	L	30	9	I	15	-.5	G	58	5	2	D			
20	25	E	35	17	J	20	1	12	I	10	2	5	G			
	35	G	40	24	K	25	3	22	J	15	1	4	16	J		
	45	1	J	45	1	31	L	30	6	31	L	20	2	7	30	K
	55	9	K	32	15	1	E	45	10	3	F	60	5	2	D	
	1h05	16	M	20	3	G	15	1	6	H	10	2	6	G		
22	25	F	25	6	H	20	3	15	I	15	1	4	19	J		
	35	H	30	14	I	25	5	25	K	20	3	8	32	L		
	40	2	I	35	22	K	48	10	4	F	62	5	2	I		
	45	7	I	40	1	29	K	15	2	7	H	1	10	2	7	8
	50	12	J	35	15	2	F	20	4	19	J	15	1	5	21	H
	55	16	K	20	5	H	25	7	30	K	65	5	3	3		
25	25	1	F	25	11	I	50	5	1	D	1	10	3	8	0	
2 plongées Maximum par 24H																
Intervalle minimum entre plongées 8H30																
Intervalle INFÉRIEUR VOIR MAJO AU DOS																
>>>>>																
INTERVALLE MINIMUM ENTRE PLONGÉES																
SUCC. 15mn 30mn 1h 2h 3h 4h 6h 8h																
D	g	f	f	d	c	c	a	a								
E	h	g	g	e	d	c	b	a								
F	i	h	g	f	e	d	b	a								
G	j	i	h	g	e	d	b	a								
H	k	j	i	g	f	d	c	a								
I	L	k	j	h	f	e	c	b								
J	L	L	i	h	g	e	c	b								
K	m	n	k	i	g	e	c	b								
L	n	n	L	i	g	f	d	b								
M	o	n	m	j	h	f	d	b								
AZOTE RESIDUEL : RN ₂																
PROFONDEUR 2 ^{ème} PLONGÉE																
RN ₂	12m	16m	18m	20m	22m	26m	28m	30m	32m	36m						
a	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1						
b	7	6	6	4	4	3	3	3	3	2						
c	11	9	7	7	6	6	6	4	4	4						
d	17	13	11	10	8	8	7	7	6	6						
e	23	18	16	13	12	11	10	9	8	8						
f	28	23	19	17	16	13	12	11	10	10						
g	38	30	24	22	20	17	16	14	13	12						
h	47	37	30	27	24	21	19	17	16	16						
i	57	44	36	32	29	26	22	21	18	18						
j	68	62	42	37	34	28	26	24	22	20						
k	81	62	50	44	40	34	30	28	26	24						
l	93	70	58	50	45	38	34	32	29	27						
m	106	79	63	56	50	43	38	35	33	30						
n	124	91	72	63	56	48	43	40	37	33						
o	139	101	79	70	62	53	47	43	40	36						
MAJORIZATION EN MINUTES >>>>>																
PROFONDEUR 2 ^{ème} PLONGÉE																
RN ₂	38m	40m	42m	46m	48m	50m	62m	66m	68m	80m						
a	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1						
b	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1						
c	3	3	3	3	3	3	3	2	2	2						
d	6	6	6	4	4	4	4	4	4	3						
e	7	7	6	6	6	6	6	6	6	6						
f	8	8	7	7	7	7	6	6	6	6						
g	11	11	10	9	8	8	8	8	7	7						
h	14	13	12	11	11	10	10	9	9	9						
i	16	16	15	13	13	12	12	11	10	10						
j	19	18	17	16	16	14	13	13	12	12						
k	22	21	20	18	17	16	16	16	16	16						
l	24	23	22	20	19	18	18	17	16	16						
m	27	26	24	23	21	20	19	18	17	17						
n	30	28	27	26	24	23	22	20	19	19						
o	33	31	30	28	26	25	24	22	21	20						
MAJORIZATION EN MINUTES >>>>>																
EN CAS DE DÉPASSEMENT ACCIDENTEL DES 80m, PAS DE PLONGÉE PENDANT 8H30 - COURBE DE SÉCURITÉ: 12m 2h15 - 15m 1h15 - 18m 50mn - 20m 40mn - 22m 35mn - 26m 20mn - 28m 15mn - 30m 10mn - 32m 10mn - 36m 10 mn - 38m 5 mn - 40m 5mn - modèle déposé reproduction interdite																

Henri Le Bris avait lui imaginé une version avec une lecture plus facile

Groupe Plongées successives												Groupes							
A												15	10:30:30	A					
B												15	1: 2:30 4:	B: 8:30					
C												15	1: 2:30 4:	B: 8:30 C					
D												15	30 1:30 2: 3: *	B: 8:30 D					
E												15	30 1:30 2: 2:30 4: *	B: 8:30 E					
F												15	30 1:30 2: 2:30 4: *	B: 8:30 F					
G												15	30 1:30 2: 2:30 3: 4: *	B: 8:30 G					
H												15	30 1:30 2: 2:30 3: 4: *	B: 8:30 H					
I												15	30 45 1:30 2: 2:30 3: 4: *	B: 8:30 I					
J												15	45 1:30 2: 2:30 3: 4: *	B: 8:30 J					
K												15	30 45 1:30 2: 2:30 3: 4: *	B: 8:30 K					
L												15	45 1:30 2: 2:30 3: 4: *	B: 8:30 L					
M												15	30 1: * 2: 2:30 3: * 4: *	B: 8:30 M					
N												15	30 45 1: * 2: 2:30 3: * 4: *	B: 8:30 N					
O												15	30 45 1: * 2: 2:30 3: * 4: *	B: 8:30 O					
P												15	30 45 1: * 2: 2:30 3: * 4: *	B: 8:30 P					
Profondeur	Majorations										Profondeur								
12	196	180	160	139	124	106	93	81	68	57	47	38	29	23	17	11	7	4	0
15	135	126	114	101	91	79	70	62	52	44	37	30	23	18	13	9	6	3	0
18	104	97	89	79	72	63	56	50	42	36	30	24	19	15	11	7	5	2	0
22	80	75	69	62	56	50	45	40	34	29	24	20	15	12	9	6	4	2	0
25	68	64	59	53	49	43	39	34	29	25	21	17	13	11	8	5	3	2	0
28	59	56	52	47	43	38	34	30	26	22	19	15	12	10	7	5	3	2	0
30	55	52	48	43	40	35	32	28	24	21	17	14	11	9	7	4	3	1	0
32	51	48	44	40	37	33	29	26	22	19	16	13	10	8	6	4	3	1	0
35	46	43	40	36	33	30	27	24	20	18	15	12	10	8	6	4	2	1	0
40	42	39	37	33	30	27	24	22	19	16	14	11	9	7	5	3	2	1	0
42	37	35	31	29	26	23	21	18	15	13	11	8	7	5	3	2	1	0	
45	37	35	33	30	27	24	22	20	17	15	12	10	8	6	5	3	2	1	0
48	34	33	30	28	25	23	20	18	16	13	11	9	7	6	4	3	2	1	0
52	32	30	28	26	24	21	19	17	15	13	11	9	7	5	4	3	2	1	0
55	31	29	27	25	23	20	18	16	14	12	10	8	7	5	4	3	2	1	0
58	29	28	26	24	22	19	18	16	13	12	10	8	6	5	4	3	2	1	0
60	28	26	24	22	20	18	17	15	13	12	10	9	7	5	4	3	2	1	1
60	25	24	22	20	19	17	15	13	12	10	9	7	5	4	3	2	1	1	1
60	58	55	52	48	45	42	40	38	35	32	30	26	23	20	18	15	12	10	8

Le groupe de travail national a réfléchi quant à lui à une table simplifiée jusqu'à 20 mètres, qui pourrait être utilisée par les plongeurs qui n'ont pas d'ordinateur.

Quelle que soit la profondeur du matin, on lit directement dans la table la majoration en fonction de la profondeur de l'après-midi et de l'intervalle.

			Majoration pour la 2ème plongée					
			Intervalle <=					
Prof.	T	3m	1h30	2h00	3h00	4h00	5h00	6h00
12	30		15	15	10	10	10	10
	45		25	15	15	10	10	10
	60		25	25	15	15	10	10
	1h30		40	40	25	15	15	10
	2h00							
15	30		25	15	15	10	10	10
	45		25	25	15	15	10	10
	60		40	25	25	15	10	10
	1h15		40	40	25	15	15	10
	1h25	6						
18	1h45	15						
	45		25	25	15	15	10	10
	60	5	40	40	25	15	15	10
	1h15	14		40	25	15	15	10
	1h30	23						
20	1h45	31						
	40		40	25	25	15	10	10
	45	1	40	40	25	15	15	10
	50	4	40	40	25	15	15	10
	60	13		40	25	15	15	10
20	1h15	24						
	1h25	30						

IV.4.4 Le cas particulier de l'encadrant

Lorsqu'il plongeait avec les tables, l'encadrant emmenait déjà des plongeurs sans moyens de désaturation. Si les palanquées étaient modifiées sur la journée, il se renseignait sur la 1^{ère} plongée et en déduisait majoration et profil de la 2^{ème} plongée.

Aujourd'hui, on est un peu dans un système intermédiaire : l'encadrant apprend dans ses cours théoriques que, dans le cas d'une palanquée mixte, il doit appliquer le moyen le plus contraignant (en l'occurrence vitesse de remontée sur l'ordinateur le plus lent et palier tables puisqu'il s'agit d'une remontée lente), il emmène une palanquée mixte et impose son moyen de désaturation. Mais si les plongeurs changent de palanquée, les paramètres des plongées précédentes sont rarement pris en compte.

Le fait de plonger avec un seul moyen de désaturation pour toute la palanquée va à l'encontre des recommandations des manuels des ordinateurs, ce qui est peut être un élément à prendre en compte. Le fait de faire un palier va également à l'encontre consignes de sécurité de la plupart des manuels, ce qui est également un élément à prendre en compte, surtout si on a un seul ordinateur pour toute la palanquée.

Il me semble par conséquent qu'au minimum, un encadrant qui emmène des plongeurs sans outil de désaturation doit plonger dans la courbe de sécurité d'une part et d'autre part, être sûr qu'il se met dans les conditions les plus contraignantes (par exemple modifier son profil s'il n'a pas plongé le matin ou les jours précédents). Ces bonnes pratiques doivent être enseignées au Guide de Palanquée.

IV.5 Quel degré de connaissance des ordinateurs ?

Comme indiqué dans l'introduction de ce chapitre, l'utilisation actuelle des ordinateurs justifie-t-elle que les plongeurs et les encadrants ne connaissent pas leur outil ? Dans quelle mesure et à partir de quels niveaux est-il intéressant d'approfondir la connaissance de l'outil, les conséquences des différents réglages ?

Il est curieux en effet de considérer que connaître juste une partie d'un outil puisse suffire. Pourtant, dans le monde moderne, c'est souvent vrai pour les appareils électroniques.

Le problème est un peu différent ici, puisque le plongeur va croiser d'autres plongeurs, qui auront d'autres outils et dont le degré de connaissance sera différent. Mais la multiplication des modèles d'ordinateur et des réglages complique encore la donne.

IV.5.1.1 Réglage du conservatisme

Ici encore, raisonner en plongée avec ou sans palier simplifie un peu le problème. En effet, on peut considérer que tant qu'on plonge dans la courbe de sécurité, ne pas connaître les réglages de l'autre n'aura pas de conséquence importante : le temps sans palier sera simplement diminué.

Par contre, être obligé de prendre en compte un temps de palier absolument pas planifié en surface risque d'être un peu compliqué à gérer et d'entraîner des comportements pas très sereins.

IV.5.1.2 Le palier profond

La diversité des modèles rend le problème assez complexe : en effet, certains modèles appliquent des paliers profonds lorsque la plongée est sans palier, d'autres, au contraire, lorsqu'on entre en mode palier et les troisièmes dans tous les cas.

Heureusement, un des points communs à tous les modèles d'ordinateurs est que ne pas respecter le palier profond ne sera pas pénalisant : il arrive que les paliers « normaux » soient rallongés, mais aucun ordinateur ne se met en mode erreur.

Par ailleurs, des études des débuts des années 90 n'ont pas montré de diminution des bulles lors des paliers profonds (pour des plongées de 60 m à l'air).

Les contenus de formation devront donc sensibiliser les plongeurs sur ce réglage des paliers profonds. Le faire n'entraîne pas de conséquence, si ce n'est un désaccord dans la palanquée. Ne pas le faire aussi ! L'accent sera donc à mettre sur la planification et la connaissance de son outil, dès le PE40.

IV.6 Quels outils pédagogiques ?

IV.6.1 Utilisation des modèles de saturation-désaturation

Les éléments de calcul de tables étaient abordés jusqu'à présent à partir du Guide de Palanquée. En fait, ils peuvent être abordés pratiquement de la même façon sans parler de tables, mais de calcul de désaturation.

Les modèles utilisés dans les ordinateurs peuvent être utilisés, mais la vulgarisation est encore un peu plus complexe. Par exemple, il peut être intéressant d'expliquer la différence entre une désaturation continue et discontinue, puisque cette différence a une incidence concrète dans la pratique.

Aborder la théorie RGBM est difficile car d'une part, les éléments pour décrire ce modèle ne sont pas tous disponibles et d'autre part, les différences scientifiques ne sont pas si importantes entre un modèle RGBM et un modèle Bühlmann-microbulles.

Démontrer que les modèles type RGBM sont plus sensibles à la vitesse de remontée n'est pas intéressant, mais cela doit-il conduire à dire qu'il est préférable de faire des plongées d'enseignement avec un modèle type Uwatec ?

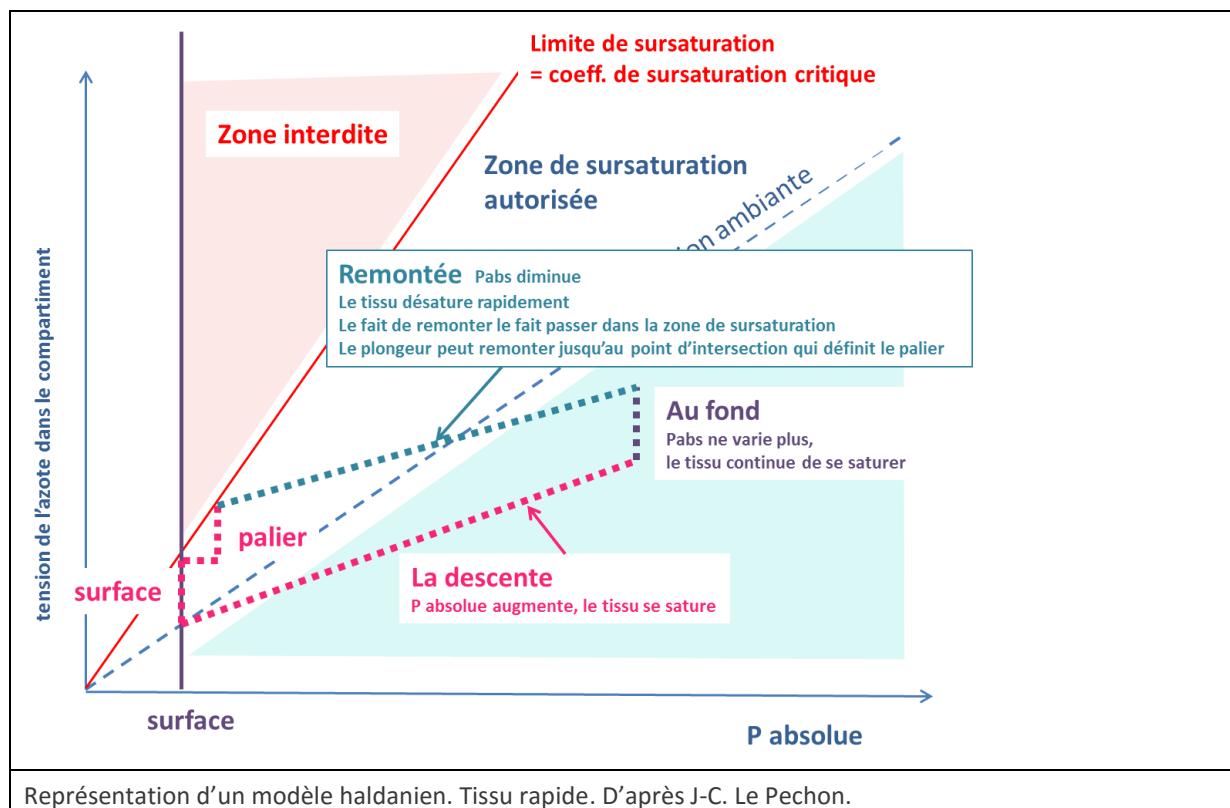
De mon point de vue, les modèles haldaniens et néo-haldaniens sont intéressants à aborder parce qu'ils vont permettre de distinguer :

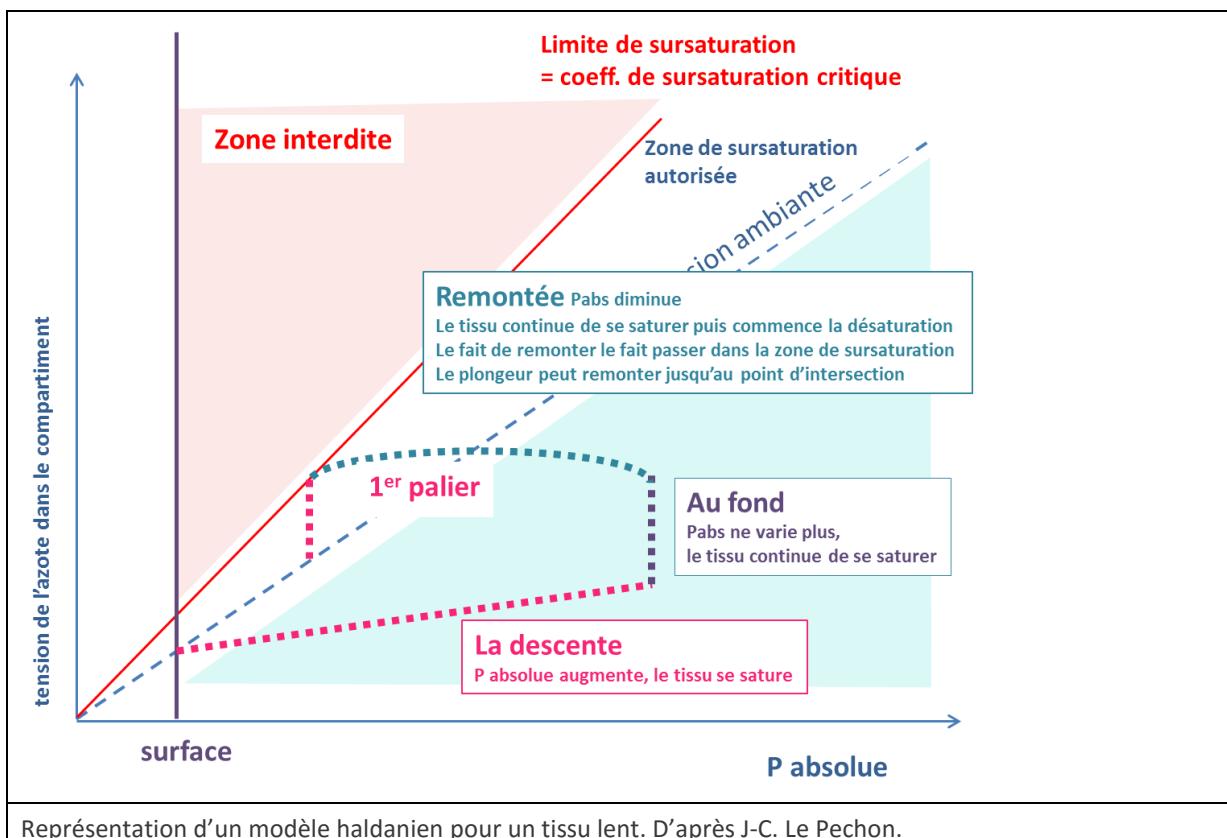
- ✓ les zones autorisées sans palier,
- ✓ les zones avec palier,
- ✓ les zones au-dessus de la limite de sursaturation critique.

On peut facilement amener la notion de conservatisme et de réglages de conservatisme (y compris avec les facteurs de gradient).

On peut aussi sensibiliser le plongeur au risque de l'évolution dans la zone borderline.

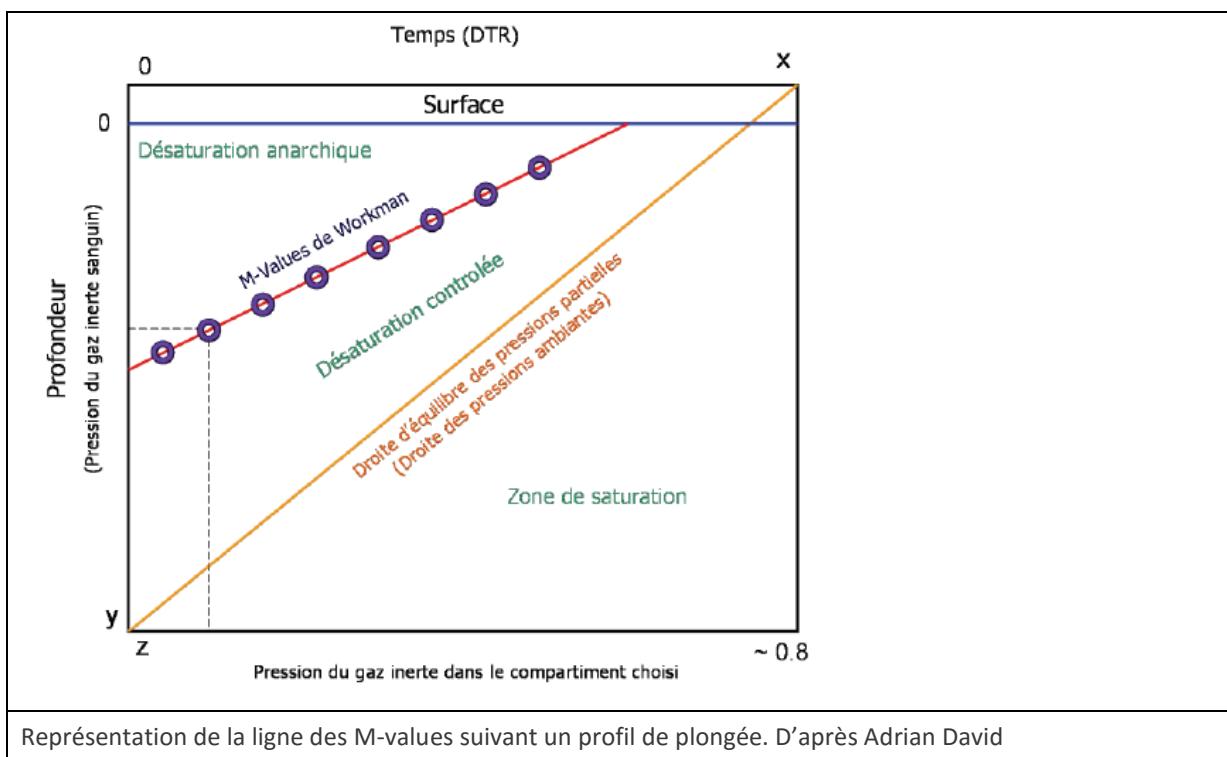
Ces représentations peuvent être utilisées pour des plongées sans palier ou des plongées avec palier.



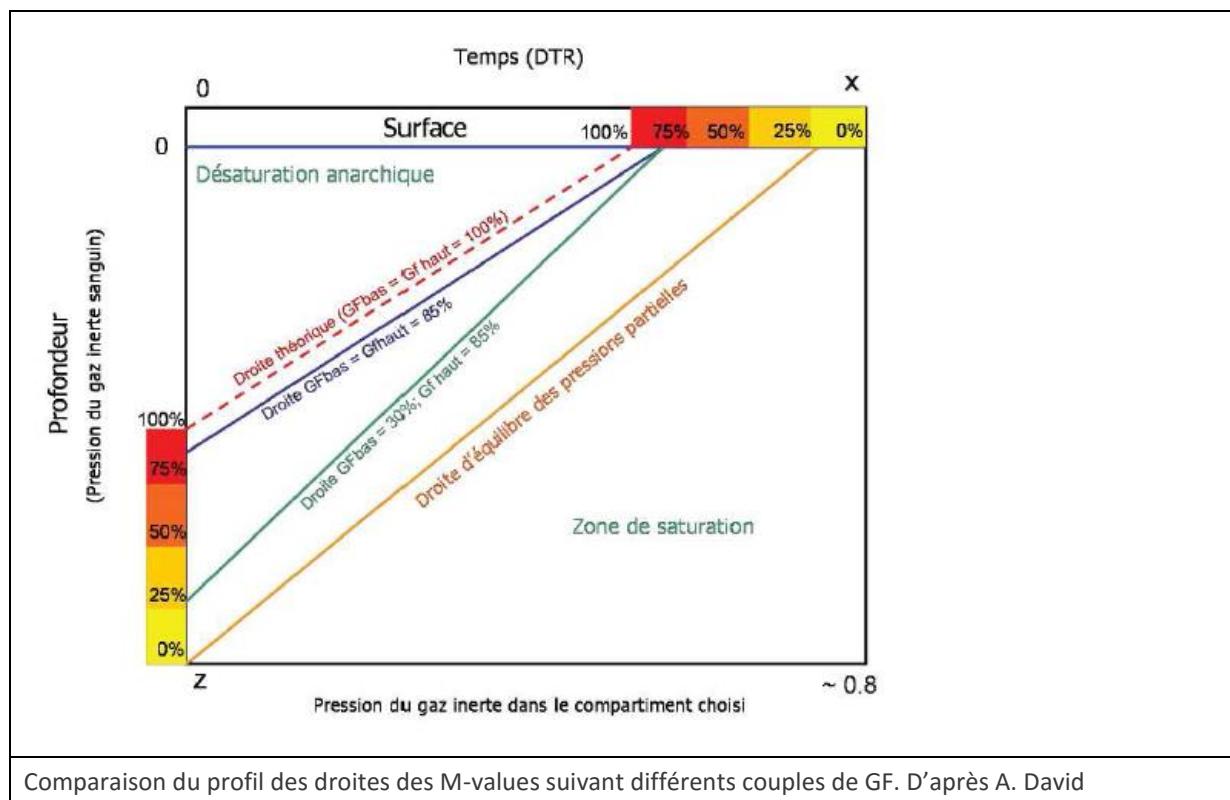


Représentation d'un modèle haldanien pour un tissu lent. D'après J-C. Le Pechon.

Adrian David a proposé dans son mémoire d'instructeur une lecture différente des courbes habituelles des M-values ou des facteurs de gradient, avec une courbe qui se lit de gauche à droite, le point de départ étant le début de la remontée.



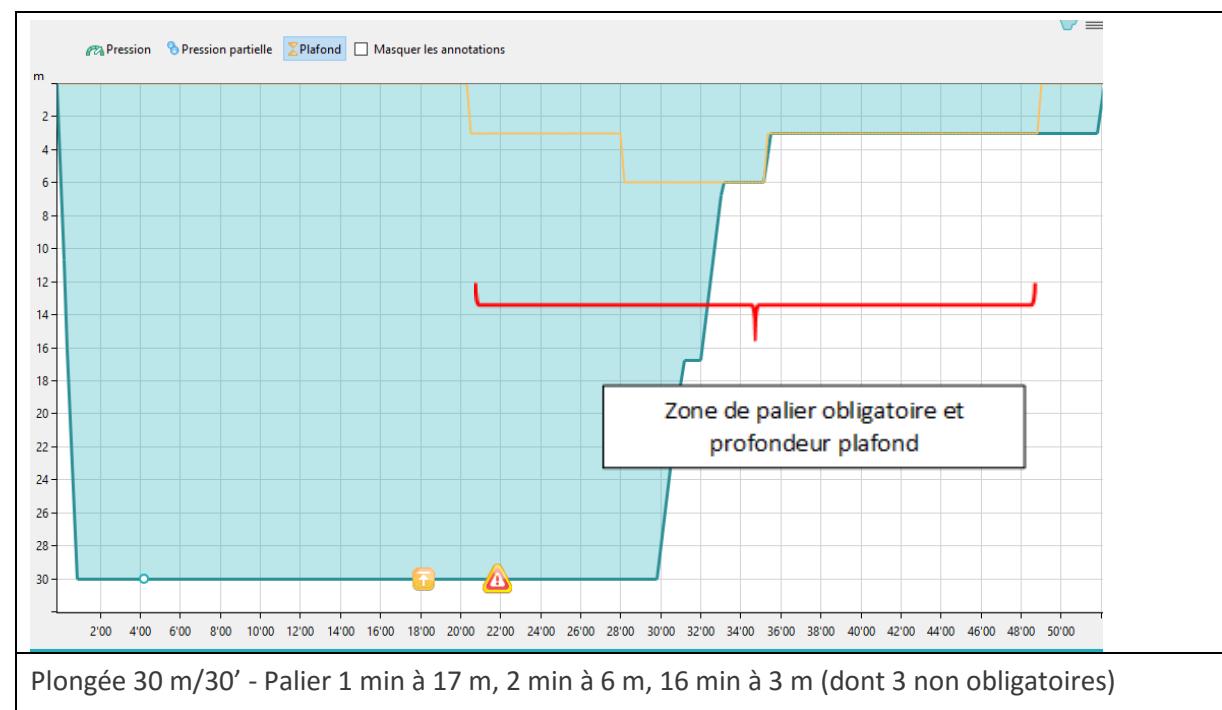
Représentation de la ligne des M-values suivant un profil de plongée. D'après Adrian David



IV.6.2 Utilisation des logiciels

L'utilisation des logiciels représentant des plongées est particulièrement intéressante pour montrer en parallèle l'état de saturation et la marge de sécurité que le plongeur s'impose. Elle permet la mise en évidence de façon simple de la différence de désaturation entre différents durcissements sur un même modèle. Malheureusement, il en existe assez peu qu'on puisse utiliser si on n'a pas l'ordinateur associé.

Le DM5 permet de représenter les exemples ci-dessous, avec des paliers obligatoires et facultatifs.



Dans cet exemple, le mode palier est atteint à partir de 18 minutes de plongée et la réserve d'air est atteinte à 22 minutes de plongée (si 12 litres, 200 bars et consommation de 20 L/min). On peut donc assez facilement sensibiliser sur l'autonomie en air d'une part et la zone pendant laquelle le palier n'est pas obligatoire. On amène également la notion de palier de sécurité.

De même, les exemples ci-dessous sont obtenus à l'aide de MultiDéco

Configure les paramètres de plongée - Sophie

Profondeurs
 Feet
 Meters

Conso's
 Cu. ft.
 Litres

Tps palier
 1 min
 30 sec
 10 sec
 1 sec

Eau
 Salt
 Fresh

Setpt CCR
 Bar
 Atm

Conditions
Paliers: Prof. 6 m
Prof. 30 sec
Ouvert CCR
Ecart paliers [3] [3] [3]

Modèle de décompression
VPM-B/E
VPM-B + GFS
ZHL16-B + GF
ZHL16-C + GF
GF Lo / GF Hi
100 / 100

Données en altitude
Altitude plongée [0]
Hres à l'altitude [0] [0] Tps voyage (hr)
Montée depuis [0] [0] Alt. moy. 2 dern semaines
Cal. des prof. mètres
 Mer niveau
 Altitude

Conso: Fond [20] Deco [17]

SCR: Ajustement baisse f_iO_2 **Réglage**

Paliers rallongés
Duree minimum 7.30 m / supplémentaire pour les 30 + m
 Ajout de palier
 Changer tous gaz Deco
 Effets fenêtre O2

Paliers accélérés
Accélérer les 2 derniers paliers pour ces mélanges (palier O2):
 jusqu'à 28 / 25..80
 28..45 / 25..70
 50..75 / 25..50

Vitesse descente
0-300, 18 Surfacer [6]
Deco [6]
Remontée [10]

Vitesse remontée

Plongée #1

Niveau: 30, 30, 21
Mélange Déco: 21

Plongée #2

Niveau: 30, 30, 21
Mélange Déco: 21

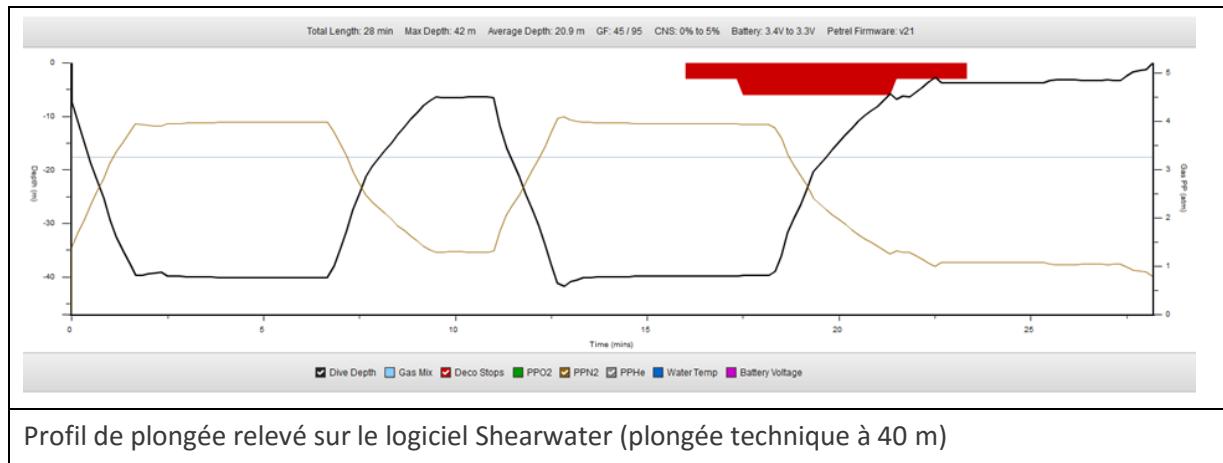
Plongée 30 m/30 min, 2 réglages de GF (100/100 et 80/80)
Consommations respectives de 2652 et 2883 litres

IV.6.3 Utilisation des courbes des ordinateurs

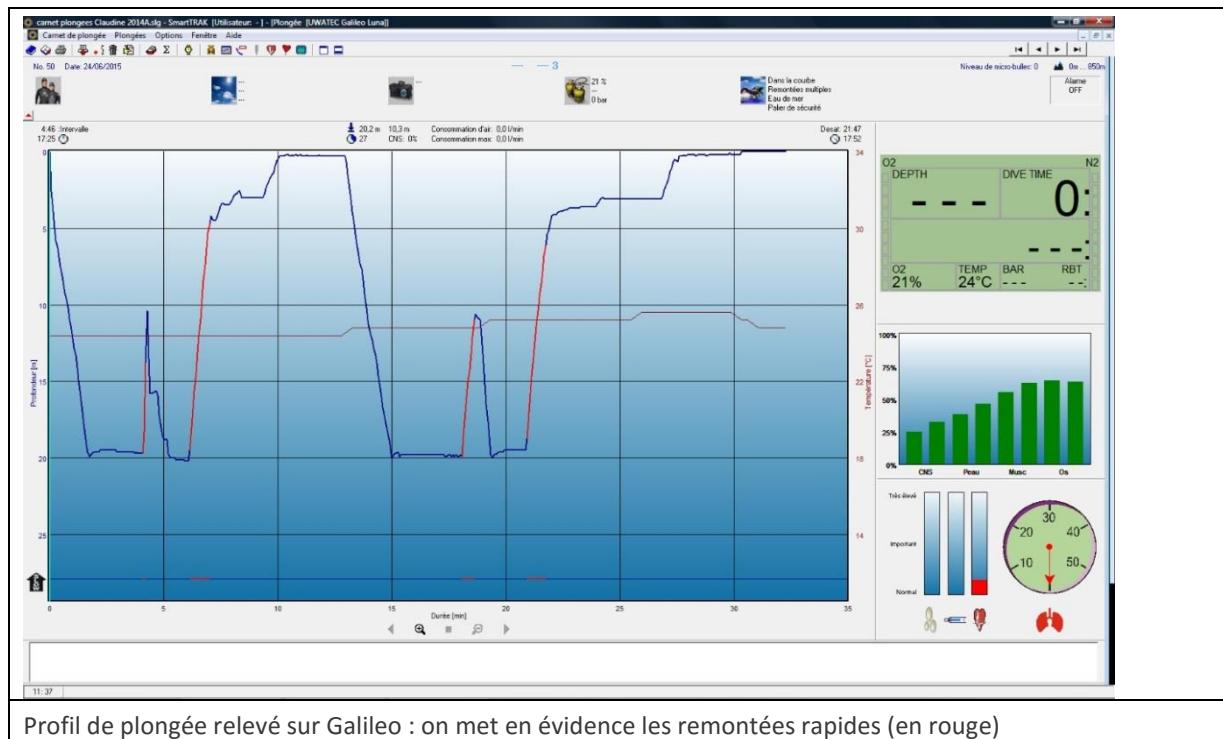
Celles-ci présentent les mêmes avantages que les courbes issues de logiciels, mais elles sont en plus réelles, ce qui les rapproche encore plus facilement de la pratique. De plus, elles présentent l'avantage énorme de présenter des plongées multi-profondeurs.

Ainsi, on pourra montrer des courbes avec des vitesses de remontées trop rapides, ou même des plongées atypiques.

Elles présentent bien sur l'inconvénient de devoir être réalisées en amont !



Sur cet exemple, on voit bien la zone de palier obligatoire et la profondeur du palier (en rouge).





Courbe récupérée sur un OSTC : on voit en vert la zone de palier obligatoire

IV.7 Quelles procédures appliquer ?

Concernant les remontées anormales, il existe des procédures héritées des tables et d'autres qui ont complètement évolué. Ainsi, il est encore dans nos habitudes de faire un palier mi-profondeur après une remontée rapide, alors que la remontée lente n'est plus classée dans les remontées anormales. Que faut-il conserver des procédures tables ?

IV.7.1 Procédure de remontée rapide

Actuellement, voici les procédures proposées :

Tables fédérales FFESSM (extrait du manuel d'utilisation) :

- ✓ Si aucun accident n'est déclaré et si une réimmersion est possible dans les 3 minutes :
 - Rejoindre la demi-profondeur de la plongée (moitié de la profondeur prise en compte pour entrer dans la table). Y rester 5 minutes.
 - Calculer la durée de plongée depuis son commencement jusqu'à la fin des 5 minutes à demi-profondeur. S'il s'agit d'une plongée successive, ajouter la durée fictive. S'il s'agit d'une plongée consécutive la durée de plongée à prendre en compte est celle de la première plongée ajoutée à la durée écoulée entre le début de la deuxième plongée et la fin des 5 minutes à demi-profondeur. Déterminer les paliers. Remonter à la profondeur du premier palier en respectant la vitesse de 15 à 17 m/min. Effectuer les paliers prévus, sachant qu'il faut effectuer au minimum 2 minutes de paliers à 3 m (même si les tables n'indiquent aucun palier).
- ✓ En cas de réimmersion impossible, agir comme si un accident était déclaré (mise sous O₂, appel des secours...).

Dans la pratique, cette procédure est d'ailleurs appliquée au-delà d'un intervalle surface de 3 minutes, du moment qu'il n'y a pas de signes d'ADD.

Dans le cas où on applique cette procédure à l'ordinateur, on mélange deux moyens de désaturation (tables et ordinateur). Si elle peut être considérée comme inutile, personne ne la considère comme dangereuse et elle a le mérite de correspondre à un moyen mis en place après une remontée anormale.

Tables US Navy (présentation tables LIFRAS)

DANGER AVANT SURFACE STOPPER LA REMONTEE	REMONTEE TROP RAPIDE JUSQU'À LA SURFACE PLONGEE SANS PALIER :	DANGER PLONGEE AVEC PALIER : Dans les 5 min maximum: Redescendre au 1 ^{er} palier obligatoire (le + profond). Paliers à 12 m ou + : refaire la durée initiale Paliers à 9, 6 & 3 m : la durée x 1,5 MEME PROCEDURE POUR INTERRUPTION DE PALIER
Attendre le temps qui aurait été nécessaire pour atteindre normalement cette profondeur.	Pas de réimmersion. Maintenir en observation permanente pendant 1h auprès d'une autorité qualifiée.	

Dans notre pratique actuelle, les remontées rapides arrivent le plus souvent lors des exercices. Dans ces situations, elles sont donc prévisibles, même si elles doivent être évitées. Il me paraît intéressant de :

- ✓ stopper les remontées rapides à des profondeurs « raisonnables » et enseigner aux encadrants quand et comment stopper ;
- ✓ suivre la procédure décrite en cas de remontée rapide sans atteindre la surface (attendre le temps qui aurait été nécessaire pour atteindre normalement cette profondeur).

S'il s'agit d'une « vraie » remontée rapide (problème d'air, remontée panique...), je pense qu'on aura beaucoup plus tendance à raisonner en accident, à mettre la personne sous oxygène et à appeler les secours.

Manuels d'ordinateurs

En général, les manuels d'ordinateurs ne proposent pas de procédure particulière, mais annoncent une augmentation des paliers.

Gamme Suunto : « *Respectez toujours les paliers de sécurité obligatoires et recommandés si la vitesse de remontée a été dépassée.* »

Gamme Subgear : « *Lors d'une remontée à vitesse inadaptée, le XP10 peut réclamer un palier de désaturation même pour une plongée effectuée dans la courbe de sécurité en raison du risque accru de formation de micro-bulles.* »

IV.7.2 Procédure de remontée lente

Dans les tables, on applique dans ce cas une procédure en intégrant la durée remontée au temps de plongée.

Dans l'enseignement de l'ordinateur, on considère que la remontée lente n'est pas un problème, puisque l'instrument recalcule en continu la désaturation.

Il faut pour le moins sensibiliser le plongeur autonome et l'encadrant à la situation de remontée lente en mode palier. En effet, le fait de continuer de saturer certains tissus pendant la remontée revient à plonger en conditions limites de l'ordinateur.

IV.7.3 Procédure de panne d'ordinateur

En fonction du plongeur, de son expérience et de son vécu, on peut se placer dans différentes conditions :

- ✓ Exemple de la plongée tek où la redondance est complète : le plongeur a un deuxième ordinateur.
- ✓ Exemple des « plongeurs avec tables » qui ont sous la main un profondimètre électronique et une table.
- ✓ Exemple du plongeur en palanquée, ses petits camarades ayant un ordinateur.
- ✓ Exemple du guide de palanquée, qui emmène des plongeurs sans moyens de désaturation.

On perçoit que le problème ne va pas être le même à gérer...

Il est par ailleurs intéressant de lire quelques notices d'ordinateur à ce sujet.

En effet, le manuel du XP10 (Subgear) précise que

« Lors d'un éventuel dysfonctionnement du XP10 pendant une plongée, la plongée doit être immédiatement arrêtée, et les procédures de remontée en surface appliquées (notamment une remontée lente et un palier de sécurité de 3 à 5 minutes à 5 mètres) ».

Dans le manuel du Galileo, on lit

« Tous les plongeurs qui utilisent des ordinateurs pour prévoir leurs plongées et indiquer ou déterminer leur statut vis-à-vis de la décompression doivent utiliser leur propre ordinateur, qu'ils emmènent avec eux lors de chaque plongée.

Plongez toujours avec des instruments de secours. Lorsque vous plongez avec un ordinateur de plongée, vérifiez bien que vos instruments de secours comprennent un profondimètre, un manomètre immergable, un compteur de temps d'immersion digital ou une montre de plongée, et que vous avez accès à des tables de décompression. »

Les manuels des Suunto précisent

« UTILISEZ DES APPAREILS DE RESERVE. Assurez-vous d'avoir des instruments de réserve tels qu'un profondimètre, un manomètre, un chronomètre ou montre ainsi que des tables de décompression lorsque vous plongez avec l'ordinateur de plongée. »

De nombreux écrits, entre autres l'article de Guy Zonberg dans CTN infos, conseillent cette configuration.

Si on revient à la pratique de nos plongeurs loisir, le problème est qu'ils n'ont pas de tables et ne savent pas (plus) les utiliser. Quels conseils leur donner alors ?

- ✓ Le conseil de redondance est bien évidemment le plus sûr, surtout pour les plongées saturantes.
- ✓ Pour les plongées encadrées, la situation où le Guide Palanquée emmène des plongeurs sans moyen de désaturation revient à une panne d'ordinateur permanente. Il me semble donc que le GP doit s'assurer de plonger dans la courbe de sécurité au moins jusqu'à 20 mètres. Dans ce cas, s'il tombe en panne à son tour sans redondance, il lui suffira de remonter avec ses plongeurs à vitesse contrôlée (ce qu'ils savent tous faire).

- ✓ On peut aussi, dans les palanquées d'autonomes, compter sur son équipier et suivre son moyen de désaturation. Il faudra néanmoins veiller à conserver une marge de sécurité, à faire un palier de sécurité, à rallonger un palier obligatoire (certains préconisent de vider son bloc à 3 mètres) et à ne pas faire de plongées successives au moins dans la même journée.
- ✓ Enfin, pour les plongées encadrées à des profondeurs plus importantes, on se retrouve dans la situation précédente, où on est obligés de compter sur ses camarades de palanquée. Il est entendu qu'au-delà de 20 mètres, tous les membres de la palanquée doivent avoir un moyen de contrôler leur désaturation.

IV.7.4 Procédure d'interruption de palier

Cette situation est probablement celle qui posera le moins de soucis.

En général, les manuels d'ordinateurs proposent de retourner à la profondeur du palier interrompu et de suivre les indications de leur instrument.

IV.8 Réflexion sur l'évaluation

L'évaluation doit être au plus près de la pratique, donc doit comporter la mise en situation de cas concrets pour tous les niveaux de plongeurs.

Lorsque l'évaluation se réalise en conditions réelles de plongée, elle doit comporter suffisamment de situations pour être valide (exemple plongeurs avec différents types d'ordinateur dans une palanquée de PA40).

Si une partie de l'évaluation est en conditions simulées (car on ne peut pas considérer possible de faire toute l'évaluation ainsi), il faudra veiller à utiliser des outils qui correspondent à la réalité de terrain (photos d'écrans, courbes de profil relevés sur des ordinateurs ou établies avec des logiciels).

Pour le guide de palanquée, l'évaluation de la théorie est écrite et comportera plutôt des questions pratiques sur la désaturation.

L'évaluation sur la compétence guide de palanquée est assez compliquée le jour de l'examen, puisque la palanquée comporte au mieux deux examinateurs et la plongée peut être évaluée dans la zone des 12 mètres.

C'est donc pendant la formation (et pour la signature de la compétence) qu'il faudra évaluer l'adaptation du guide de palanquée à des situations et des ordinateurs variables. C'est par conséquent une compétence à faire travailler au stagiaire E3 et par ricochet au stagiaire E4.

V. CONCLUSION

Ce travail avait pour objectif de mettre en parallèle les pratiques des plongeurs en termes de désaturation, leur connaissance à la fois des outils et des modèles de désaturation et l'enseignement actuel.

Un des aspects importants à considérer est que le nombre grandissant d'ordinateurs sur le marché complique la tâche des plongeurs et surtout des encadrants. En effet, il est pratiquement impossible aujourd'hui de connaître tous les modèles, tous les affichages, tous les réglages. De plus, le réglage de conservatisme entraîne des variations en termes de durée de paliers qui sont loin d'être négligeables. Il semble pourtant assez dommage que seuls les « branchés déco » suivent les évolutions des derniers modèles.

Or, il est mis en évidence que les plongeurs loisir ont une utilisation limitée de leur ordinateur. En effet, une lecture simple suffit à leur pratique et ils ont assez peu de réflexion quant aux limites d'utilisation. Ils ne connaissent pas bien les réglages de leur instrument ni les modèles qui les régissent. Pour autant, il n'y a, à ce jour, aucune évidence d'un caractère dangereux de ces pratiques. Faut-il alors considérer que le plongeur doit uniquement connaître ce qu'il utilise ? Le pousser à utiliser plus de fonctions ? Le pousser à plus réfléchir à sa pratique en termes de risques ?

Ces changements passeront par l'évolution de l'enseignement de la désaturation. Cet enseignement sera-t-il obligatoirement lié à un ordinateur ? Supprimer les tables de plongée sera-t-il forcément la prochaine étape ? Ce changement serait-il compliqué pour les enseignants d'aujourd'hui ou serait-il un simple exercice de style ? La dernière partie de mon travail fait un état des lieux de l'enseignement actuel de la désaturation puis met en avant les besoins des plongeurs et des encadrants par rapport à leur pratique et propose une évolution des cursus. J'ai tenté de comparer avantages et inconvénients d'un enseignement sans tables de plongée et de cibler les points qui seraient modifiés en profondeur. Quelques questions restent cependant ouvertes sur les pratiques et les procédures, en particulier à propos des remontées rapides et de la panne d'ordinateur.

VI. REFERENCES

- Les gradient factors. GF LOW et GF HIGH. Innodive.com
- Enseignement des outils de décompression à tous les niveaux du cursus fédéral. Jean-François Kervinio. Mémoire d'instructeur régional. Ile de France – Picardie. 2012.
- Décompression et planification de la plongée : évolutions de l'enseignement face à la personnalisation des moyens de décompression. Adrian David. Mémoire d'instructeur régional. Ligue des Pays Normands. 2013.
- Aller plus loin avec l'OSTC. Les mélanges et les algorithmes. Laurent Bardassier
- Aller plus loin avec l'OSTC. Les paramètres CF. Laurent Bardassier
- The prevention of compressed-air illness. A.E. Boycott, G.C.C. Damant and J.S. Haldane. 1908. The Journal of hygiene.
- L'ordinateur de Plongée. Patrice Bourdelet. Editions Turtle Prod.
- Les modèles de décompression. Jean-Marc Belin. Mémoire d'instructeur régional. Languedoc Roussillon – Pyrénées Méditerranée. 2005.
- Comprendre les M-values. Erik Baker. 1999.
- Tout savoir sur les décompressions. J-Claude Le Pechon ; 2012.
- Peut-on se passer des tables pour plonger ? Christophe Badesco. Mémoire d'instructeur régional. Ile de France – Picardie. 2014.
- Quelques conseils pour la gestion de la décompression au sein d'une palanquée. Guy Zonberg, Subqua, juillet / août 2000.
- La décompression. Aspects théoriques et pédagogiques. Bernard Schitly. Mémoire d'instructeur régional. Est. 2007.
- Test ordinateurs 2015. Plongeurs International N°133. Mai-juin 2015.
- Protocoles de décompression pour la plongée a l'air intégrant des paliers profonds ; étude Doppler comparative avec les procédures de la marine française (Decompression protocols with deep stops : comparative Doppler study with the procedures of the French Navy). J.E. Blatteau, M. Hugon, B. gardette, F.M. Galland. Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare. 1991.