



# C.T.R Côte d'Azur

Fédération Française d'Etudes et de Sports Sous-Marins

Fondée en 1955. Membre fondateur de la confédération mondiale des activités subaquatiques



## *L'ordinateur pratique* *Son enseignement*

*Mémoire d'admission au collège des instructeurs régionaux*

*Sébastien Gourdet*

# SOMMAIRE

1. Introduction .....	4
2. Historique .....	5
3. Le fonctionnement des ordinateurs.....	6
3.1. Le principe.....	6
3.2. Les fonctionnalités .....	6
4. Le constat .....	9
4.1. L'enseignement théorique reçu .....	10
4.2. Quel ordinateur pour quel plongeur ? .....	11
4.3. A propos de l'utilisation des tables .....	11
4.4. Les fonctionnalités utilisées .....	14
4.5. Le rôle du moniteur.....	14
5. Pourquoi enseigner l'ordinateur ?.....	15
5.1. La plongée d'exercice .....	15
5.2. La plongée d'exploration.....	18
5.3. Conclusion de cette comparaison .....	20
6. L'enseignement actuel .....	21
6.1. Selon le manuel du moniteur .....	21
6.2. Le cadre d'utilisation des tables MN90 .....	23
6.3. En pratique.....	24
7. Comment enseigner l'ordinateur ? .....	25
7.1. Au niveau 1.....	25
7.2. Au niveau 2.....	26
7.3. Au niveau 3.....	28
7.4. Au niveau 4.....	30
7.4.1. Les rappels des autres niveaux.....	30
7.4.2. Les algorithmes rencontrés .....	31
7.4.3. Les utilisations complémentaires .....	32
7.4.4. Les pratiques usuelles.....	32
7.4.5. La gestion de la palanquée.....	32
7.4.6. La détection de panne.....	34
7.5. Matrice d'enseignement.....	35
ANNEXE I.....	36

## REMERCIEMENTS

A Patricia Breton, instructeur national, pour m'avoir parrainé et suivi

A Yves Pointeau, instructeur régional, pour m'avoir parrainé et suivi

A Pascal Gondry, instructeur régional, pour m'avoir parrainé et suivi

A Gregory Poirier, instructeur régional, et à son centre Easy Dive, pour m'avoir aidé à réaliser une enquête

Aux membres du CIP Golfe-Juan, pour m'avoir aidé à réaliser une enquête

## **1. INTRODUCTION**

Alors que l'utilisation de l'ordinateur est passée dans les mœurs du plongeur et s'est étendue à la grande majorité des plongeurs de niveau 2 ou plus, il semble que l'enseignement correspondant ne soit pas fait correctement, pour la plupart des plongeurs, tant sur la point de vue théorique que sur le point de vue pratique.

Pourtant, cet enseignement est prévu dans le manuel du moniteur depuis maintenant plusieurs années.

Ceci remet donc en cause aussi bien le moniteur, qui n'évolue pas en enseignant les nouvelles techniques, que le plongeur qui ne maîtrise pas la complexité de son instrument et prend donc des risques.

Le devoir du moniteur est donc bel et bien de se tenir à jour, d'adapter son enseignement et de sensibiliser le plongeur qu'il forme sur l'utilisation de l'ordinateur de plongée.

## **2. HISTORIQUE**

Les premiers accidents de décompression ont été observés dès le XVII<sup>ème</sup> siècle (sur des animaux morts), notamment par Boyle, mais la 1<sup>ère</sup> procédure de décompression est proposée par Paul Bert à la fin du XIX<sup>ème</sup> siècle, pour les ouvriers tubistes.

L'étude de la décompression en elle-même a commencé un peu plus tard :

- 1907 : John Scott Haldane crée des tables de décompression à l'air (modèle par perfusion) permettant de descendre jusqu'à 204 pieds (68 m), pour la Royal Navy
- 1915 : Les tables de Haldane sont modifiées pour atteindre des plongées à 304 pieds (100 m) en utilisant de l'oxygène pur à la remontée, à partir de 18 m
- 1937 : l'US Navy arrive à 183 m en utilisant de l'hélium
- 1948 : la Marine Nationale traduit les tables de l'US Navy dans le système métrique, en utilisant des paliers par tranches de 3 m
- 1951 : Hempleman introduit le modèle par diffusion
- 1955 : Dwyer crée pour l'US Navy de nouvelles tables, prenant en compte la variation du rapport de sursaturation supportable pour un compartiment, en fonction de la profondeur
- 1959 : le GERS crée des tables permettant d'aller jusqu'à 2 h à 15 m et 50 min à 40 m. Elles prennent en compte 3 tissus et introduisent une vitesse de remontée de 15 m/min et la possibilité de plongée successive
- 1965 : Workman introduit le modèle des M.Values
- 1965 : Les tables GERS sont modifiées pour les profondeurs de 40 à 85 m, à partir des calculs de Barthelemy, incluant 4 tissus. La vitesse de remontée est de 17 m/min
- 1966 : Hills travaille sur le modèle thermodynamique (taille critique des bulles)
- 1970 : Spencer parle des bulles silencieuses
- 1974 : La Comex édite ses tables
- 1983 : Bühlmann publie son propre modèle, adapté aux plongées en altitude, sur une base de modèle haldanien. Ce modèle donnera naissance aux premiers ordinateurs, et est toujours largement utilisé (chez Uwatec, Spirotechnique, Mares...)
- 1986 : Yount et Hoffman introduisent le modèle de perméabilité variable (VPM), implanté sur le VR3 (Delta P Technology) depuis 2005
- 1990 : La Marine Nationale met en place les tables MN90, basées sur le même modèle théorique que les GERS65
- 1991 : Wienke introduit le modèle de bulle à gradient réduit (RGBM). Ce modèle s'utilise sur une couche Bühlmann, et est utilisé dans les ordinateurs récents (Suunto)
- 1992 : Le Ministère du Travail édite les tables MT92
- 1992 : Meliet introduit le modèle sigmoïdal, non utilisé à ce jour
- 1999 : Pyle introduit les paliers profonds, aujourd'hui utilisés dans les derniers ordinateurs, en particulier avec le modèle RGBM (Suunto)

## **3. LE FONCTIONNEMENT DES ORDINATEURS**

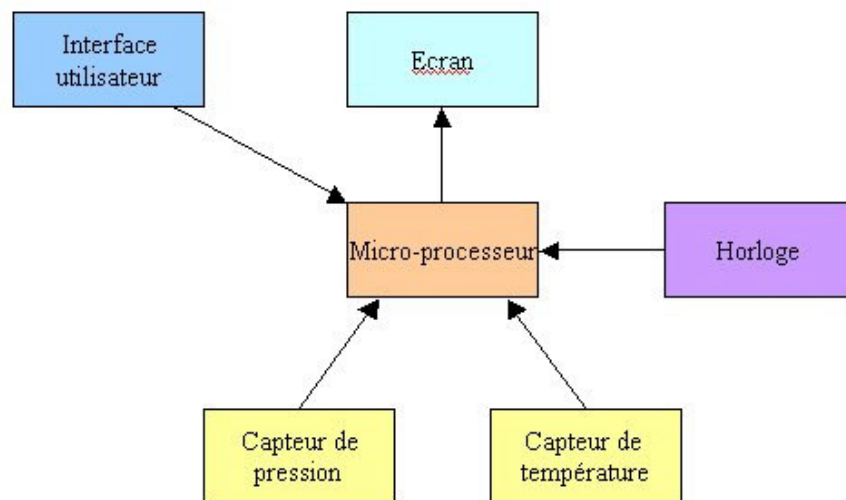
### **3.1. Le principe**

Le principe de base d'une table de plongée est de considérer que la plongée effectuée est « carrée », c'est-à-dire qu'à partir du moment où il s'immerge jusqu'au moment où il entame sa remontée, le plongeur est toujours à sa profondeur maximale.

A l'opposé, un ordinateur de plongée intègre le profil de la plongée, c'est-à-dire qu'il « découpe » la plongée en tranches de temps, et met à jour son calcul après chaque tranche.

L'ordinateur permet donc d'optimiser le temps de plongée, en calculant une décompression optimisée pour le plongeur.

Le principe de fonctionnement est le suivant :



Le micro-processeur (calculateur) s'occupe de calculer tous les paramètres de la plongée, en particulier la décompression. Il est piloté par une horloge qui lui indique quand faire les calculs, et récupère ses informations via les capteurs (pression, température, air). Enfin, il envoie les informations au module d'affichage. L'interface utilisateur est très simple, il s'agit en général de 2 ou 3 boutons permettant au plongeur de choisir les informations à afficher ou de régler les paramètres de fonctionnement de l'ordinateur.

Etant donné qu'il s'agit d'un ensemble de pièces électroniques, l'ordinateur est relativement fragile, nécessite un petit peu d'entretien, et a besoin d'une batterie, qu'il faut changer avant qu'elle ne tombe en panne.

### **3.2. Les fonctionnalités**

Les ordinateurs de plongée offrent différents types de fonctionnalités :

- Les mesures : de la profondeur, du temps, de la température, de la pression d'air restante, du pouls, de la vitesse de remontée, de la pression atmosphérique
- Les calculs : temps restant avant paliers (à la profondeur constante), paliers à effectuer (profondeur, temps), simulation d'une plongée, autonomie

- Les alertes : sur l'essoufflement, une pression d'air trop basse, un non respect des procédures de remontée, une trop faible charge des piles
- Le choix du mélange gazeux utilisé : air, nitrox, multi-gaz
- Les fonctionnalités de confort : rétro-éclairage, téléchargement des données sur un ordinateur de bureau, boussole (très récent), écran matriciel (très récent), processeur reprogrammable), présentation sous forme de montres

Suivant les fonctionnalités fournies, il est possible de catégoriser les ordinateurs :

- Les ordinateurs de base sont ceux offrant simplement le calcul des paliers pour des plongées à l'air. On peut noter parmi eux l'Aladin Pro (Uwatec), très répandu, ou le Suunto Solution. Ces ordinateurs sont en voie de disparition.



- Les ordinateurs offrant les fonctionnalités nitrox (en général jusqu'à 50% O<sub>2</sub>) en plus de la plongée classique sont actuellement les plus répandus. Plus « haut de gamme » que les précédents, ils sont aussi plus chers à l'achat. Ils équipent principalement les plongeurs autonomes et les moniteurs. On trouve par exemple l'Aladin Prime (Uwatec) ou le Vyper (Suunto). Ils sont en général dotés d'un rétro-éclairage, pour plus de confort dans la lecture.



- Les ordinateurs multi-gaz (en général jusqu'à 100% O<sub>2</sub>) sont utilisés essentiellement par les plongeurs « Tek ». Très coûteux, ils ne sont pas accessibles à la majorité des plongeurs, et offrent des fonctionnalités surdimensionnées par rapport à la plongée

loisir (utilisation de plusieurs mélanges). On trouve parmi eux le Smart Tec (Uwatec) ou le Vytex DS (Suunto).



- Les ordinateurs les plus récents, en plus de tout cela, intègrent maintenant divers outils, tels que boussole électronique, cardio-fréquencemètre, écran matriciel permettant d'afficher graphiquement les profils de plongée. Encore très peu répandus, on trouve parmi eux le Galileo Sol (Uwatec) ou le D9 (Suunto)



#### NOTES :

- Pour tous ces exemples, nous avons sélectionné les modèles Uwatec et Suunto, car ce sont les marques les plus représentatives de ce que l'on peut trouver sur nos côtes. Cette liste n'est pas exhaustive, ni en termes de marques, ni en termes de modèles au sein d'une marque.
- Les photos des différents ordinateurs ne sont pas à la même échelle.



## **4. LE CONSTAT**

Afin de déterminer l'utilisation réelle des ordinateurs de plongée, une petite enquête a été réalisée, sur un nombre réduit mais significatif de plongeurs de la région. Cette enquête a pour but de déceler une corrélation entre les plongeurs, leurs niveaux, les ordinateurs qu'ils utilisent, et de quelle manière ils l'utilisent.

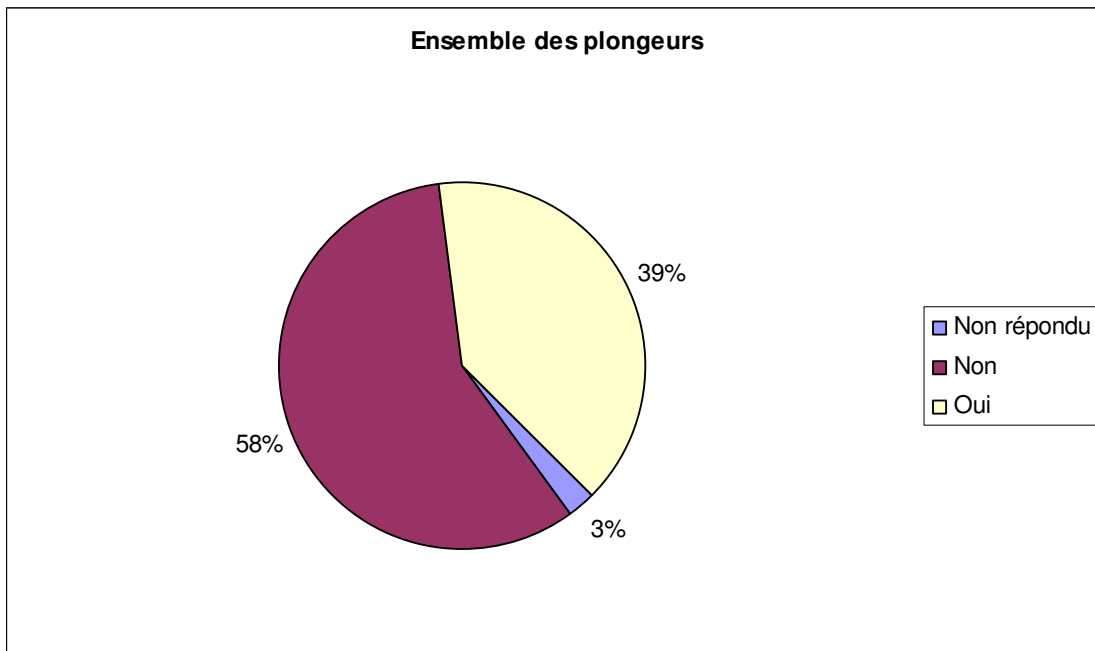
L'enquête a été réalisée au sein d'un club associatif et d'une SCA, la SCA ayant fourni plus de résultats, en raison de sa fréquentation plus élevée et variée. Un nombre important de plongeurs n'ont pas été formés dans les structures où ils exercent maintenant. Il n'est donc en aucun cas question ici de faire un comparatif entre les résultats obtenus en SCA ou en club (l'origine des réponses est d'ailleurs totalement anonyme).

Le questionnaire posé à ces plongeurs est le suivant :

En quelle année avez-vous commencé à plonger ?	Niveau actuel :
Nombre de plongées :	
Dans votre cursus, avez-vous reçu un enseignement théorique sur l'utilisation de l'ordinateur ?	
Utilisez-vous un ordinateur de plongée ?	
Si oui :	
Quel modèle ?	
A quel niveau avez-vous commencé à l'utiliser ?	
Pour quelle raison principale avez-vous acheté un ordinateur ?	
Sauriez-vous toujours assurer votre propre décompression au moyen des tables ?	
Si oui : et en cas de remontées « anormales » (rapides, lentes, interrompues...) ?	
Utilisez-vous toutes les fonctionnalités de votre ordinateur ?	
Si non : lesquelles n'utilisez-vous pas ?	

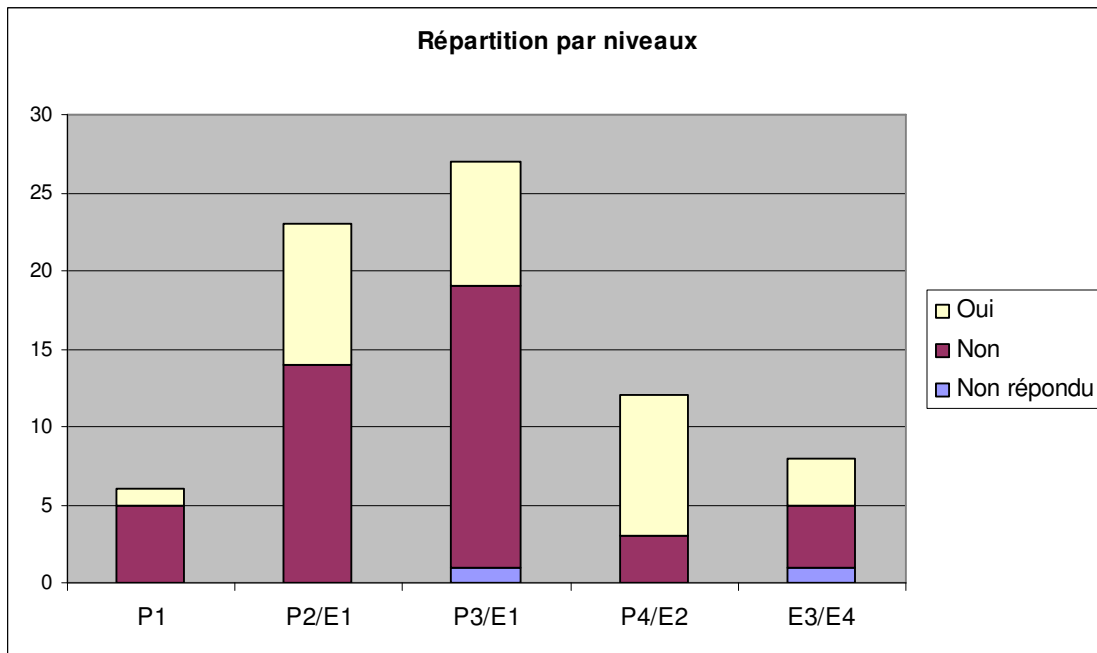
Les plongeurs pris en compte vont du plongeur P1 à l'enseignant E4, en excluant toutefois la plupart des enseignants plongeant beaucoup (au-delà de 100 plongées par an). En effet, ces enseignants ne sont pas représentatifs de la population de plongeurs que l'on rencontre dans la plupart des cas. Les résultats bruts sont fournis en annexe de ce document.

#### 4.1. L'enseignement théorique reçu



D'une manière générale, tous niveaux confondus, nous voyons ici que seuls 39% des plongeurs interrogés disent avoir reçu une formation à l'ordinateur (nous ne parlons pas du contenu de cette formation).

Cependant, certains plongeurs ont eu leurs diplômes il y a déjà très longtemps, à une période où l'enseignement de l'ordinateur n'était pas encore au programme. Même si le chiffre actuel est sans doute plus élevé, nous pouvons quand même remarquer en analysant les résultats que nombre de plongeurs récents n'ont pas eu de formation adéquate.



Si l'on regarde en fonction des niveaux, nous voyons que les encadrants n'ont en général pas reçu de formation, mais ce sont souvent des plongeurs qui plongent depuis longtemps. Cependant, les nouveaux moniteurs devraient avoir eu la formation adéquate, ce qui semble se confirmer par le fait que les niveaux 4 aient pour la plupart reçu une formation.

Il est inquiétant de voir que les niveaux 2 et 3 n'ont globalement pas reçu de formation, sachant que ces niveaux amènent à l'autonomie, et qu'un certain nombre des plongeurs ayant répondu à cette enquête soient de "jeunes" plongeurs.

*Nous pouvons en déduire assez facilement (mais peut-être est-ce juste un raccourci) que beaucoup de moniteurs font une impasse sur l'enseignement de l'ordinateur, se contentant de l'enseignement des tables.*

#### **4.2. Quel ordinateur pour quel plongeur ?**

84% des plongeurs interrogés utilisent un ordinateur, et ce chiffre monte à 90% si l'on retire les plongeurs de niveau 1. Il en ressort que l'ordinateur est un équipement que le plongeur prend au niveau 2, et plus précisément pour les plongées techniques de sa préparation au niveau 2.

C'est donc à ce niveau que l'enseignement de l'ordinateur devrait être le plus important, puisque le plongeur n'a encore aucune expérience de cet appareil.

Les raisons évoquées pour l'utilisation d'un ordinateur sont globalement toujours les mêmes : sécurité, confort, diminution des paliers. Pourtant, la diminution des paliers et la sécurité ne seraient-ils pas antinomiques ?

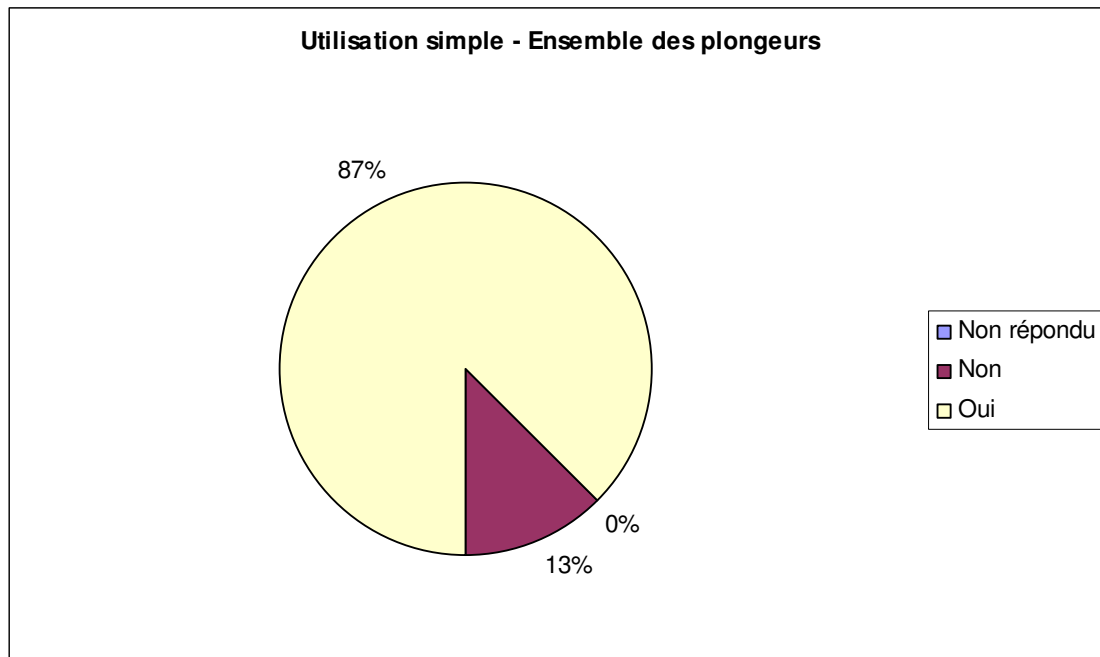
Deux marques sont fortement représentées (Uwatec et Suunto), les autres n'étant qu'anecdotiques. Cependant, les modèles Suunto trouvés sont globalement plus récents que les modèles Uwatec. Ceci s'explique facilement par le fait qu'Uwatec a été très longtemps le seul fabricant très présent, et que Suunto a fait une grosse percée sur le marché des ordinateurs de plongée beaucoup plus récemment.

Il ne semble pas évident de lier le type d'ordinateur rencontré (voir paragraphe 3.2) au niveau du plongeur, ni à l'utilisation qu'il en fait. Le choix semble donc plus être un choix guidé par un "mimétisme" de l'environnement dans lequel évolue le plongeur que par un réel besoin.

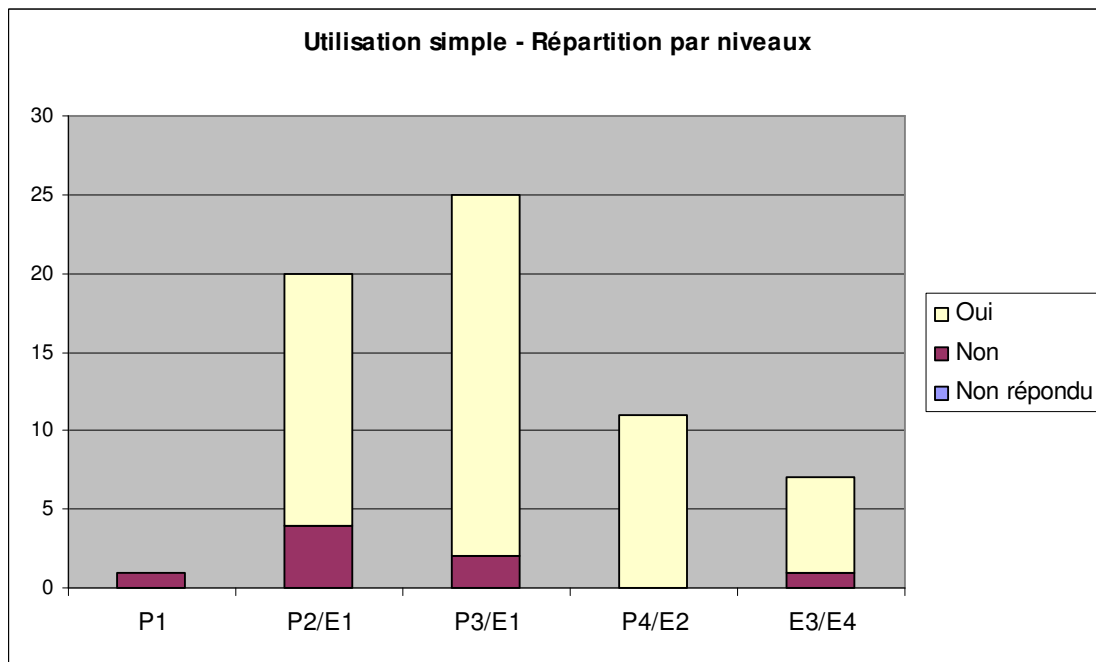
*Il semble donc évident que les moniteurs ne prennent pas le temps d'expliquer à leurs élèves les intérêts de tel ou tel choix.*

#### **4.3. A propos de l'utilisation des tables**

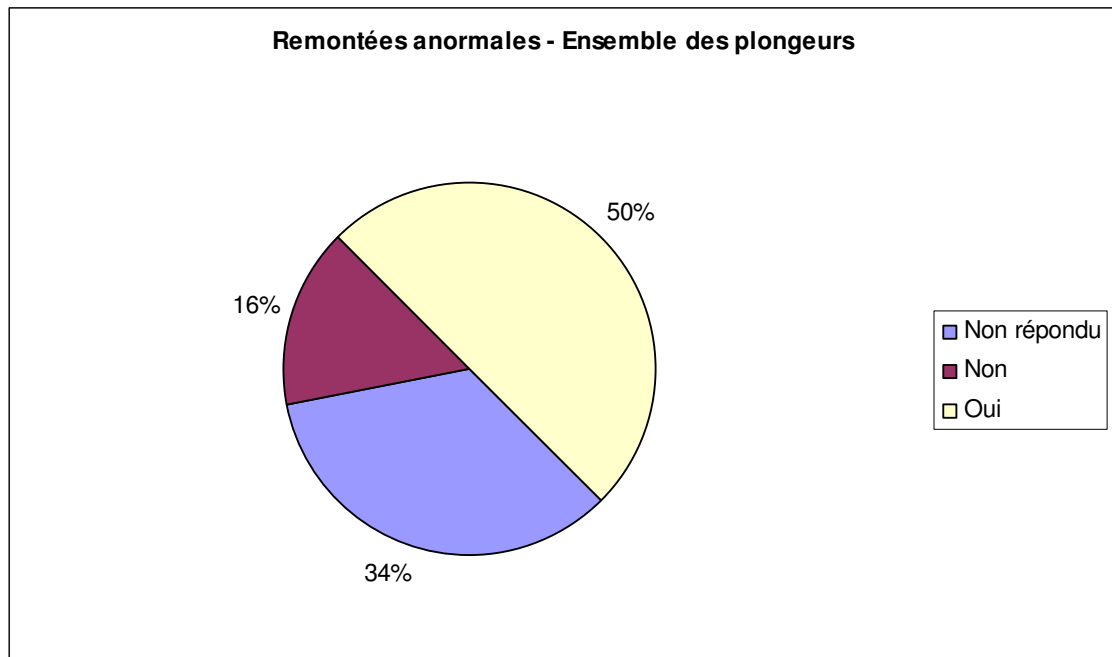
Dans cette partie de l'étude, seules les réponses de plongeurs utilisant un ordinateur ont été comptabilisées, puisque les questions n'étaient pas adressées aux autres plongeurs.



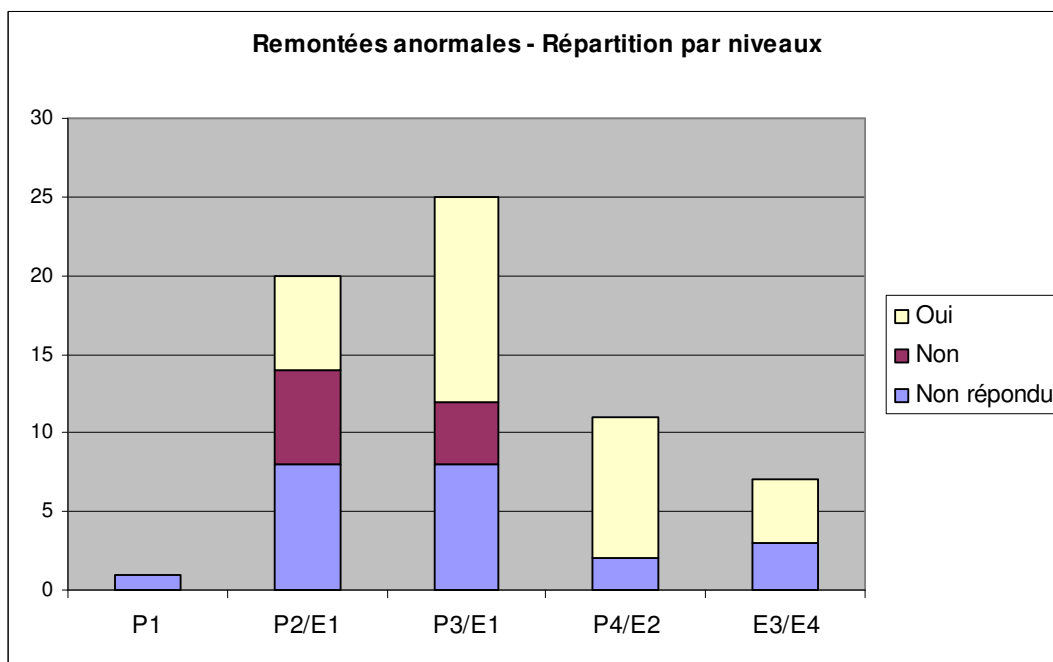
La plupart des plongeurs (87%) savent encore utiliser les tables, de manière classique, bien que bon nombre d'entre eux ne les aient jamais utilisées en cas réel.



La même chose est constatée en faisant l'étude par niveaux. On constate tout de même que les plongeurs ne sachant pas utiliser les tables sont dans les niveaux les plus bas et plongent depuis longtemps. A noter qu'un moniteur avoue ne pas savoir utiliser les tables (un autre n'a pas répondu, mais n'utilise pas l'ordinateur, donc n'avait pas à répondre à cette question).



Si l'on regarde les cas d'utilisation spécifiques des tables (remontées rapides, etc....), on voit que beaucoup de plongeurs n'ont pas répondu à cette question. La raison est très certainement qu'ils n'en ont pas vu l'utilité ou ne l'ont pas comprise, après la question précédente. Les résultats de tirés de cette question ne peuvent donc pas vraiment être pris en compte.



En regardant en détail, parmi les plongeurs ayant répondu, on s'aperçoit quand même que quelques plongeurs disent savoir utiliser les tables en plongée "normale", mais pas en plongées "anormales".

*Ceci montre que les moniteurs enseignent correctement les tables, à défaut d'enseigner l'ordinateur.*

#### **4.4. Les fonctionnalités utilisées**

Peu de plongeurs (25 %) disent utiliser toutes les fonctionnalités de leur ordinateur, et dans ce cas il s'agit en général d'ordinateurs bas de gamme, n'offrant pas de fonctionnalités avancées.

L'enquête montre également que la plupart des plongeurs n'utilisent pas les fonctionnalités de planification ou de plongée nitrox, voir ne savent pas quelles fonctionnalités sont présentes sur leur ordinateur.

*Ceci montre que le plongeur ne connaît clairement pas le fonctionnement de son ordinateur et n'a dans la plupart des cas même pas lu complètement son manuel. L'ordinateur est alors utilisé tel quel (dans son état neuf, en sortant de la boîte), en lui faisant une confiance aveugle.*

#### **4.5. Le rôle du moniteur**

Au vu de cette petite étude, il apparaît clairement, du point de vue du moniteur, que :

- Les moniteurs enseignent correctement l'utilisation des tables
- Les moniteurs enseignent très peu l'utilisation de l'ordinateur
- De ce fait, les moniteurs ne se tiennent pas à jour des enseignements nécessaires (pas de suivi du manuel du moniteur, pas de "recyclage"...) )
- Les moniteurs ne font pas suffisamment le lien entre la théorie et la pratique, or le plongeur ne fait de la théorie que pour comprendre ce qui se passe dans l'eau

## **5. POURQUOI ENSEIGNER L'ORDINATEUR ?**

Il est légitime de se poser la question : pourquoi enseigner l'utilisation de l'ordinateur ? Après tout, nous n'enseignons pas particulièrement l'utilisation du gilet (SGS), en dehors de sa pratique. D'autre part, le plongeur connaît déjà les procédures à utiliser, grâce au cours sur les tables, et chaque ordinateur est livré avec un manuel, qu'il suffirait théoriquement de lire.

Mais le fait est que l'ordinateur est un peu plus complexe qu'un gilet, que les procédures d'utilisation des tables ne s'appliquent pas à l'ordinateur, que l'utilisateur lit rarement le manuel, et qu'il existe plusieurs modèles d'ordinateurs, au sein même d'une palanquée, ne présentant pas forcément les mêmes informations de décompression.

Pour nous en convaincre, nous avons fait deux plongées avec des ordinateurs différents. Les plongées sont rigoureusement les mêmes pour chaque ordinateur (tous les ordinateurs étant portés par le même plongeur). La première plongée simule une plongée d'exercices dans l'espace lointain, et la seconde une plongée d'exploration dans l'espace lointain.

Les ordinateurs utilisés ne seront pas nommés, l'intérêt dans cette étude n'étant pas de démontrer quelque chose vis-à-vis de tel ou tel marque ou modèle.

### **5.1. La plongée d'exercice**

#### Conditions de réalisation

Cette plongée est effectuée avec 4 ordinateurs, tous complètement désaturés (pas de plongée depuis plusieurs jours). Tous les ordinateurs font rigoureusement la même plongée.

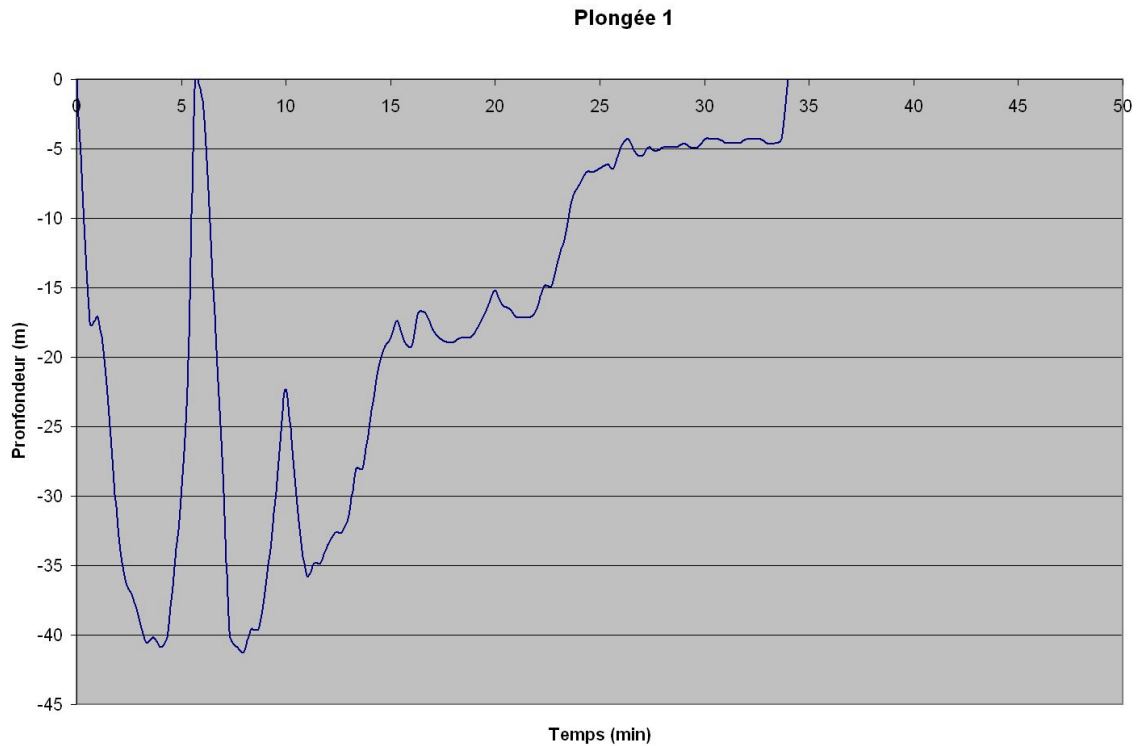
Le protocole choisi est le suivant : simuler une plongée d'exercice préparant à un niveau 3 ou à un niveau 4. La plongée débute donc par une descente sur une profondeur de 40 m, puis une remontée au gilet, une redescente rapide, puis une autre remontée, interrompue à mi-profondeur.

La plongée se termine ensuite par une exploration, simulant l'apprentissage de la gestion de palanquée pour l'élève.

Les ordinateurs pris en compte sont :

- Ordinateur 1 : modèle ancien et simple
- Ordinateur 2 : modèle ancien, mais un des modèles les plus utilisés aujourd'hui. Cet ordinateur peut être durci, mais est utilisé en mode non durci (standard)
- Ordinateur 3 : modèle récent, utilisant le modèle de calcul RGBM. Ce modèle peut être durci, mais est utilisé en mode non durci (standard)
- Ordinateur 4 : Ordinateur récent, utilisant un modèle de calcul classique ou micro-bulles. Ce modèle peut être durci (échelle de 0 à 5) et est dans notre cas utilisé en mode de calcul par micro-bulles (réglage le moins dur), afin de pouvoir le comparer avec le modèle RGBM de l'ordinateur 3

## Le profil de plongée

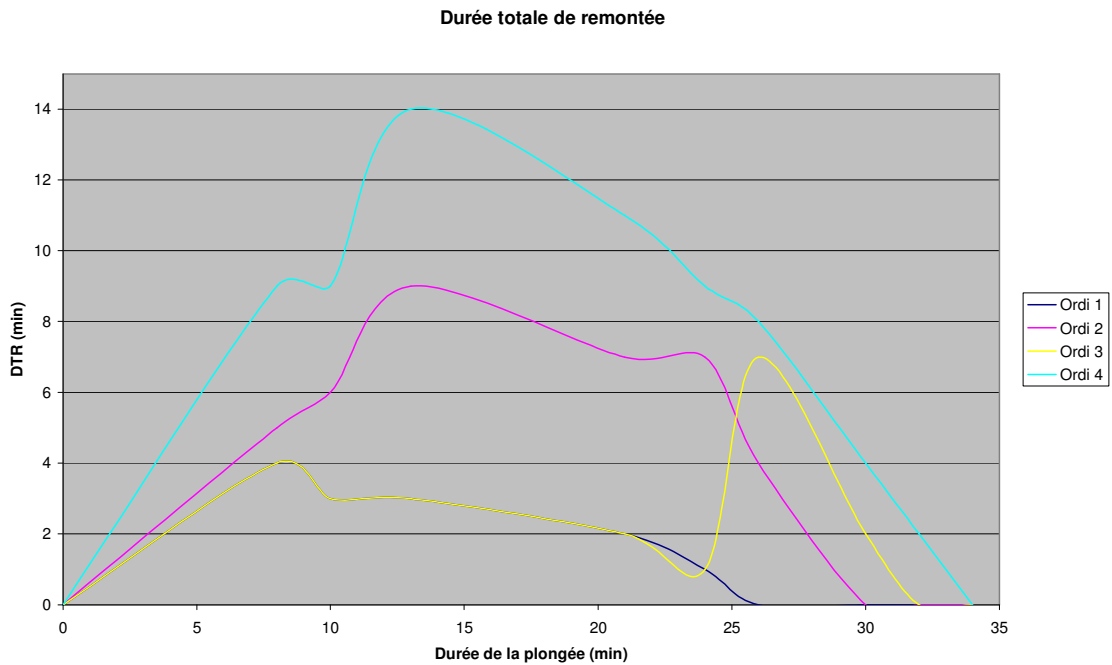


### Les données relevées

Les données de paliers indiquées par les ordinateurs ont été relevées régulièrement (dans le tableau, « R. » signifie « durée de remontée») :

Temps	Ordi 1	Ordi 2	Ordi 3	Ordi 4	Commentaires
8 min		1 min / 3 m		5 min / 3 m	Avant la 2 <sup>ème</sup> remontée. Le Vyper indique juste qu'il y aura des paliers (car on a dépassé 10 m de profondeur)
10 min		3 min / 3 m		1 min / 6 m R. = 9 min	Après la 2 <sup>ème</sup> remontée (profondeur 23 m)
13 min		1 min / 6 m R. = 9 min		5 min / 6 m R. = 14 min	Début de l'exploration (profondeur 30 m)
21 min		5 min / 3 m R. = 7 min		2 min / 6 m R. = 11 min	Arrivée à l'ancre (profondeur = 17 m)
24 min		6 min / 3 m R. = 7 min		1 min / 6 m R. = 9 min	Arrivée au palier de 6 m
26 min		4 min / 3 m	7 min / 3 m	8 min / 3 m	Arrivée au palier de 3 m
30 min					Fin de plongée pour l'ordinateur 2
32 min					Fin de plongée pour l'ordinateur 3
34 min					Fin de plongée pour l'ordinateur 4





### En utilisant les tables

La même plongée aux tables aurait donné les paliers suivants :

- 3 min / 6 m
- 22 min / 3 m

(avec comme paramètres d'entrée 42 m et 25 min)

### La constatation

- Les tables auraient donné plus de paliers que n'importe lequel des ordinateurs, mais ceci s'explique facilement par le profil d'exploration en 2<sup>ème</sup> moitié de plongée
- L'ordinateur 1 n'a jamais donné le moindre palier, ce qui signifie qu'il n'a manifestement pas intégré les remontées rapides dans ses calculs.
- L'ordinateur 3 n'a pas donné les paliers pendant la plongée, mais seulement en arrivant au-dessus de 6 m. Ceci s'explique par le fait que le profil de plongée était anormal, les paliers qu'il a donné en fin de compte n'étant dus qu'à la remontée rapide, et non au temps et à la profondeur de la plongée
- L'ordinateur 4 a donné légèrement plus de paliers que l'ordinateur 3, mais il est durci. Le fait remarquable est surtout qu'il a donné des paliers plus profonds (6 m)
- L'ordinateur 2 a donné moins de paliers au total que les ordinateurs les plus récents, même si sa durée de remontée maximale affichée a été supérieure à celle de l'ordinateur 3

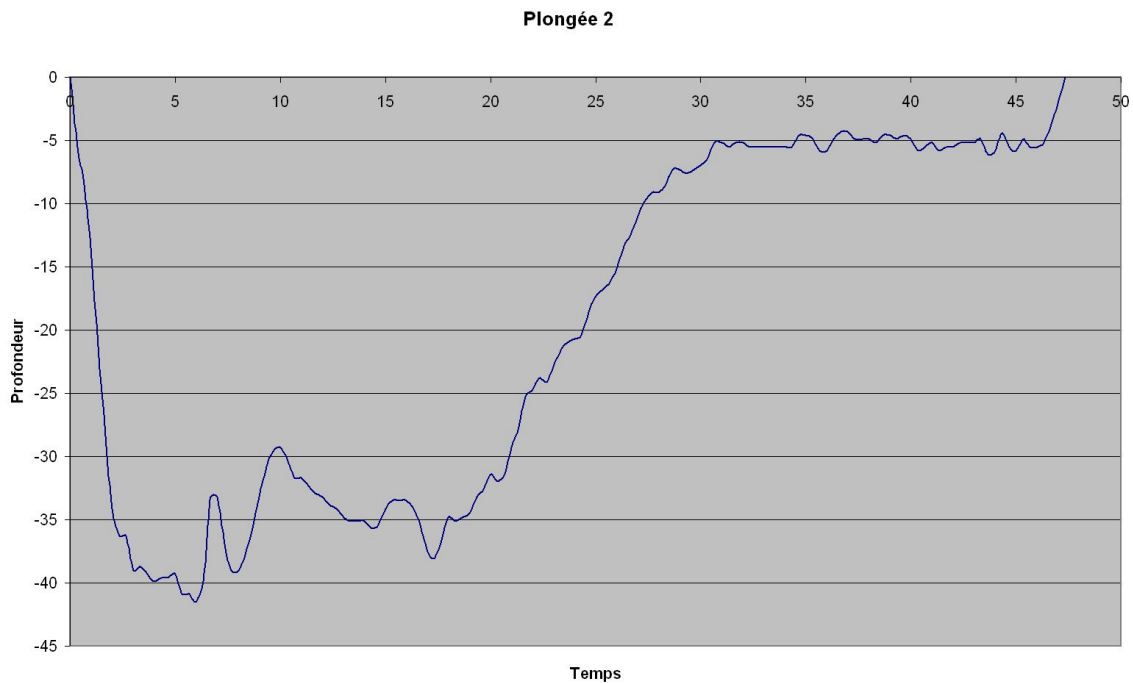
## 5.2. La plongée d'exploration

### Conditions de réalisation

Cette plongée est effectuée le lendemain de la précédente (intervalle 24h), avec les mêmes ordinateurs sauf l'ordinateur 1. Nous pouvons donc considérer que les ordinateurs sont tous désaturés (de la même manière).

La plongée est une plongée d'exploration dans l'espace lointain, amenant des paliers, qui seront effectués dans la zone des 5 m (au lieu des 3 m).

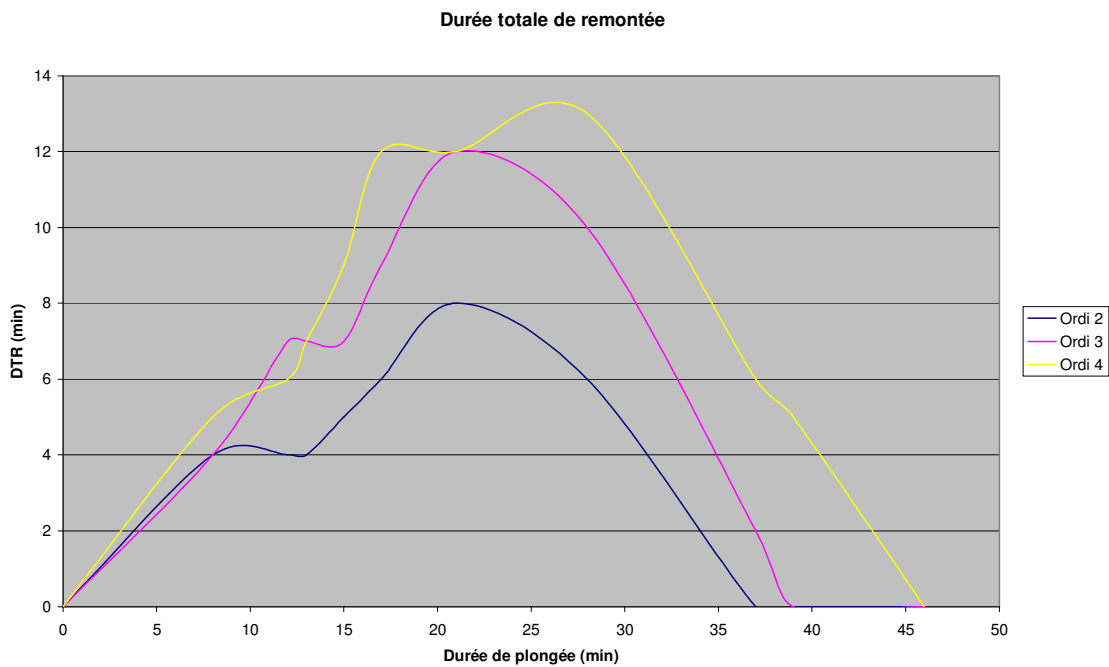
### Le profil de plongée



### Les données relevées

Les données de paliers indiquées par les ordinateurs ont été relevées régulièrement (dans le tableau, « R. » signifie « durée de remontée, et « PP » signifie « profondeur plafond »):

Temps	Ordi 2	Ordi 3r	Ordi 4	Commentaires
8 min			1 min / 3 m	Profondeur 30 m
12 min		R = 7 min	3 min / 36 m R. = 6 min	
13 min	1 min / 3 m R = 4 min	R = 7 min	4 min / 3 m R = 7 min	Début de l'exploration (profondeur 30 m)
15 min	2 min / 3 m R. = 5 min	R = 7 min	1 min / 6 m R. = 9 min	Paliers à 6 m sur le Smart
17 min	3 min / 3 m R. = 6 min	R = 9 min	3 min / 6 m R. = 12 min	
21 min	6 min / 3 m R = 8 min	R = 12 min PP = 3.2 m	8 min / 3 m	Le Vyper commence à augmenter la profondeur plafond La remontée lente débute
28 min	5 min / 3 m R = 6 min	R = 10 min PP = 3 m	1 min / 6 m R = 13 min	Arrivée au palier
37 min				Fin de plongée pour l'ordinateur 2
39 min				Fin de plongée pour l'ordinateur 3
46 min				Fin de plongée pour l'ordinateur 4



### En utilisant les tables

La même plongée aux tables aurait donné les paliers suivants :

- 6 min / 6 m
- 31 min / 3 m

(avec comme paramètres d'entrée 42 m et 30 min)

### La constatation

- Les tables auraient donné beaucoup plus de paliers que les ordinateurs, ceci étant ici aussi expliqué aisément par la remontée lente
- La prise en compte des paliers est similaire à ce que l'on a constaté lors de la 1<sup>ère</sup> plongée : l'ordinateur 4 donne légèrement plus de paliers que l'ordinateur 3, qui en donne lui même légèrement plus que l'ordinateur 2. Ceci dit, on rappelle que l'ordinateur 4 est légèrement durci
- Ici encore, l'ordinateur 4 est celui qui donne les paliers les plus profonds
- Si l'on considère que l'on est arrivé aux paliers au bout de 28 min de plongée, la fin des paliers aurait due être donnée au bout de 34 min pour l'ordinateur 2, 38 min pour l'ordinateur 3 et 40 min pour l'ordinateur 4. On constate que le fait de faire les plongées vers 5 m plutôt que 3 a donc allongé la durée des paliers, davantage pour les ordinateurs 2 et 4 que chez l'ordinateur 3, et principalement pour l'ordinateur durci.

### **5.3. Conclusion de cette comparaison**

Au vu de ces deux plongées, il est évident que les différents ordinateurs n'ont pas du tout le même comportement. Ceci montre qu'il est important de faire le bon choix, en fonction de l'utilisation que l'on veut en faire.

On notera que les ordinateurs les plus récents donnent plus de paliers, et intègrent mieux les remontées "anormales", même s'ils ne le font pas tous de la même façon.

## 6. L'ENSEIGNEMENT ACTUEL

### 6.1. Selon le manuel du moniteur

Les procédures de décompression font partie de l'enseignement théorique dispensé au plongeur.

#### Au niveau 1 :

Cet enseignement fait partie de la compétence n°6 « Connaissances théoriques » :

<b>Connaissances, savoir-faire et savoir-être</b>	<b>Commentaires et limites</b>	<b>Critères de réalisation</b>
<p>Le principe de l'accident de décompression ; symptômes courants et prévention ; présentation de la table et de l'ordinateur de plongée.</p> <p>La courbe de sécurité des tables fédérales.</p>	<p>Aucune recherche de mécanisme et aucun problème de table n'est exigible.</p>	<p>Savoir que l'ADD est dû à la dissolution du N<sub>2</sub> sous pression.</p> <p>Connaître les paramètres de lecture d'une table, ainsi que ceux d'un ordinateur.</p> <p>Courbe de sécurité.</p>

Dans le cadre du niveau 1, les procédures de décompression ne sont expliquées que très basiquement, dans le cadre de la prévention des accidents de décompression. Le plongeur n'a pas à connaître précisément leur fonctionnement, mais simplement les paramètres qui vont intervenir.

#### Au niveau 2 :

Cet enseignement fait partie de la compétence n°6 « Connaissances théoriques » :

<b>Connaissances, savoir-faire et savoir-être</b>	<b>Commentaires et limites</b>	<b>Critères de réalisation</b>
<p>- Utilisation des tables fédérales actualisées pour les conditions correspondantes à la pratique : plongées simples, consécutives, successives, procédures de remontées anormales, rapides, lentes.</p> <p>- Ordinateurs de plongée.</p>	<p>-Les problèmes doivent rester simples et réalistes .</p> <p>Une information sur la plongée Nitrox peut être donnée (sans réalisation de problèmes). La plongée en altitude est exclue (sauf information dans le cadre de clubs pratiquant dans cette configuration).</p> <p>-Il s'agit de préciser les conditions d'emploi et les limites d'utilisation.</p>	<p>- Evaluation par écrit.</p> <p>Exactitude du raisonnement et du résultat. La rapidité est un critère secondaire.</p>

Dans le cadre du niveau 2, le plongeur vise à devenir autonome (entre niveaux 2) dans l'espace médian. A ce titre, il doit non seulement comprendre la liaison entre les accidents et les procédures de décompression, mais également savoir les appliquer, afin de gérer lui-même

son immersion. La plongée autonome dans l'espace médian se fait en règle générale dans la courbe de sécurité, il n'est donc pas nécessaire de sensibiliser le niveau 2 sur la cohabitation de plusieurs moyens de décompression.

Dans ce cadre, seule la plongée « mer » est prise en compte, les plongées en altitude ou aux mélanges prenant part dans des informations complémentaires ou des diplômes à part entière.

### Au niveau 3 :

Cet enseignement fait partie de la compétence n°6 « Connaissances théoriques » :

<b>Connaissances, savoir-faire et savoir-être</b>	<b>Commentaires et limites</b>	<b>Critères de réalisation</b>
- Utilisation des tables fédérales - Gestion de l'air	- Les problèmes doivent rester réalistes et correspondre à la pratique. L'utilisation des tables en altitude peut être enseignée.	- L'évaluation est réalisée par écrit, éventuellement en situation (planchettes et tables à bord).
- Utilisation des ordinateurs de plongée.  - Planification de la plongée lorsque coexistent plusieurs méthodes de décompression.	- Il s'agit surtout de préciser les conditions d'emploi et les limites de leur utilisation.  - Impérativement la solution adoptée doit permettre le maintien de la cohésion de la palanquée.	- Evaluation par écrit ou par oral.

Dans le cadre du niveau 3, le plongeur vise à devenir autonome (entre niveaux 3) dans l'espace lointain. A ce titre, il fera régulièrement des plongées nécessitant de faire des paliers, et devra être capable de les gérer, tout en sachant que les autres plongeurs de la palanquée n'utilisent pas forcément les mêmes tables.

Les plongées particulières (altitude, mélanges) ne font toujours pas partie de la formation.

### Au niveau 4 :

Cet enseignement fait partie de la compétence n°7 « Connaissances théoriques » :

<b>Connaissances, savoir-faire et savoir-être</b>	<b>Commentaires et limites</b>	<b>Critères de réalisation</b>
		<b>Epreuve par écrit pouvant comporter deux types de problèmes :</b>  - <b>Utilisation des tables MN90 actualisées</b>  - <b>Etude de cas concrets mettant en jeu diverses procédures de décompression.</b>

<p><u>Utilisation des tables fédérales</u></p> <p>Tous les cas d'utilisation et toutes les possibilités de lecture : plongées simples, successives, consécutives, remontées « anormales » (lentes, rapides, paliers interrompus) . Utilisation de l'O<sub>2</sub> aux paliers et en surface. Altitude. Utilisation théorique en cas de plongée au Nitrox.</p>	<p>Eviter les problèmes irréalistes mais travailler plutôt sur des cas concrets nécessitant une maîtrise de l'utilisation de la table (vitesse d'utilisation).</p>	<p>Savoir résoudre tous les cas de figures avec une bonne fiabilité et rapidement.</p>
<p><u>Connaissance sur les calculateurs</u></p>	<p>Principe de fonctionnement à l'exclusion de toute notion d'électronique. Principe d'utilisation, limites d'utilisation.</p>	<p>Etablir les parallèles avec l'utilisation des tables MN90 actualisées.</p>
<p><u>Cohabitation des procédures de décompression différentes</u></p>	<p>Etudes des solutions permettant de concilier le respect de la liberté du choix de chaque plongeur avec les impératifs de la plongée en collectivité : sécurité et cohésion des palanquées.</p>	<p>Connaître les règles de sécurité qui permettent de gérer une palanquée dont les plongeurs utilisent des procédures différentes.</p>

Dans le cadre du niveau 4, le plongeur se positionne en tant que guide de palanquée. Au-delà de l'autonomie, qui permet à chaque plongeur de la palanquée de calculer sa décompression et de la confronter à celle trouvée par les autres membres de la palanquée, le plongeur niveau 4 prend la responsabilité d'une palanquée, et doit donc assurer complètement la procédure de décompression de la palanquée. Il doit donc maîtriser parfaitement l'ensemble des procédures.

De plus, le niveau 4 a souvent pour objectif de devenir moniteur, cas dans lequel il devra savoir faire passer ses connaissances, et donc les connaître parfaitement pour bien les restituer.

## **6.2. Le cadre d'utilisation des tables MN90**

Les tables MN 90, utilisées par la FFESSM, ont été élaborées en 1990 par la Marine Nationale et complétées par des données statistiques.

La Marine Nationale précise les conditions d'utilisation de ces tables : « Elle est applicable au personnel militaire de la Marine, dans le cadre de ses missions à l'exclusion de toute autre utilisation. Ces tables ont été mises au point sur une population particulière d'adultes jeunes, de sexe masculin ayant un certain profil "biométrique" (95 % de la population appartenant à

*plus ou moins deux fois un écart type donné), et suivant une formation technique et un entraînement spécifique. Elles peuvent donc ne pas parfaitement convenir hors de ce contexte. A l'évidence, ces tables ne sont pas établies pour le public très large qui pratique la plongée sous marine de loisir. ».*

Les conditions « biométriques » définies sont :

- Sexe masculin
- Age : 32,3 ans  $\pm$  6,1 ans
- Taille : 175,9 cm  $\pm$  5,7cm
- Poids : 74 kg  $\pm$  8 kg

En outre, elles ne sont pas faites pour des plongées comportant des efforts importants.

Ces tables ne sont imposées par la FFESSM que pour la résolution d'exercices, à des fins de formation. Il appartient ensuite au plongeur de choisir le modèle de décompression qu'il va utiliser (tables, ordinateurs).

### **6.3. En pratique**

En pratique, à l'heure actuelle, nous constatons que très peu de moniteurs sensibilisent les plongeurs à l'utilisation de l'ordinateur ou à ses limites. Nous constatons également que les ordinateurs ne sont pas utilisés normalement, notamment dans le cas de plongées d'exercices.

Plusieurs raisons peuvent intervenir dans ce constat :

- Une mauvaise connaissance du manuel du moniteur, et donc des évolutions devant s'appliquer à l'enseignement de notre discipline
- Une mauvaise connaissance des limites de l'ordinateur, amenant le moniteur à penser que l'enseignement des tables MN 90 seul suffit
- Une mauvaise utilisation de l'ordinateur par le moniteur lui-même, découlant directement d'un non maintien du niveau suffisant pour pouvoir enseigner sa discipline
- Comme l'ensemble des plongeurs, les moniteurs n'ont eux-mêmes pas reçu de formation à l'utilisation de l'ordinateur, et ont tendance à reproduire le schéma d'enseignement qu'ils ont eux-mêmes reçu



## **7. COMMENT ENSEIGNER L'ORDINATEUR ?**

Dans cette partie, nous nous appuyerons sur les chapitres précédents afin de définir un contenu de formation pour chacun des niveaux de plongeur.

### **7.1. Au niveau 1**

A ce niveau, l'enseignement de l'ordinateur pourra être abordé sur deux plans :

#### Du point de vue de la pratique

Dès son baptême, le débutant est confronté à un matériel qu'il ne connaît pas, et qui lui est présenté brièvement par le moniteur. Ce matériel va ensuite lui être présenté de manière plus complète dès le début de sa formation, puis il va s'apercevoir que le moniteur, ou les autres plongeurs plus aguerris, disposent d'un matériel différent.

A ce stade, le moniteur peut lui donner les indications complémentaires, sans parler du choix entre les différents ordinateurs. Le moniteur devra alors insister sur le fait que pour un niveau I, l'ordinateur n'est pas nécessaire, et n'est surtout pas dans ses priorités en termes d'équipement de plongée. L'approche sera également centrée sur l'entretien du matériel (fragilité, rinçage, rangement), comme pour tout le matériel présenté.

#### Du point de vue de la théorie

Lors de sa formation, le plongeur niveau I reçoit une information de base sur les tables. Il doit savoir à quoi elles correspondent, sans aller dans le détail du calcul des paliers. Il doit également connaître la courbe de sécurité, ainsi que l'utilité d'un palier de principe.

Cette connaissance a pour but de lui faire comprendre la prévention des accidents de décompression, mais il doit pouvoir rattacher cette connaissance à la pratique, à savoir l'utilisation d'un ordinateur de plongée.

Il est donc nécessaire, dans ce cadre et à la suite de la présentation des tables, de lui présenter l'ordinateur ainsi que les paramètres qu'il nous donne, d'une manière générale (il n'est pas question ici de vanter les mérites d'une marque ou d'une autre). Lors de cette présentation, le moniteur pourra se munir d'un ou plusieurs types d'ordinateurs, afin de montrer les différents types d'affichages à l'élève. Il sera également possible de lui montrer, dans l'eau, l'utilisation qu'il en fait (lecture de paramètres).

D'une manière générale, la partie théorique et la partie pratique de cet enseignement sont très liées, et peuvent être faites directement sur le bateau, en même temps.

#### Résumé des points abordés au niveau I

- Présentation de l'ordinateur, d'un point de vue pratique
- Présentation des paramètres principaux gérés par l'ordinateur (profondeur, durée, profondeur maximale)
- Entretien : protection, rinçage, rangement

## 7.2. Au niveau 2

Ici également, l'enseignement de l'ordinateur sera abordé sur les deux plans, pratique et théorique :

### Du point de vue de la pratique

Le plongeur en formation niveau II a une 1<sup>ère</sup> idée de ce que représente l'ordinateur, et de sa finalité. Cependant, il ne l'a jamais utilisé. D'autre part, il aura besoin, une fois en autonomie, d'un moyen de contrôle de ses paramètres de plongée, et de sa propre décompression. Ce moyen est dans la plupart des cas un ordinateur, et il doit donc en acquérir les capacités d'utilisation, dès sa formation.

C'est également durant sa formation de niveau II que le plongeur aura en général à acheter un ordinateur de plongée. Le rôle du moniteur est alors capital, car il doit conseiller le plongeur sur ses choix, sans pour autant l'orienter vers une marque ou une autre (ce n'est pas le rôle du moniteur). Cette information sur le choix d'un ordinateur viendra dès le début de la formation, car le plongeur en aura besoin très tôt pour acquérir les compétences n°4 (réactions aux situations usuelles) et n°5 (autonomie de plongée dans l'espace médian), qui occupent la plus grande partie de cette formation.

La présentation pratique de l'ordinateur passe par deux phases :

- Description sommaire des **fonctionnalités rencontrées** (elles seront précisées lors du cours théorique correspondant)
- **Prise en compte du plongeur** : en fonction de sa personnalité, de sa motivation ou de sa passion pour la plongée, de ses moyens financiers, de son attrait pour la technologie et le matériel, l'orientation à lui donner ne sera pas la même.

La présentation de l'ordinateur du point de vue du matériel a donc tout intérêt à être personnalisée : n'oublions pas que si les conseils donnés sont bons, l'élève achètera l'ordinateur qui lui convient, et n'aura donc pas besoin d'en changer au bout de quelques mois de pratique, afin de combler les besoins non assumés par un mauvais achat.

Les principaux points pour la prise en compte du plongeur sont résumés dans le tableau suivant :

<i>Point caractéristique du plongeur</i>	<i>Orientation sur le choix de l'ordinateur</i>
Plongée loisir, peu fréquente	Ordinateur de base
Faible budget	Ordinateur de base
Plongées fréquentes, avec intérêt pour aller vers un niveau III ou plus	Ordinateur de base ou nitrox
Evolution probable vers la plongée au nitrox	Ordinateur nitrox
Intérêt pour la technologie et les gadgets	Ordinateur nitrox ou multi-gaz, avec gestion d'air

On notera que les critères peuvent être cumulatifs, mais vont souvent de pair : par exemple, un plongeur ayant un faible budget sera en général un plongeur pratiquant peu, et n'ayant donc aucun intérêt à aller vers de la plongée nitrox.

Il est bien sûr possible de trouver d'autres caractéristiques de choix, mais celles énoncées ci-dessus sont les plus fréquentes.

En dehors de critères de choix, le moniteur devra également revenir sur les notions d'entretien vues au niveau I, et aura notamment pour rôle de déconseiller au plongeur de changer lui-même les piles de son ordinateur. Cette opération, même si elle est relativement simple, peut rapidement déboucher sur une mauvaise étanchéité de l'ordinateur, et donc sa dégradation, malgré ce qu'annoncent souvent les manuels.

### Du point de vue de la théorie

Le cours sur les ordinateurs se positionnera en général, de manière logique, après le cours sur les accidents de décompression et le cours sur les tables. Il viendra donc assez tard dans la formation niveau II, c'est-à-dire après l'enseignement pratique correspondant. A ce stade, l'élève aura donc déjà une certaine approche de l'ordinateur, voir déjà acheté le sien.

La 1<sup>ère</sup> partie du cours théorique comportera donc un rappel et un approfondissement de la présentation des différentes fonctionnalités d'un ordinateur de plongée.

La 2<sup>ème</sup> partie, quant à elle, sera plus centrée sur l'utilisation elle-même, correspondant aux prérogatives du plongeur :

- La plongée dans la **courbe de sécurité**, en utilisant la **remontée lente** : ce cas est une différence majeure par rapport à l'utilisation des tables. Le niveau 2 en autonomie peut profiter de sa plongée en l'allongeant sans pour autant avoir à réaliser des paliers obligatoires. Il doit comprendre que la courbe de sécurité n'est pas figée, comme elle l'est pour les tables
- La **plongée avec paliers** : celle-ci sera principalement réalisée dans l'espace lointain, le plongeur étant donc encadré. Dans ce cadre, il doit donc apprendre à gérer sa propre remontée, c'est-à-dire son propre ordinateur (les paliers de son ordinateur ne correspondant pas forcément à ceux des autres membres de la palanquée)
- La **profondeur des paliers** : dans le cours sur l'utilisation des tables, le plongeur apprend que les paliers doivent être respectés le plus précisément possible. Il n'est alors pas possible pour lui d'effectuer des paliers à 5 m s'ils sont prévus à 3 m. La différence majeure dans le cas de l'ordinateur est qu'il peut tout à fait réaliser ses paliers dans la zone de 5 m (par exemple), puisque l'ordinateur réagira en rallongeant légèrement leur durée. La plongée peut alors devenir plus intéressante, puisque, dans la majorité des cas, la fin de plongée pourra se réaliser sur un plateau ou le haut d'un tombant, sans maintenir une profondeur stricte (mais également sans avoir de grosses variations)
- La **sensibilisation à la vitesse de remontée** est également très importante, celle-ci étant plus lente que pour les tables, et souvent variable en fonction de la profondeur (dans les ordinateurs récents). Il est encore très courant d'entendre les moniteurs parler de « vitesse des petites bulles », celle-ci n'étant malheureusement que très subjective (les petites bulles ne sont pas les mêmes pour tout le monde, évoluent suivant la profondeur, et ont donc une vitesse variable .... qui accélère en remontant), et surtout pas applicable à l'utilisation d'un ordinateur
- Le **palier de principe** (3 min, 3 m), comme pour les tables, reste important. En effet, peu d'ordinateurs l'intègrent, et le plongeur peut aisément comprendre qu'il est alors

plus proche de ses limites (en termes d'accident de décompression), puisqu'il a moins de paliers à faire qu'en utilisant des tables

- Les fonctions de planification : dans le cadre de **plongées successives en autonomie**, après une plongée encadrée par exemple, les différents plongeurs d'une palanquée n'auront pas forcément les mêmes paramètres. Cependant, du point de vue de l'espace d'évolution (espace médian), cette fonctionnalité présente peu d'avantages pour le plongeur niveau 2, car il est vrai qu'une plongée en autonomie dans l'espace médian, même successive, devrait rester dans la courbe de sécurité. Le plongeur niveau 2 devra toutefois intégrer le fait que malgré des informations différents suivant l'ordinateur utilisé, la cohésion de la palanquée doit être maintenue.
- Il n'est pas nécessaire de former le plongeur à l'utilisation de l'ordinateur en altitude, sauf dans le cas où celui-ci aurait à pratiquer dans ces conditions (clubs d'intérieur, pratiquant en montagne)
- Il n'est pas nécessaire de former le plongeur à l'utilisation de l'ordinateur en mode nitrox, ceci faisant partie de la formation de plongeur nitrox ou de plongeur nitrox confirmé

En dehors des points spécifiques à l'utilisation de l'ordinateur en plongée, le moniteur devra également mettre l'accent sur la nécessité pour le plongeur de **lire le manuel utilisateur** de son ordinateur. En effet, il n'est pas concevable qu'un plongeur utilise un instrument de sécurité sans avoir été informé de son fonctionnement et de ses limites précises.

#### Résumé des points abordés au niveau II

- Rappels sur les fonctions d'un ordinateur
- L'entretien, et plus particulièrement le remplacement de la pile
- Les critères de choix
- La plongée en autonomie, sans paliers mais avec remontée lente
- La plongée dans l'espace lointain, avec paliers
- La zone de maintien du palier
- Le contrôle de la vitesse de remontée
- Le palier de principe
- La planification, éventuellement

### **7.3. Au niveau 3**

Dans le cadre du niveau 3, la partie pratique de la formation à l'utilisation de l'ordinateur n'a pas lieu d'être, le plongeur niveau 2 ayant déjà reçu toute l'information, et étant dans la plupart des cas en possession d'un ordinateur depuis sa formation de niveau 2.

La formation pour ce niveau portera donc uniquement sur la partie théorique, et prendra ici aussi place après les cours sur les accidents de décompression et sur les tables.

Le cours correspondant devra prendre en compte :

- Les points déjà vus au niveau 2 : la plongée avec remontée lente, permettant de limiter les paliers, le palier de sécurité conseillé, la vitesse de remontée et la profondeur effective des paliers
- La plongée **hors courbe de sécurité** : en tant que plongeur autonome, dans tous les espaces d'évolution possibles, le niveau 3 aura la plupart du temps des paliers à faire, au moins à 3 m, si ce n'est à 6 m. A la différence du niveau 2, il devra les gérer complètement, tout seul. Il est alors important de lui faire comprendre que si le palier de 3 m peut être fait un peu plus profond (5 m par exemple), il faut limiter ce dépassement sur les paliers plus profonds, sans pour autant rentrer dans les détails théoriques de la saturation
- La **plongée « border-line »** : ce type de plongée consiste à faire une plongée en gardant l'ordinateur en permanence à la limite des paliers. Par exemple : le plongeur descend à 50 m, puis dès que son ordinateur indique des paliers imminents, remonte de quelques mètres, et ainsi de suite. Cette pratique est très efficace sur le plan de l'optimisation de la plongée, puisqu'elle permet de rester le plus longtemps possible sans réaliser le moindre palier. Cependant elle est à éviter dans tous les cas, car elle élimine toute marge de sécurité et place le plongeur au plus près de l'accident de décompression, d'une manière générale. Le plongeur niveau 3 se doit donc de ne pas réaliser ce type de plongée, et en tout cas de marquer un palier de sécurité (voir cours du niveau 2)
- **Paliers ou remontée continue** ? La plupart des ordinateurs présentent un système de gestion des paliers classique (tous les 3 m), mais certains gèrent une remontée continue (par exemple les ordinateurs Suunto). Le plongeur doit alors respecter une profondeur plafond, qui ne correspond pas forcément à celle des autres membres de la palanquée (ayant d'autres ordinateurs). Le but ici n'est pas de favoriser une méthode ou l'autre, mais simplement de faire prendre conscience au plongeur que les différents ordinateurs de la palanquée ne donneront pas tous les mêmes informations
- Le **réglage des paramètres de sécurité** : la plupart des ordinateurs fonctionnent suivant un mode normal, mais peuvent être durcis. Ceci doit être fait en cas de fatigue excessive (mais on rappelle quand même que l'on ne doit pas plonger fatigué), ou suite à des événements fatigants : après une maladie, un trajet assez long, etc.... Le plongeur ne devra pas hésiter à durcir son ordinateur s'il en éprouve le besoin, et à en avvertir les autres membres de sa palanquée (afin de limiter la profondeur, etc...). Les autres plongeurs, également en tant que niveaux 3, devront apprendre à accepter la décision de leur compagnon, et surtout à ne pas se sentir coupable de rallonger les paliers
- Les **fonctions de planification** devront être abordées, les plongées dans l'espace lointain ou au-delà nécessitant forcément plus de préparation que les plongées en autonomie dans l'espace médian
- La détection de pannes évidentes (ordinateur affichant n'importe quoi) peut être abordée, les plongeurs niveau 3 étant en autonomie dans l'espace lointain. Dans ce cas cependant, cette partie n'a pas à être très poussée, chaque plongeur devant avoir son propre moyen de contrôle des paramètres, et une comparaison entre les ordinateurs permettant donc de très vite déceler un problème
- Pour les mêmes raisons qu'au niveau 2, l'enseignement de la plongée en altitude ne sera fait que si cela est nécessaire

- Pour les mêmes raisons qu'au niveau 2, l'enseignement de l'utilisation de l'ordinateur pour les mélanges ne fait pas partie de ce niveau

En termes de palanquée, nous avons vu que **plusieurs moyens de décompression** peuvent coexister. L'enseignement théorique devra donc en tenir compte, notamment en précisant que la gestion de la remontée n'est pas individuelle, et qu'à tout moment la palanquée doit rester unie (même si les paliers donnés ne sont pas, à un instant donné, les mêmes). Dans ce cas, l'ordinateur présentant les paliers les plus exigeants devra être pris en compte.

#### Résumé des points abordés au niveau III

- Rappels du niveau II
- Plongée avec paliers
- Plongée « border-line »
- Type de paliers rencontrés
- Paramètres de sécurité

### **7.4. Au niveau 4**

Dans le cadre du niveau 4, comme pour le niveau 3, il n'y a pas d'enseignement pratique de l'ordinateur, celui-ci étant déjà assimilé depuis le niveau 2.

Du point de vue de la théorie, les cours des niveaux précédents devront être repris, et en particulier les cours du niveau 3, qui devront être intégrés au complet, puisqu'il est possible pour un plongeur de passer directement du niveau 2 au niveau 4.

Le cours théorique sur les ordinateurs devra ici aborder les spécificités du guide de palanquée, voir du moniteur que certains niveaux 4 ne manqueront pas de devenir. De plus, pour une bonne compréhension, il devra prendre place après quantité d'autres cours :

- Les lois physiques, et plus particulièrement Henry
- Les échanges alvéolaires et gazeux
- Les accidents de décompression
- Les éléments de calcul des tables (qui doivent rester succincts)
- L'utilisation des tables

Le contenu pour le niveau 4 étant plus vaste que pour les autres niveaux, il pourra être séparé en plusieurs sous-parties.

#### **7.4.1. Les rappels des autres niveaux**

Dans cette partie, le moniteur rappellera un certain nombre de points (niveau 2 essentiellement), et s'appuiera dessus pour détailler les points du niveau 3 :

- Les critères de choix (rappel)
- La plongée sans paliers, avec remontée lente (rappel)

- La plongée avec paliers, gérée pour soi (rappel)
- La profondeur des paliers (rappel)
- La vitesse de remontée (rappel)
- Le palier de sécurité (rappel)
- La plongée « border-line » (complément, niveau 3)
- Le réglage des paramètres de sécurité (complément, niveau 3)
- Paliers et remontée continue (complément, niveau 3)

#### **7.4.2. Les algorithmes rencontrés**

Dans ce cadre, il ne s'agit pas de donner un cours de mathématiques appliquées à l'élève, mais bel et bien de lui faire prendre conscience des différences existant entre les ordinateurs, de la même façon qu'il doit comprendre à partir de quelle théorie sont construites les tables, lorsqu'il reçoit une présentation succincte des éléments de calcul des tables. Il pourra donc y avoir une partie purement descriptive, et une partie plus « démonstrative ».

#### Description

Le moniteur partira des éléments de calcul des tables pour présenter rapidement les théories suivantes :

- Bühlmann, très proche des modèles haldaniens
- Théorie des bulles circulantes
- RGBM
- VPM éventuellement (utilisé essentiellement pour les plongées trimix)
- Paliers profonds éventuellement (utilisé pour les plongées très profondes)

Evidemment, il ne s'agit pas ici de faire un cours complet sur ces théories, mais uniquement de les présenter de manière très succincte, ce qui aidera le niveau 4 à comprendre pourquoi les différents ordinateurs ne donnent pas les mêmes paliers

#### Démonstration

Il ne s'agit pas d'une véritable démonstration, mais plutôt d'étudier un exemple réel. Les cas présentés dans cette étude (voir paragraphe 5) peuvent être un bon support.

Il est important de comprendre que les ordinateurs ne sont pas tous équivalents, en termes de paliers, et qu'ils s'appliquent donc à des plongeurs différents.

En tant que niveau 4, et peut-être futur moniteur, l'élève doit notamment faire très attention à la sécurité des personnes qu'il emmène. S'il devient moniteur, il devra probablement gérer régulièrement des profils de remontées rapides (lors de la formation de plongeurs). Dans ce cadre, il est évident qu'il ne devra pas avoir un ordinateur conçu pour gérer principalement de la plongée sans paliers.

Il est également nécessaire à ce point du cours de faire un petit aparté sur les termes employés par les plongeurs, termes reflétant un véritable état d'esprit : beaucoup de plongeurs parlent

d'ordinateurs **pénalisants**, et non d'ordinateurs **sécurisants**. Le niveau 4 doit cesser d'avoir cette vision déformée de la réalité, qui ne peut qu'amener à faire de mauvais choix.

### **7.4.3. Les utilisations complémentaires**

Le plongeur niveau 4 ne devant plus recevoir d'enseignement par la suite, il doit maîtriser tous les aspects de l'utilisation d'un ordinateur. Dans ce cadre, il devra voir :

- La **plongée en altitude** : la plupart des ordinateurs s'adaptent automatiquement. Pourtant le plongeur devra apprendre à vérifier la cohérence des paliers donnés par rapport à ce qu'il rencontre en mer. Ces derniers doivent être allongés, de la même façon que s'il utilisait les tables
- La **plongée au nitrox** : ce type de plongée se généralise très vite, et les ordinateurs permettent en général de régler le mélange (pourcentage d'oxygène), aussi bien que la pression partielle maximale à ne pas dépasser
- Dans le même cadre, la **plongée multigaz** pourra être abordée, bien qu'elle concerne un nombre très réduits de plongeurs
- Le **durcissement automatique** : dans les cours précédents, le plongeur a appris à durcir le fonctionnement de son ordinateur. Il doit aussi savoir que celui-ci peut, suivant les ordinateurs, se durcir de lui-même, par exemple en cas d'augmentation de la consommation (détection d'effort, pour les ordinateurs munis d'une sonde de pression d'air), ou en fonction de la température de l'eau

### **7.4.4. Les pratiques usuelles**

Les pratiques usuelles, respectant ou non les arrêtés en vigueur, doivent également être abordées dans ce cadre :

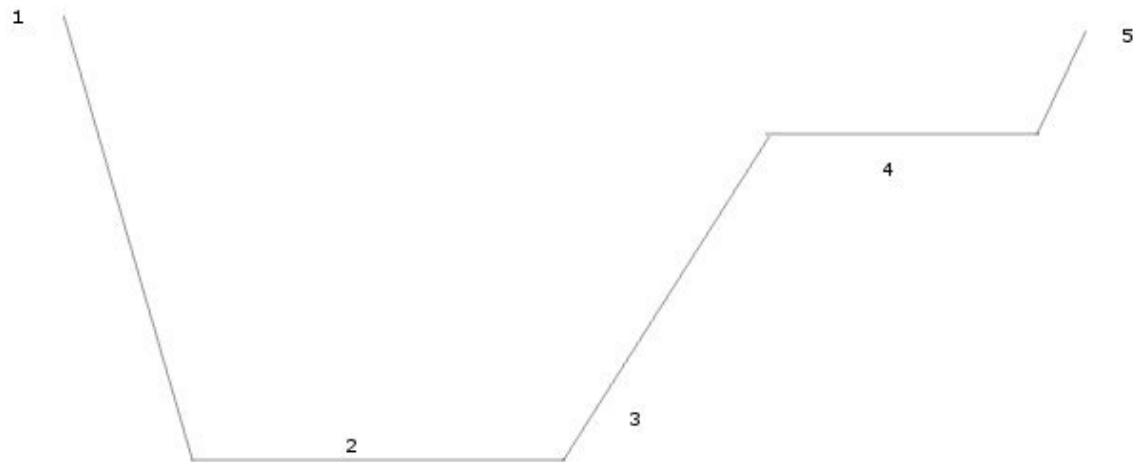
- **L'accrochage de l'ancre** : il arrive de voir une palanquée partir immédiatement, lors de l'arrivée du bateau sur site, afin d'aller accrocher correctement l'ancre au fond. Cette tâche est souvent confiée au niveau 4 ou au moniteur. Or on sait que l'ordinateur se déclenche automatiquement dès que la pression augmente (par exemple vers 50 cm de profondeur). Si le plongeur saute et descend brutalement, il se peut, sur certains modèles, que la mise en marche se fasse trop profond, et que l'initialisation de l'ordinateur soit mauvaise, indiquant donc une profondeur plus faible que la réalité. Ce cas ne devrait pas arriver avec les ordinateurs récents
- Le **palier de mi-profondeur** : lors des exercices, particulièrement pour les remontées en assistance ou en sauvetage, il est d'usage de faire redescendre l'élève à mi-profondeur. Cette procédure est directement issue de l'utilisation des tables, et n'est recommandée par aucun fabricant d'ordinateurs. Bien entendu, il est aussi fortement conseillé de passer en mode de décompression aux tables dans de tels cas de figure. Mais la plupart des plongeurs restent à l'ordinateur : dans ce cas, il y a donc un mélange de procédures.

### **7.4.5. La gestion de la palanquée**

Le diplôme de niveau 4 est avant tout un diplôme de guide de palanquée. A ce titre, le niveau 4 doit tenir compte de sa propre plongée, comme il a appris à le faire jusqu'au niveau 3, mais également et surtout des autres plongeurs de la palanquée. Il est également possible que les autres plongeurs de la palanquée, s'ils sont encadrés, n'aient pas d'ordinateur.



Du point de vue de l'ordinateur, le déroulement de la plongée peut être schématisé de la manière suivante :



- 1 : planification
- 2 : contrôles usuels (consommation, profondeur)
- 3 : vérification des différents ordinateurs de la palanquée
- 4 : gestion des paliers avec vérification régulière de l'ensemble des ordinateurs
- 5 : sortie de l'eau, indication de la durée de plongée et des paliers effectués au directeur de plongée

Les points à prendre en compte dans cette partie de l'enseignement peuvent être séparés en trois sous-parties : les points à prendre en compte avant la plongée, ceux à prendre en compte après la plongée et ceux à prendre en compte après la plongée.

#### Avant la plongée

- Prise en compte de **l'état physique des autres** : l'ordinateur peut être durci, non seulement pour soi, mais également pour le cas où un autre membre de la palanquée en aurait besoin
- Utilisation de la fonction de **planification** : cette fonction peut être utilisée à partir de l'ordinateur du guide de palanquée, mais également sur les ordinateurs des autres membres de la palanquée. La raison en est simple : si les plongeurs de la palanquée sont en plongée successive (au moins une partie d'entre eux), les paramètres de plongée (majoration) différeront suivant les membres. Le problème est tout à fait le même que celui que l'on peut rencontrer en utilisant les tables
- Prise en compte de **l'après-plongée** : un des membres doit-il prendre l'avion dans les heures qui suivent ? Dans ce cas il sera du rôle du guide de palanquée de ne pas accepter qu'il plonge
- **Modification des palanquées** : entre 2 plongées successives, les palanquées peuvent être modifiées. Dans ce cas, il se peut qu'un membre d'une palanquée ne connaisse pas

son profil de plongée précédent. Ce cas peut arriver par exemple pour un niveau I, n'ayant pas d'ordinateur, et plongeant avec un encadrant qui en a un. Puisque le moyen de décompression, pour une personne donnée, doit être conservé en cas de plongées successives, cette personne ne peut replonger qu'avec le même encadrant. Il est alors de la responsabilité du guide de palanquée de refuser de prendre avec lui la personne ne pouvant pas justifier pleinement de son profil de plongée précédent, en cas de plongée successive

- **Redondance** : dans le cas où le guide de palanquée serait le seul à avoir un ordinateur, comment peut-on s'assurer que les procédures de décompression pourront toujours être respectées ?

#### Pendant la plongée

- **Cohésion de la palanquée** : dans le cas où un membre n'aurait pas d'ordinateur, le guide de palanquée doit absolument s'assurer que ce membre ne se trouve pas au-dessous de lui pendant la plongée. Le problème est exactement le même que pour les tables, mais la marge de manœuvre est moins grande. En effet, sur une plongée dans l'espace lointain, une différence de profondeur d'un mètre (en permanence) peut avoir de lourdes conséquences sur la durée des paliers. Le guide de palanquée doit donc se trouver au même niveau, voir légèrement plus bas que les autres membres
- **Cohabitation de plusieurs moyens de décompression** : il est de plus en plus courant de voir des palanquées à la décompression hétérogène (ordinateurs différents, plongées successives avec 1<sup>ère</sup> plongée différente). Dans ce cas, le guide de palanquée doit s'assurer dès le début de la remontée que les indications de chaque ordinateur seront respectées. Ce n'est donc pas forcément son ordinateur qui gèrera la remontée, et n'est pas forcément le même ordinateur qui sera directeur tout au long de la remontée

#### Après la plongée

- Indication de la durée de plongée au directeur de plongée : par définition, la durée de plongée est la durée de l'immersion jusqu'au début de la remontée (définition des tables). Avec l'ordinateur, cette durée peut être étendue jusqu'à l'arrivée aux paliers, puisque les remontées sont très souvent des remontées lentes. De plus, il est beaucoup plus commode de donner la durée indiquée par l'ordinateur, et donc le temps total effectué en immersion..... le tout est de se mettre d'accord dans la définition
- Indication des paliers effectués au directeur de plongée : les paliers seront inclus ou non dans la durée de la plongée, suivant la convention prise

#### **7.4.6. La détection de panne**

Le plongeur niveau 4 doit avoir une capacité (basique) à reconnaître les pannes possibles d'un ordinateur, de la même façon qu'il doit pouvoir détecter les pannes d'un détendeur. Il n'est en aucun cas question de savoir réparer ces pannes, mais l'accent devra être mis sur le fait que l'ordinateur, comme tout appareil électronique, est fragile et n'aime pas l'eau par définition.

Dans ce cadre, le plongeur P4 doit apprendre à ne pas lui faire une confiance aveugle. Au-delà de la panne évidente (ordinateur en arrêt), il doit donc pouvoir déceler un problème de paliers incohérents, de mise en altitude injustifiée, etc...

### Résumé des points abordés au niveau IV

- Rappels des points vus aux niveaux précédents (essentiellement le niveau III)
- Approche très succincte des différentes théories
- Pratiques usuelles : accrochage de l'ancre, palier de mi-profondeur
- Utilisation de l'ordinateur dans la gestion de la palanquée
- Détection des pannes

### 7.5. Matrice d'enseignement

Ce chapitre présente, sous forme de tableau, un condensé de l'enseignement à apporter, aux différents niveaux.

		<i>Enseignement</i>	<i>Niveau I</i>	<i>Niveau II</i>	<i>Niveau III</i>	<i>Niveau IV</i>
Pratique		Présentation du matériel	X			
		Entretien	X	X		
		Critères de choix		X		X
		Fonctionnalités de base		X		
Théorie	Calcul des paliers	Théories utilisées				X
		Etude d'un cas concret				X
	Paramétrage	Les paramètres principaux	X			
		Paramètres de sécurité			X	X
		Durcissement automatique				X
	Gestion personnelle	Courbe de sécurité		X	X	X
		Plongée border-line			X	X
		Plongée avec paliers		X	X	X
		Paliers ou remontée continue			X	X
		Profondeur des paliers		X	X	X
		Vitesse de remontée		X	X	X
		Palier de principe		X	X	X
		Altitude				X
		Nitrox				X
	Gestion de la palanquée	Planification				X
		Contrôles au cours de la plongée				X
		Cohésion de la palanquée				X
		Cohabitation de procédures		X	X	X
		Plongées successives				X
		Report des paramètres au DP				X
	Pratiques usuelles	Accrochage de l'ancre				X
		Palier de mi-profondeur				X
	Détection de panne	Panne franche			(X)	X
Comportement curieux				(X)	X	

## ANNEXE I

Dans cette annexe sont présentés les résultats de l'enquête effectuée.

Pour l'enquête, quelques plongeurs PADI (moins de 5) ont répondu, et ont été assimilés pour les "Advanced" à des P2 et pour les "Divemaster" à des P3. Les résultats ne se distinguent pas de ceux obtenus pour les plongeurs purement FFESSM.

Début	Niv	Nb	Ens ?	Ordi ?	Modèle ?	Quand ?	Raison	Tables ?	R anormales ?	Ttes fonct ?	Non utilisées ?
1991	P2	400	N	O		P2	Profondimètre ne fonctionnant plus	O		N	Ne sait pas
1989	P2	400	N	O		P2	Sécurité	N		N	
1961	P3	>1000	N	O	Aladin	P3	Sécurité pour les paliers	O		N	
2006	P1	14	N	N							
1997	P3	378	N	O	Vytec	P2	Profil et durée de plongée Facilité	O	O	N	Planning altitude profondimètre plongée à mélanges multiples
1995	P2	150	O	O	Aladin	P2	Sécurité	O		O	
1994	P3	417	N	O	Cobra	P2	Facilité sécurité	O		N	Planning plongée à mélanges multiples profondimètre
1994	P3	900	N	O	Vyper	P2	Facilité sécurité	O	N	N	Nitrox planning
1990	P3	230	N	O	Aladin pro	P2	Uniformiser les temps de palier avec la plongée	O	O	N	Planning
1993	P3	900	N	O	Vyper	P2	Pratique sécurisant	N		N	Mélanges
1992	P2	161	N	O	Aladin	P1	Sécurité	Peut-être		O	
1991	E3	1500	N	O	Aladin prime	P2	Décompression	O	O	N	Planning
2006	P2	44	O	O	Archimede 2	P1	Sécurité Autonomie	O		O	
2001	E2	300	O (P4)	O	Aladin prime	P2	Conseil de mes moniteurs	O	O	N	Planning
1990	E4		Tard	O	Suunto D9 Suunto Vytec	P2	Conseil	O		O	
2001	E3	800	N	O	Aladin pro Mosquito	P2	Confort tranquilité	O	O	O	
2001	P2	77	O	O	Aladin Ultra	P2	Sécurité et confort	O	O (mais pas yoyo)	N	Nitrox celles que je ne connais pas

2006	P2	48	N	O	Vyper	P2	Passage niveau 2	O	O	N	Planification, réglages, ntrox
2002	P3	350	N	O	Mosquito	P2	Pour ne pas calculer les paliers	O		N	EAN
2003	P2	55	N	O	Aladin prime	P2	Sécurité contrôler moi-même	O	Pas sûr	N	Planification
2001	P2		Peu	O	Aladin pro	P2	Prêt	O	N	N	?
2004	P4	120	O	O	Mosquito	P2	Gestion de la décompression	O	O	N	Nitrox
2006	P2	42	O	O	Vyper	P1	Pour le niveau 2	O	Peut-être pas	N	Modification des paramètres de sécurité
	P4	>200	O	O	Aladin Pro	P2	Confort de la décompression	O	O	N	Majoration des temps de paliers
	E3			O	Aladin Tec 2G	P2	Optimisation des plongées par rapport aux tables analyse des profils sur PC calcul automatique pour les plongées en altitude Réglage de la PPO2 en fonction des plongées utilisation nitrox	O			
	P4	165	O	O	Aladin Tec	P3		O	?	?	Procédures fédé -> retour mi-profondeur paliers
	P3	300	N	O	Aladin pro	P2	Pour les paliers	O	O	N	Plan
	P3	678	N	O	Aladin Pro Ultra	P2	Réduction des paliers tranquillité	O	O	N	Plan
2002	E2	192	O	O	Aladin Pro	P2	Facilité d'utilisation	O	O	N	Plongées en altitude planification des plongées
	P3	200	O (N1)	O	Aladin Pro	P1/P2	Sécurité être en adéquation avec les autres membres de la palanquée	O	N	N	
	P3	500	N	O	Uwatec Air Nitrox	P1		O	O	N	Nitrox
	P3/E1	610		O	Aladin pro	P2	Pouvoir gérer mes paramètres de plongée	O	O	O	
1990	P3	150	N	N							
2000	P1	40	N	N							
1990	P2	70	N	O	Suunto Mosquito	P2	Curiosité paliers	N	N	N	Celles que je ne connais pas nitrox
1986	E2	500	O	O	Vyper	P2	Déco	O	O	O	
1960	P3	2000	N	O	Uwatec Air Nitrox	P2	Confort	O		O	
2004	P2	90	N	O	Aladin Pro Ultra	P1	Sécurité	O		N	Réglage nitrox
2002	P1	50	O, N2	N							
2002	P2	100	O, N2	N							
2005	P2	82	O	O	Vytec	P1	Cadeau	O	N	N	Plongée multigaz
	P3	>100	O	O	Suunto Cobra	P2	Pratique optimisation plongée	O		O	
1997	P3	500	O	O	Uwatec X-tender	P3	Besoin	O	O	O	

2003	P2	43	N	O	Aladin Prime	P2	Pratique	O	O	N	Nitrox
2004	P2	29	N	O	Aladin Prime	P2	Sécurité	O		N	Nitrox
1995	P3	150	O, N3	O	Smart 2	P3	Optimisation plongée	O	O	O	
2005	P3	110	N	O	Aladin Air 2	P2	Prise en compte de vrais profil plongée sécurité	N	N	O	Diveplan moins souvent utilisé
1990	P4	1000	O, N2	O	Aladin Pro	P2	Sécurité	O		N	Planification
1980	E3	3000	O	O	Aladin Pro	P4	Encadrement	N		O	
2000	P4	1500	N	N							
2005	P1	24	N	O	Aladin One	P1	La peur de l'accident	N		N	Logbook
2001	P2	32	N	O	Aladin Prime	P2	Pour l'autonomie	N		N	Set 1 set 2
2006	P2	41	N	N							
2007	P1	8	N	N							
1998	P3	450	N	O	Suunto Vyper	P2	Autonomie	O		N	Celles que je ne connais pas
2000	P3	350	O	O	Smart Com	P2	Autonomie	O	O	N	
1995	P3/E1	400	O	O	Aladin	P2	Autonomie	O	N	N	
2003	P3	160	N	O	Aladin Pro	P2	Diminuer les paliers	O	O	N	log prévision ...
2003	P2	50	O	O	Aladin Prime	P2	Pour l'autonomie	O	O	O	
1992	P3	296	O	O	Suunto Vyper	P2	Pour compléter ma collection de gadgets	O	O	N	Je ne sais pas vraiment m'en servir
1999	E4	2000	O	O	Air 2 Nx Uwatec	E3	Professionnel	O	O	O	
2000	E2	500	O	O	Aladin Pro	P2	Pour l'utiliser	O	O	N	Je ne sais pas
1991	P1	100	N	N							
1997	P2	120	N	N							
2002	P2	60	O, N2	O	Uwatec	P2	Autonomie	O	O	N	
1990	P4	800	N	O	Smart 2	P4	Il était cassé !	O	O	O	
2002	P3	205	N	O	Aladin Prime	P3	On me l'a offert	O	O		
2000	P3	120	N	O	Suunto Mosquito	P2	Pour faire comme tout le monde	O	O	N	Je ne les connais pas
1994	P2	250	O	O	Mares	P1 (open)		O	N	J'espère	
1957	E4	- +4500	N	N							
2004	P4	500	O, N4	O	Aladin Pro Ultra	P4	Paliers	O	O	O	
2000	P3	200	O, N2	O	Stinger	P2	Paliers	O			
1990	E3	500	O, N3	O	Uwatec Smart 2	E3		O	O	N	
1998	P3	143	N	N							
1996	P4	+ 1000	N	O	Aladin Air	P2	Sécurité	O	O	N	La plongée suivante

1994	P2	60	N	O	Suunto Vyper	P2	Autonomie	O	O	N	Nitrox planification
------	----	----	---	---	--------------	----	-----------	---	---	---	-------------------------