

CLUB SUBAQUATIQUE TARBAIS

L'ORDINATEUR DE PLONGEE

Patrick SIMANDIRAKIS
MF 1 8122

INTRODUCTION :

Avant d'aborder ce cours sur l'une des révolutions les plus importantes qu'a connue la plongée loisir en terme de matériel, il convient de définir exactement ce que nous allons véritablement aborder dans ce document.

Tout d'abord nous n'allons pas étudier en détail le principe de la décompression qui doit être déjà maîtrisé avant le cours sur l'utilisation des tables de plongée qui doit toujours être étudié en préalable à celui de l'ordinateur.

Il ne sera pas, non plus, question de passer en revue et d'examiner en détail l'ensemble des produits actuellement proposés sur le marché, et surtout pas d'en énumérer les qualités et les défauts. Tout d'abord parce que, si je connais la plupart des modèles proposés aujourd'hui, je ne les connais cependant pas tous, je ne les ai pas non plus tous étudiés et encore moins essayés ce qui ne me permet donc pas ni de les critiquer ni de les valoriser. D'autre part mon avis en la matière aurait un caractère personnel et subjectif qui ne serait pas obligatoirement celui d'autres utilisateurs des mêmes produits.

Je vais donc me contenter dans ce document de vous présenter les caractéristiques générales de cet équipement, les modalités de fonctionnement, les différences générales essentielles entre les produits selon qu'il s'agisse de modèles bracelet, console, montre et avec ou sans gestion de l'air et de l'autonomie. Nous dirons également un mot des modèles de décompression les plus utilisés (HALDANE ou RGBM) mais ce propos est plus spécifiquement du programme niveau 4 et nous resterons donc au stade d'information superficielle.

En revanche nous étudierons en détail ce que nous sommes en droit d'attendre d'un ordinateur, et surtout ce qu'il ne fera jamais pour nous, et par conséquent nous développerons toutes les règles de sécurité à observer, assorties de mises en garde, dont certaines vous le verrez étaient déjà d'actualité lors des plongées à l'aide des tables.

HISTORIQUE :

C'est à la fin des années 80 et plus précisément en 1987 qu'est apparu sur le marché le premier modèle d'ordinateur destiné à la plongée de loisirs.

En fait, plusieurs études et expérimentations avaient déjà été menées depuis la fin de la seconde guerre mondiale, mais à cette époque la plongée sportive n'existait pas et ces études ne concernaient que les domaines professionnels et militaires.

Les premières ébauches d'appareils destinés à remplacer les tables de plongées à l'air, (car il s'agissait bien de l'objectif final de toutes les recherches), ont été mis à la disposition des plongeurs sportifs entre 1955 et 1958. Deux modèles sont apparus presque simultanément : le FOXBORO DECOMPUTER MARK 1, modèle américain fabriqué par la firme du même nom, et le DECOMPRESSIMETRE SOS, modèle italien fabriqué également par la firme du même nom.

C'est ce dernier produit qui fût le plus utilisé par les premiers plongeurs qui souhaitaient sortir du processus de plongées linéaires proposé par les tables.



Il ne prenait en compte qu'un seul tissu ou compartiment (120, nous verrons plus loin ce qu'est un compartiment) et c'est une membrane poreuse en céramique qui était censée matérialiser notre organisme et la dissolution et l'élimination de l'azote au cours de la plongée.

Au début des années 80, plusieurs autres produits sont apparus sur le marché, mais pour des raisons différentes de l'un à l'autre ils n'ont eu qu'un succès limité, et suite à divers problèmes constatés, ils ont rapidement été retirés du marché sans espoir de retour.

C'est donc en 1987 que l'ordinateur fait sa véritable entrée dans le monde de la plongée loisir avec deux modèles

le **SME ML** de **SUUNTO** qui n'aura pas un grand succès, et surtout l'emblématique **ALADIN** de **BEUCHAT** qui aura lui un franc succès pour l'époque, malgré l'absence d'un mode planning, de l'indication des temps de paliers, et surtout de l'absence d'un indicateur de vitesse de remontée qui était de 10 mètres minutes et qui a au début perturbé considérablement des plongeurs habitués à la vitesse de 15 à 17 mètres minutes préconisée par les tables. Esthétique, léger, multiprofondurs, utilisable jusqu'à 100 mètres pour les plongées à l'air. Basé sur les tables suisses **BUHLMAN**, il utilise 6 compartiments de périodes 4 à 304 minutes. Il sera très vite amélioré et décliné dans une nouvelle version

L'ALADIN PRO qui est encore aujourd'hui utilisé par de nombreux plongeurs professionnels (pompiers, militaires, police et gendarmerie).

Dès lors les choses vont s'accélérer. L'ordinateur entre rapidement et définitivement dans le domaine de la plongée de loisir. L'élément multiprofondeur fut déterminant. Pour la première fois les plongeurs disposent d'un outil qui va prendre en compte le profil réellement effectué au cours de la plongée et non plus la seule profondeur maximum, utilisée par les tables, qui entraînait jusqu'alors la prise en compte d'une plongée linéaire qui ne ressemblait en rien à celle effectuée et qui était bien sûr considérablement pénalisante en terme de décompression à effectuer.

Cette accélération dans la recherche va rapidement conduire à la fabrication de produits de plus en plus fiables et techniques, avec l'apparition des modes planning, de la gestion de la vitesse de remontée, de la prise en compte de la pression de la bouteille avec ou sans flexible, et par conséquent de la gestion de l'autonomie, ainsi que le contrôle de la fréquence cardiaque, ou le compas, et enfin le mode Nitrox et le mode Profondimètre. La forme et l'encombrement ont aussi évolué, avec l'apparition des modèles montres, et plus récemment de l'ordinateur intégré dans le verre du masque.

LE PRINCIPE :

Le terme ordinateur ne correspond pas réellement aux véritables fonctions et possibilités de l'appareil (en effet il n'utilise aucun logiciel) et cette terminologie a entraîné dès le départ des erreurs d'interprétations sur les véritables fonctions de l'appareil auquel on a attribué des procédures légendaires de lutte contre les accidents de décompression qu'il ne possède absolument pas.

En fait il s'agit d'un simple calculateur qui réalise, de façon automatique et continue, la mesure des informations captées et effectue les calculs nécessaires au bon déroulement de la plongée en termes de profondeur, temps, vitesse, autonomie et décompression. Il tente de représenter par des opérations mathématiques le principe d'absorption et d'élimination de l'azote dans notre organisme, d'en informer le plongeur et, en lui recommandant des procédures en terme de décompression et de vitesse de remontée, lui permettent de regagner la surface dans les meilleures conditions possibles.

Le principe de fonctionnement d'un ordinateur est constitué par l'interconnexion de plusieurs éléments analogiques et électroniques.

Le **capteur basse pression** qui mesure la pression ambiante et la transmet au convertisseur.

Le **convertisseur** traduit la valeur analogique en valeur numérique seul langage connu par le microprocesseur.

Le **microprocesseur** associé à une horloge calcule grâce à la pression fournie et au temps mesuré, la tension d'azote dans notre organisme sur un certain nombre de compartiments, et sur des intervalles de temps très courts, grâce à sa mémoire vive. Il les stocke ensuite et les compare avec la valeur limite de tension supportable par le compartiment stockée en mémoire morte. Il en déduit donc le temps restant avant décompression, ou si la valeur limite est dépassée il détermine la profondeur et le temps de paliers.

Cette suite d'opérations est appelée **algorithme**.

Nota On appelle compartiments les différentes parties constituant notre corps (liquides, tissus, organes, os, cartilages etc... qui toutes n'absorbent pas et n'éliminent pas l'azote à la même vitesse).

Pour terminer la description nous ajouterons une série d'alarmes sonores et visuelles, un capteur haute pression si l'appareil est doté de la gestion de l'autonomie, et enfin un système de mise en marche et une source d'énergie.

LE FONCTIONNEMENT :

Il s'articule autour de deux situations : **en surface et en plongée.**

En surface : Dès l'allumage l'appareil effectue un autodiagnostic concernant ses principales fonctions et l'état de la source d'énergie. Il affiche aussi la pression de la bouteille dès son ouverture s'il s'agit d'un appareil gestion de l'autonomie. Il attend alors que l'immersion se produise. Lors de l'immersion au-delà d'1 m à 1m 50 selon les modèles il passera en mode plongée automatiquement même s'il n'a pas été allumé avant de plonger. J'attire cependant votre attention sur la nécessité de toujours allumer l'appareil avant de plonger. En effet cela permet de suivre l'autodiagnostic et de vérifier qu'il n'y a pas d'anomalie, ainsi que l'état de la batterie, et selon les modèles, la pression du bloc.

Dans le mode surface on peut également accéder à un certain nombre de menus : (planning, mémoires, simulateurs, réglages etc... dont nous verrons le détail dans les fonctions annexes). Ces accès s'obtiennent en appuyant sur des boutons, plus ou moins nombreux, et qui peuvent avoir plusieurs fonctions suivant que l'appui est bref ou prolongé (2 à 5 secondes). Au bout d'un certain temps s'il n'est pas immergé et si on ne manipule aucune fonction de surface, l'appareil s'éteint pour économiser la batterie.

En plongée : Dès qu'il atteint une profondeur d'1 m à 1 m 50, selon les modèles, l'appareil se met en mode plongée. Il affiche alors l'indication de la profondeur et démarre l'horloge pour effectuer les calculs de tension d'azote. Ensuite l'écran affiche en permanence un grand nombre d'indications (profondeur actuelle, profondeur maxi, le temps d'immersion, le temps avant décompression, la température, et le cas échéant suivant le modèle, la pression de la bouteille et l'autonomie. Certains modèles personnalisables permettent au plongeur d'afficher lui-même les paramètres qu'il juge prioritaires, les autres étant alors affichés par simple pression sur un bouton. Le nombre des indications affichées en permanence sur l'écran et celles qui n'apparaissent que temporairement en manoeuvrant les boutons est souvent lié à la dimension de l'écran, et aux décisions du fabricant.

Pendant la plongée le plongeur aura le choix entre deux types de procédures. Ou bien la plongée sans décompression, et dans ce cas il remontera avant l'expiration du temps sans décompression ou bien la plongée avec décompression, il devra alors effectuer les paliers aux profondeurs et pendant les temps indiqués par l'appareil. Nous verrons dans le lexique les différentes abréviations qui matérialisent ces informations sur l'écran.

Lors de la remontée l'ordinateur contrôlera la vitesse de remontée qui peut être affichée de deux façons soit en mode numérique (en pourcentage de la vitesse maximale autorisée) soit en mode analogique (indicateur graphique) soit les deux. En cas d'infraction il déclenchera une alarme soit visuelle soit sonore, soit les deux, pour avertir le plongeur et lui permettre de corriger sa vitesse.

En cas de plongées avec paliers il va gérer la situation en indiquant la profondeur et les temps de paliers et avertira le plongeur de toute infraction. En cas de non respect des alarmes un certain nombre de modèles possèdent une procédure d'erreur ou SOS, et dans ce cas si la situation perdure ils se mettront en mode erreur pendant 24 H 00. Dans ce cas si le plongeur repart en immersion avant ce délai l'appareil restera en mode profondimètre et ne donnera plus aucune information sur l'autonomie et la décompression.

A la fin de la plongée, au retour en surface, l'ordinateur interrompt ses calculs et le temps d'immersion et déclenche le temps d'intervalle surface.

A propos du retour en surface, il faut savoir que l'ordinateur interrompt le mode plongée à environ 1m ou 1m50 de la surface (en fait au même niveau qu'il le débute au moment de l'immersion). Or je vous rappelle que la durée d'une plongée est le temps compris entre l'immersion et le moment où le plongeur amorce sa remontée verticale. Attention donc au moment du relevé des paramètres de plongée de ne pas inclure le temps de remontée et le temps de paliers dans la durée de la plongée.

En effet, aucun ordinateur n'arrête le temps de plongée, ni ne l'indique, au moment du début de la remontée, mais seulement au retour en surface.

Si le temps d'intervalle surface est supérieur à 10 minutes, l'ordinateur met en mémoire les paramètres de la plongée et affiche les temps de désaturation et d'attente avant envol. A l'expiration de ces délais il se remet en mode veille. Sur certains modèles il se remet en mode veille plus tôt, mais dans ce cas les informations de désaturation et d'envol peuvent être affichées à nouveau par simple pression sur un bouton.

S'il y a réimmersion avant un temps de 10 minutes, l'ordinateur reprend ses calculs à la suite de la précédente plongée et considère alors que la nouvelle plongée est une continuité de la précédente sans tenir compte des minutes passées en surface. C'est la plongée consécutive. (Vous constatez que l'ordinateur prend en compte un temps inférieur à celui des tables : 10 minutes au lieu de 15).

Dans le premier cas, lorsque l'intervalle surface est supérieur à 10 minutes et que la plongée intervient avant l'écoulement du temps total de désaturation, l'ordinateur gère la nouvelle plongée en tenant compte de l'azote résiduel contenu dans l'organisme du plongeur et de l'intervalle surface. C'est la plongée successive.

C'est dans ce cas que la fonction planning de l'ordinateur s'avère très utile, car le plongeur peut, avant de se mettre à l'eau, utiliser cette fonction qui lui permettra de choisir l'un des profils proposés par l'ordinateur en toute sécurité, car tous les profils tiennent compte des paramètres de la plongée précédente, de l'intervalle surface, et de l'azote résiduel, pour des plongées allant par exemple de 9 mètres à 45 mètres par tranches de 3 mètres. Cela correspond aux tables de plongées successives dans la version « plongée avec tables » sans avoir recours aux manipulations multiples qu'elle impose. Sur certains modèles il est même possible d'effectuer une simulation de la future plongée. Il faut savoir que dans le mode planning l'ordinateur n'indique que des plongées en courbe de sécurité par conséquent sans palier obligatoire.

Voici donc résumées les fonctions principales d'un ordinateur de plongée. Cependant tous les modèles possèdent des fonctions supplémentaires en importance et en nombre différents d'un modèle à l'autre. Ce sont par exemple le *mode d'activation* (bouton poussoir ou contacts humides), un même bouton peut d'ailleurs (nous l'avons indiqué ci-dessus) avoir plusieurs fonctions selon que l'on exerce une pression courte ou prolongée (2 à 5 secondes), le *mode planning* et la *simulation* dont nous venons déjà de parler, *les mémoires des plongées antérieures* qui portent actuellement sur plusieurs dizaine de plongées (logbook, mémoire de profil et mémoire totalisatrice), la présence d'un *compas linéaire*, avec ou sans prise de cap, ou enfin d'un *cardiofréquence*.

Nous citerons également les différents modes d'utilisation (mode NITROX, mode PROFONDIMETRE et même sur les modèles les plus récents le mode MULTIGAZ qui permet au cours d'une même plongée d'utiliser de l'air en début de plongée et du NITROX en fin de plongée). Cela implique bien évidemment la présence de bouteilles annexes dites PONY gonflées avec les gaz correspondants. Sur les anciens modèles il existait également le mode altitude réglable par le plongeur, aujourd'hui tous les modèles intègrent cette fonction qui est devenue automatique.

De la même façon de nombreux produits intègrent la fonction transfert P.C. ou MAC, soit à l'aide d'une interface vendue avec l'appareil ou en option, soit par port infrarouge.

LES REGLAGES :

Nous allons maintenant étudier un chapitre important sur l'utilisation de l'ordinateur, il s'agit des réglages.

Là encore, il n'est pas question pour nous d'entrer dans tous les détails, car les réglages diffèrent en fonctions et en nombre, d'un appareil à l'autre, et bien sûr les manipulations sont aussi différentes d'une marque à l'autre. Leur nombre et leur technologie sont en grande partie responsables des importantes différences de prix des différents produits.

Certains réglages sont relativement simples et existent sur la quasi-totalité des appareils. Ce sont les réglages *d'unités de mesure*, de *date*, d'*heure*, de *langue*, d'*éclairage de l'écran*, et de *pression de la réserve* (pour les appareils à gestion d'air). Il existe aussi certains réglages réservés au mode NITROX, concernant la modification du pourcentage d'oxygène et les plongées successives dans ce mode. Cependant, ce cours étant exclusivement destiné à être diffusé dans notre seul club qui n'est pas, pour l'instant, équipé pour la plongée NITROX, je n'aborderai pas le chapitre NITROX en détail. Il vous suffit simplement de savoir que ce mode existe maintenant sur la plupart des produits proposés. Il consiste en un réglage spécifique du pourcentage d'oxygène effectué par l'utilisateur avant de plonger. L'appareil modifiera alors tous les calculs pour ce mode, et indiquera également la profondeur maximum que le plongeur ne pourra pas dépasser au cours de la plongée. En effet en mode NITROX la profondeur maximum à ne pas dépasser est fonction du pourcentage d'oxygène utilisé dans le mélange. En France la plongée NITROX n'est autorisée qu'avec un pourcentage d'oxygène de 40% maximum. Dans ce cas la profondeur maximum autorisée est de 30 mètres. L'utilisation de ce mélange est par ailleurs soumise à l'obtention d'une qualification préalable, dont le premier niveau peut être obtenu à partir du niveau 1.

Un petit détail lorsque vous effectuez une plongée au NITROX, certains ordinateurs imposent un délai de 24 h00 avant de pouvoir repasser en mode AIR. Dans ce cas si vous

devez replonger à l'air dans un délai inférieur, il suffit de laisser l'appareil en mode NITROX, et de programmer 21% d'O₂ ou 22% si votre ordinateur ne commence qu'à cette valeur en NITROX.

Enfin il existe aussi sur la plupart des ordinateurs un mode PROFONDIMETRE appelé parfois GAUGE ou BOTOM TIME. Dans ce mode l'appareil ne gère aucune décompression ni aucune autonomie (s'il est à gestion d'air). Il indique seulement les profondeurs et temps de plongée, et la vitesse de remontée. Toutes les alarmes sont également inactives. Ce mode peut être utilisé par les apneistes, et il s'avère également utile lors de remontées répétitives dans le cadre de plongées techniques (en fosses par exemple), pour éviter que l'appareil ne se positionne en mode infraction ou SOS décrit ci-dessus.

Nous avons également des réglages particuliers par l'utilisateur qui lui permettent de personnaliser son instrument, et de limiter le profil de la plongée à sa convenance en étant averti lorsqu'il atteint un des paramètres qu'il s'est fixé. Ce sont par exemple les alarmes de **limite de temps** et de **profondeur** qu'un plongeur pourra programmer en vue de la seconde plongée de la journée (successive) après avoir consulté en surface et au préalable le mode planning. Cela pour éviter de faire une plongée avec décompression. Bien évidemment au cours de la plongée, si le plongeur ne respecte pas ces paramètres les alarmes vont s'activer, mais l'ordinateur ne se mettra pas en mode erreur. Il considèrera tout simplement que le plongeur a changé d'avis et entrera dans un mode plongée avec décompression dont il indiquera tous les paramètres. Enfin le plongeur peut aussi choisir la valeur de la **réserve** qui pourra être inférieure à 50 bars, avec cependant des risques évidents de panne d'air.

Par ailleurs, et concernant les alarmes sonores, certains fabricants ont doté leurs appareils de la possibilité de déconnecter les alarmes sonores d'origine. S'agissant des réglages particuliers laissés à l'appréciation de l'utilisateur, cela n'a pas grande importance et chaque utilisateur fera à sa convenance. En revanche s'agissant des alarmes de procédures importantes et pouvant être dangereuses comme la réserve de la bouteille ou la vitesse de remontée, ou la limite de temps sans palier etc... Il faut être beaucoup plus circonspect. En effet dans ces cas le plongeur ne sera plus prévenu de situations pouvant être critiques s'il n'a pas les yeux fixés en permanence sur le cadran pour connaître sa situation visuellement. Il faut donc être très prudent avec la suppression de ces alarmes. D'ailleurs certains fabricants ont doté leur appareil d'une fonction d'accusé de réception qui ne permet de déconnecter l'alarme qu'après réception de l'accusé par l'appareil pour confirmer la volonté réelle du plongeur et éviter les manipulations intempestives.

Il existe aussi sur certain modèle une fonction réglable pour le palier de sécurité en profondeur et temps. Cependant si ces paramètres ne sont pas respectés le plongeur ne sera pas, là encore, pénalisé par l'ordinateur.

La plupart des modèles proposent également une fonction à haut risque qui est la remise à zéro de l'azote résiduel. Pour les appareils qui possèdent cette fonction le fabricant a prévu l'utilisation d'un code d'accès pour éviter toute manipulation intempestive. En effet la remise à zéro de l'azote résiduel entraîne la suppression des paramètres de décompression des plongées précédentes, et donc en cas d'accident des informations précieuses pour le médecin hyperbare. Cette fonction est utilisée essentiellement par les détaillants qui louent des ordinateurs. Dans votre cas vous ne devez l'utiliser que si vous prêtez votre appareil à une personne qui arrive sur le site et qui n'a effectué aucune plongée dans les 12 heures écoulées, alors que vous-même ne plongez plus. Ceci doit rester très exceptionnel.

Enfin certains produits permettent un réglage Mb (microbulles circulantes). Vous avez vu avec les tables qu'à l'issue d'une plongée au retour en surface, et même si l'on a respecté scrupuleusement les paliers et la vitesse de remontée notre organisme est toujours saturé en azote résiduel. Nous avons encore des microbulles qui circulent dans notre organisme sans danger dès l'instant que l'on prend certaines précautions (pas d'avion ni de montée en altitude, ni d'apnée, et mise en place de procédures de plongées successives si on replonge avant 12 h00 d'intervalle). La présence et surtout la quantité de ces microbulles ne peuvent pas être évaluées avec précision. Il faudrait un appareil appelé DOPPLER qui n'est pas encore ni miniaturisé ni embarqué sur nos ordinateurs. Cependant certains ordinateurs permettent de durcir les procédures de décompression en agissant sur une fonction dite Mb comportant une graduation de 0 à 5. Dans ce cas le plongeur va fictivement modifier les paramètres et la décompression d'une plongée dans le sens de la sécurité ce qui aura pour effet de raccourcir le temps de plongée et d'augmenter la procédure de décompression.

Ce peut être utile en cas de plongées répétitives entraînant un excès de fatigue, ou un état général du plongeur à risque (âge, surcharge pondérale etc...)

LA GESTION DE L'AUTONOMIE :

Après la révolution de l'apparition de l'ordinateur, on peut considérer que cette nouvelle fonction constitue un véritable tournant dans l'utilisation de l'appareil avec non seulement l'intégration de la pression de la bouteille, mais aussi la gestion de l'autonomie qui découle bien évidemment de la fonction précédente et ne serait pas possible sans l'intégration de la pression.

Les recherches concernant l'élaboration de cette fonction sont presque aussi anciennes que celles concernant la conception des premiers ordinateurs à usage militaire ou professionnel.

En plongée de loisirs elle n'est apparue que dans les années 90, et bien qu'il s'agisse d'une avancée considérable, elle n'a pas véritablement intéressé les plongeurs dans des proportions importantes, comme on aurait pourtant pu s'y attendre (environ 10% seulement pour les premiers produits arrivés sur le marché). On a le sentiment à cette époque que la principale fonction qu'un plongeur attendait d'un ordinateur était la gestion de la décompression et des paliers. Il se satisfait donc parfaitement de ces avancées que lui offrent pratiquement tous les produits existants.

Cependant l'ordinateur a un effet pernicieux dans son utilisation. En effet dans la mesure où ses calculs permettent de limiter les paliers en temps et en nombre en raison de son mode de calcul par rapport aux plongées linéaires des tables, il augmente donc par conséquent les temps de plongées, et les plongeurs peu vigilants risquent à tous moments la panne d'air, faute de consulter très souvent leur manomètre. Cependant cet instrument purement mécanique n'est pas très précis surtout dans les zones extrêmes de son cadran, et donc par conséquent dans la plage de la réserve.

On a pu vérifier cet état de fait car plusieurs années après l'apparition des ordinateurs près de la moitié des accidents étaient dus à des pannes d'air.

Il fallait donc changer les comportements.

Les plongeurs déterminaient souvent à l'avance la profondeur d'immersion et consultaient les tables pour déterminer le temps. Ensuite au cours de la plongée ils respectaient scrupuleusement ce profil, et la quantité d'air était alors toujours supposée être

suffisante. Les accidents ne survenaient que si le plongeur « jouant avec le feu » modifiait volontairement en cours de plongée son comportement et les paramètres établis.

Aujourd'hui, le plongeur responsable, va d'abord s'immerger, atteindre dans les premières minutes la profondeur maximale de sa plongée, et au lieu de se demander depuis combien de temps il est immergé, il se demandera plutôt combien de temps il reste avant la décompression pour faire durer le plaisir au maximum. C'est là que l'indication de l'autonomie devient importante.

L'ordinateur à gestion d'air va entièrement satisfaire cet objectif offrant au plongeur toute la sécurité nécessaire en la matière notamment en termes de réserve d'air.

Non seulement il indiquera au plongeur l'autonomie calculée en fonction de la profondeur, de la consommation instantanée et de la pression de la bouteille (compte tenu de la réserve), et de l'air nécessaire à la remontée, décompression comprise. Il affiche aussi le temps disponible sans décompression et la durée totale de la remontée.

Précisons cependant que même lorsque l'autonomie indique zéro le plongeur dispose encore de l'air nécessaire pour remonter, décompression comprise, puisque l'appareil tient compte de ces paramètres. Cependant par mesure de sécurité il est malgré tout déconseillé d'attendre pour remonter que l'autonomie arrive à zéro.

Examinons maintenant, toujours sur un plan général, les principaux produits du marché.

Il existe deux types d'ordinateurs à gestion d'air.

Les ordinateurs avec transmission par flexible.

Ils sont fixés sur la sortie haute pression du premier étage du détendeur par l'intermédiaire du flexible qui remplace donc celui du manomètre qui disparaît. A l'autre extrémité l'appareil prend la forme d'une console sur laquelle on peut ajouter une boussole de la même marque que le fabricant de l'ordinateur qui s'adapte donc parfaitement. Certains modèles intègrent même une fonction boussole dans l'appareil. Il s'agit alors d'un cadran numérique linéaire ou en demi-cercle qui dispose parfois d'une fonction prise de cap avec icône différent pour le retour.

L'ordinateur peut en outre sur presque tous les modèles être équipé d'un raccord baïonnette ou quart de tour qui permet de le désolidariser du flexible, sans outils, et de l'emporter avec soi pour l'écartier de toute convoitise, ou tout simplement pour transférer, entre deux plongées, les paramètres sur le P.C, ou simuler sa prochaine plongée en mode planning.

Les ordinateurs à gestion par transmetteur.

Dans ce cas plus de flexible l'appareil se compose de deux modules. Un émetteur fixé à l'aide d'un raccord fileté sur une sortie haute pression du premier étage du détendeur, et un récepteur qui se fixe au poignet à l'aide d'un bracelet. (Premier avantage purement matériel : un flexible de moins sur « le sapin de Noël »). Il est équipé d'un récepteur invisible, intégré dans le module de poignet et par conséquent ce module est généralement de la même taille qu'un ordinateur standard. La liaison se fait par ondes inductives basse fréquence à courte distance et équipée d'un code pour éviter les interférences entre appareils de même type dans

une palanquée. Avant la première utilisation il est nécessaire d'effectuer un appairage entre l'émetteur et le récepteur.

Toute interférence ou anomalie dans la transmission est signalée par une alarme visuelle et parfois sonore, car en dehors de dysfonctionnements pouvant intervenir lorsque les deux appareils se trouvent hors de portée, il peut se produire également des interférences dues à la proximité de champs électromagnétiques (flashes électroniques d'appareils photos, ou propulseurs sous-marins etc...) En général la liaison se rétablit automatiquement quelques secondes après la fin du phénomène sans aucune incidence sur le fonctionnement et les informations de l'appareil.

Les deux modules possèdent individuellement leur propre source d'alimentation en énergie. Cependant il est recommandé de les changer ensemble même si une seule donne des signes de faiblesse.

Ces modèles sont aujourd'hui plus nombreux que ceux à flexible, et ils sont désormais fiables. Ce qui n'était pas le cas lors de leur apparition. En effet le premier d'entre eux arrivé sur le marché **LE NEMESIS** de la firme américaine COCHRAN industries, pourtant présenté comme le nec plus ultra des produits, tant il était révolutionnaire en tous points, s'est très vite avéré défaillant. Rappelé par le fabricant il n'est jamais revenu sur le marché et a disparu totalement tout comme son concepteur qui ne commercialisait, en France, que ce seul produit dans le monde de la plongée.

À ce propos, plusieurs ordinateurs standard ou à gestion d'air qu'ils soient à console ou à transmetteur, permettent le changement des batteries par l'utilisateur. Si cet avantage peut s'avérer très utile surtout lors des voyages car l'utilisateur pourra prévoir un kit de rechange pour éviter le désagrément de ne pas en trouver sur sa destination ; il faut cependant être prudent. En effet lorsqu'un appareil est retourné chez le fabricant pour changer les piles inaccessibles à l'utilisateur, il est généralement procédé à une révision et à un contrôle de l'étalonnage des fonctions. Ceci garantissant une bonne maintenance de l'appareil. Dans le cas du changement des batteries par l'utilisateur, celui-ci est souvent tenté d'oublier en fin de saison de renvoyer périodiquement son appareil en révision, ce qui augmentera considérablement, avec le temps, le risque de pannes qui surviendront toujours au mauvais moment.

Un mot maintenant sur ce que l'on appelle la plongée multiprofondeur, à ne pas confondre avec les plongées en dents de scie, ou les plongées YO-YO, ou encore les plongées à profil inversé qui sont à proscrire totalement.

La plongée multiprofondeur réunit les 3 conditions suivantes :

La profondeur maximale est atteinte dans les premières minutes de la plongée.

Les autres profondeurs atteintes par la suite avec respect de la vitesse de remontée doivent toujours aller en décroissant.

Le temps d'immersion n'est pas calculé uniquement à partir de la profondeur maximum, mais à partir de l'ensemble des profondeurs atteints au cours de la plongée (C'est l'ordinateur qui se charge de cette dernière condition, car il analyse la situation toutes les 30 secondes. C'est là l'un de ses principaux atouts par rapport aux tables.

LES MODELES DE DECOMPRESSION :

Nous savons que les liquides et les tissus absorbent les gaz avec lesquels ils sont en contact en quantité proportionnelle la pression ambiante. Dans notre vie quotidienne terrestre

nous sommes soumis à ce phénomène en permanence sans que nous en soyons conscients, et nous sommes en état de saturation permanente, ce qui ne pose aucun problème dans la mesure où ne subissons aucune modification tangible de la pression qui s'exerce sur notre corps.

Là où les choses se compliquent pour le plongeur qui s'adonne à son sport favori, c'est lorsqu'il continue d'absorber de l'azote à une pression ambiante qui augmente rapidement et fortement au cours de la descente. Les liquides et tissus seaturent rapidement sous l'effet de cette pression pour tendre vers un nouvel état de saturation. Mais le séjour au fond est trop court pour atteindre cet état de saturation, au cours de la remontée la pression diminue et le processus s'inverse. L'azote qui était absorbé est maintenant rejeté et le processus doit se réaliser de façon harmonieuse pour éviter une élimination anarchique qui pourrait provoquer des lésions importantes et irréversibles principalement lors du retour de l'azote dans son état gazeux.

De quelle façon faut-il procéder ? C'est la question que se sont posée de nombreux scientifiques et que certains tentent de résoudre depuis pas mal de temps.

Un procédé mathématique tente de reproduire par le calcul le phénomène d'absorption et d'élimination de l'azote. C'est ce que l'on appelle la modélisation.

C'est ce procédé qui a conduit d'abord à la réalisation puis au perfectionnement des tables de plongée.

Le plus utilisé par les tables, d'abord, puis par de nombreux appareils depuis l'apparition de l'ordinateur est le modèle **HALDANE**.

LE MODELE HALDANE :

Il porte le nom du scientifique britannique auquel nous devons la première table de décompression.

Il effectue de nombreuses expériences scientifiques basées sur les travaux du physicien français **Paul BERT**, et émet une théorie fondée sur plusieurs critères qui vont lui permettre de créer une formule mathématique permettant de calculer l'absorption et l'élimination de l'azote.

Ce modèle est basé sur plusieurs principes :

La saturation suit une courbe exponentielle et celle de désaturation est du même ordre. D'où la notion de **période** (ou temps en minutes) mis par un tissu pour atteindre la moitié de sa saturation et inversement, le phénomène étant exactement réversible.

Le temps nécessaire à un organisme exposé à la pression pour atteindre la saturation varie suivant les parties du corps exposées, de quelques minutes à plusieurs heures (d'où la notion de **compartiments** plus ou moins lents).

La première partie de la décompression doit entraîner une diminution rapide de la moitié de la pression ambiante. Par la suite le processus doit être ralenti afin d'éviter que la pression de l'azote n'atteigne jamais le double de celle de l'air dans aucune partie du corps.

L'élément le plus proche de sa limite admissible est appelé **tissu directeur** et la limite dangereuse **coefficient de saturation critique**. Ceci entraînera donc des arrêts prolongés en arrivant près de la surface (paliers).

Le corps humain est composé de liquides, de tissus et d'os dont les capacités d'absorption et d'élimination de l'azote sont différentes en termes de temps. HALDANE a décidé de retenir des groupes de tissus de période 5,10,20,40 et 75 minutes qui lui paraissaient suffisants.

Aujourd'hui l'expérience montre que dans son modèle HALDANE n'avait pas complètement raison et qu'il est préférable désormais de remonter lentement en incluant des paliers profonds, et nous trouvons cette nouvelle fonction dans les ordinateurs les plus récents (le GALLILEO par exemple). Mais si son modèle n'était pas parfait il avait le mérite d'apporter une réponse et une explication claire a tous les accidents incompréhensibles qui s'étaient produits jusque là, et le processus mis en place sur ses travaux a eu l'immense mérite de faire avancer les choses à grands pas. Sa table va être utilisée pendant plus de 50 ans.

Il modifiera d'abord les groupes de tissus pris en compte en incluant un tissu 120, et posera aussi pour la première fois le problème des plongées successives en prenant en compte l'importance de l'intervalle de temps en surface.

Les premiers modèles d'ordinateurs parus sur le marché avaient chacun leur préférence en termes d'algorithmes (BUHLMAN, RGBM, DESAT). Tous ces modèles sont dérivés du modèle HALDANE.

LE MODELE R.G.B.M :

Il s'agit de l'abréviation de *Reduced Gradient Bubble Model*. En français modèle à Faible Gradient de Bulle. C'est celui utilisé sur les ordinateurs les plus récents.

Il est censé être capable de prendre en compte le gaz dans sa phase dissoute, mais aussi dans sa phase libre (microbulle). Il faut interpréter cela par la prise en compte de présence de bulles probables, car bien évidemment il ne peut ni les compter ni les localiser. En plongée normale il fonctionne comme n'importe quel ordinateur.

Par contre dans les plongées anarchiques ou les règles ne sont pas respectées (plongées yo-yo, profils inverse ou en dents de scies, successives avec intervalles courts, ou seconde plongée plus profonde que la première), il est capable de modifier la procédure de remontée en incluant par exemple un palier profond, permettant aux bulles de s'échapper plus facilement et éviter ainsi **l'accident de décompression.**

Bien évidemment dans cette procédure l'ordinateur nous l'avons vu, n'est pas capable de détecter la présence, la taille et la localisation des bulles ni l'évolution. Il prend simplement en considération la situation particulière d'un comportement non conventionnel. Il propose alors une solution de nature à améliorer cette situation et à diminuer les risques. Nous avons vu plus haut le réglage des microbulles (Mb)

Il n'y a bien sûr pas grand danger à effectuer un palier profond ou à rallonger un palier, ou bien sûr à réduire le temps d'immersion. Cependant l'effet pervers serait que les plongeurs le comprennent comme l'opportunité de faire n'importe quoi sous prétexte que l'appareil va rattraper comme par miracle les situations extrêmes.

L'ordinateur même le plus sophistiqué ne dispense pas d'observer les règles les plus élémentaires de sécurité.

Nous allons d'ailleurs développer tout cela dans le chapitre important de la sécurité qui va suivre.

LA SECURITE :

Ce chapitre est peut être le plus important en terme d'information sur l'ordinateur.

En effet on constate souvent depuis l'apparition de cet appareil des réactions diverses et pas toujours cohérentes de la part des utilisateurs, sur ce qu'ils en attendent, et les retours montrent que tous n'en ont pas toujours bien compris les limites.

L'ordinateur est en mesure de faire un certain nombre de choses qui constituent un progrès important par rapport aux tables, mais il y a aussi des choses qu'il ne fera jamais car il n'est pas prévu pour cela. Il plonge avec le plongeur mais pas à sa place.

Il ne pourra jamais modifier les lois physiques auxquelles l'organisme du plongeur est soumis en immersion principalement en raison des effets de la pression. Il n'efface pas d'un coup de baguette magique les lois de Mariotte, Charles, ou Henry. La physiologie du plongeur n'a pas changé. Les risques restent les mêmes et les solutions également. Ce sont les moyens d'y remédier qui ont évolué et c'est dans ce seul domaine que l'ordinateur peut aider **mais certainement pas remplacer.**

Dans la pratique ce sont seulement les moyens de contrôle des situations qui ont évolué.

Par ailleurs les notices de chaque appareil que les fabricants ont voulu le plus complètes possibles sont truffées de mises en gardes et d'avertissements que certains jugent trop nombreuses et trop complexes au point de ne pas toujours les assimiler en détail avant d'utiliser l'appareil, ce qui est une erreur grave.

Il faut donc, et nous ne le répèterons jamais assez, respecter dans l'utilisation de l'ordinateur un certain nombre de règles de sécurité, dont quelques unes, vous le verrez, s'appliquent aussi lors de la plongée avec les tables.

Voici les plus élémentaires :

N'utilisez pas votre ordinateur avant d'avoir lu attentivement et compris tous les éléments du manuel d'emploi. Il ne doit pas y avoir d'affichage que vous ne comprenez pas.

Ne jamais plonger seul car l'ordinateur ne remplacera jamais l'assistance d'un équipier.

Planifier vos plongées. Vous devez savoir où vous allez et dans ce domaine l'ordinateur vous aidera en utilisant le mode planning dont nous avons parlé ci-dessus.

Restez dans votre niveau de compétence et dans l'espace de plongée correspondant à votre formation.

Commencez toujours par la partie la plus profonde de la plongée, et en cas de successives débutez toujours par la plongée la plus profonde.

Consultez régulièrement votre appareil, et n'hésitez pas à programmer des alarmes correspondant au profil que vous avez planifié.

Effectuez toujours le palier de sécurité,

Lors de plongées successives, si la première était une profonde (40 mètres et au-delà), pour la seconde restez dans la courbe de sécurité. Si un palier est malgré tout nécessaire, il doit être unique à 3 mètres et ne pas excéder 5 à 6 minutes.

N'effectuez pas d'efforts après une plongée, ni d'apnée, ni de montée en altitude.

Respectez les indications de l'ordinateur avant de prendre l'avion.

Observez un intervalle surface raisonnable entre chaque plongée.

Respectez le délai de 12 heures entre chaque journée de plongée.

Prenez en compte votre état général avant de plonger (pathologie, fatigue intense, voyage long, stress etc..), respectez un délai de repos.

En cas de plongées en eau très froide ou avec efforts intenses (courants) restez dans la courbe de sécurité.

Pour des séjours ou les plongées sont quotidiennes respectez un jour de repos par semaine, et un tous les trois jours en cas de plongées répétées avec décompression.

L'utilisation d'un ordinateur ne garantit pas l'absence d'accident. Il ne prendra pas en compte ni votre âge ni votre corpulence, ni votre condition physique ni la qualité de votre équipement ou votre fatigue. (Certains modèles commencent à intégrer plusieurs de ces paramètres, mais c'est encore rare et donc exceptionnel).

Vérifiez les réglages de l'appareil, l'état des piles.

Respectez la vitesse de remontée.

Evitez d'attendre que l'autonomie indiquée par l'ordinateur atteigne zéro avant d'amorcer la remontée.

N'enchaînez pas des plongées avec décompression sur plusieurs jours sans repos.

Ne prêtez ni n'échangez votre ordinateur entre deux plongées.*

Ne remettez jamais à zéro l'indicateur d'azote résiduel. Cette fonction n'est utile que pour les détaillants qui louent du matériel afin que le plongeur n'assume pas les décompressions de ses prédécesseurs. Mais pour un utilisateur privé si vous accéder à cette fonction pour prêter votre appareil à un tiers, vous devrez recommencer dès la récupération de l'appareil. Il ne faut cependant pas oublier qu'en cas d'accident il est utile de connaître non seulement le profil de la plongée incriminée, mais aussi tous les profils des plongées précédentes. Ceci s'avère impossible si l'appareil a servi à plusieurs utilisateurs et si le niveau d'azote résiduel a été remis à zéro plusieurs fois. Et s'il ne l'a pas été l'appareil va prendre en compte des plongées qui ne concernent pas le même utilisateur.

** Nous venons de voir les risques encourus lors de la remise à zéro de la saturation et des éventuelles conditions d'utilisation d'un ordinateur par plusieurs personnes. Il me paraît utile d'apporter sur ces points un certain nombre de précisions.*

Un ordinateur comme tout appareil électronique peut tomber en panne, et même si tous les fabricants affirment qu'un tel incident ne peut survenir en plongée sans que l'utilisateur en soit averti lors de l'allumage de l'appareil avant la plongée. Une panne peut cependant se produire entre deux plongées du même jour.

Quelle procédure doit-on alors mettre en œuvre pour effectuer la seconde plongée en toute sécurité ?

Il n'est pas question bien entendu de louer un appareil qui serait remis à zéro ou qui posséderait en mémoire une saturation d'une précédente plongée qui n'est pas la vôtre.

La solution la plus simple est de plonger avec le même équipier que le matin qui utilisera son propre ordinateur pour gérer la décompression en l'absence du vôtre. En effet il a effectué la même plongée que vous le matin, et par conséquent il est dans le même état de saturation. Il conviendra cependant par mesure de sécurité de se munir d'un jeu de tables et d'un profondimètre pour palier une éventuelle défaillance du seul appareil restant dans la palanquée et appliquer dans ce cas la procédure de plongée successive préconisée par les tables.

Le prêt d'un autre appareil ne pourrait donc être envisagé que de la part d'un autre équipier qui aurait fait partie de la même palanquée du matin et qui ne plongerait pas l'après-midi.

Tout ceci doit demeurer exceptionnel car il reste une dernière notion à prendre en compte en terme de sécurité c'est le comportement des deux équipiers au cours des jours précédents. Ils n'ont peut être pas effectué les mêmes fréquences de plongées, les mêmes durées aux mêmes profondeurs et observé les mêmes temps de repos ce qui peut constituer des facteurs favorisant d'accident.

Pour être complet dans ce cours il resterait à aborder la fonction des connexions P.C.

Cependant aujourd'hui tous les ordinateurs ne disposent pas de cette fonction, et ceux qui l'ont, utilisent des procédures très différentes que nous ne pourrions étudier en détail sans alourdir considérablement le contenu de ce document déjà conséquent. Cet aspect risquerait de ressembler à un catalogue des fabricants. Je vous invite donc en cas d'acquisition d'un tel dispositif de vous reporter tout simplement aux indications fournies par la marque pour chaque modèle spécifique.

Nous terminerons ce cours par un petit lexique concernant les termes et les abréviations que vous trouverez sur les différents cadrans des ordinateurs, et leur signification.

Ceci est très important, car je le rappelle vous devez maîtriser parfaitement la notice de votre appareil avant de plonger avec, et il ne doit pas y avoir d'indication apparaissant sur votre écran qui vous soit étrangère, il en va de votre sécurité.

LEXIQUE :

Nous trouvons tout d'abord l'indication des modes principaux de fonctionnement en immersion :

AIR pour la plongée à l'air.

NITROX ou parfois **EAN** pour la plongée avec un air enrichi en oxygène,

GAUGE, ou **BOTOM TIME** pour le mode profondimètre.

Nous trouvons ensuite les indications relatives aux différents paramètres de la plongée :

DEPTH : Profondeur c'est celle à laquelle vous vous trouvez.

DEPH MAX : Profondeur maximum que vous avez atteint depuis l'immersion.

TIME : Temps, il peut aussi indiquer l'heure dans ce cas il est généralement accompagné d'une icône (Horloge par exemple).

DIVE TIME : C'est l'indication numérique de la durée de plongée depuis l'immersion. On peut aussi trouver pour cette fonction **EDT** (Elapsed Dive Time) qui veut dire temps écoulé depuis la surface.

AIR TIME ou **RBT** (Remaining Bottom Time) Autonomie restante à cette profondeur avec la réserve définie dans la bouteille. La RBT intègre toutes les obligations existantes et la totalité de la remontée et de la décompression.

NO STOP, NO DEC, ou NDC : Temps de plongée disponible sans décompression.

Vous pouvez aussi trouver sur certains modèles pour cette fonction **DTR** : qui veut dire Dive Time Remaining, c'est-à-dire la même chose.

DECO ou **DEC** : Mode décompression (plongée avec paliers).

ASCENT ou TOTAL ASCENT TIME (TAT) : Durée totale de la remontée. Pendant une plongée avec décompression il comprend le temps de remontée, le temps total des paliers, et la durée de passage d'un palier à l'autre, ainsi que du dernier palier à la surface.

STOP : Indique le palier. Cette indication est associée à un chiffre indiquant la profondeur ainsi que la durée en minutes.

LOG ou LOGBOOK : Désigne le mode mémoire. Il permet de faire défiler les profils complets des précédentes plongées.

HIS ou HISTORY : Désigne la totalisation de toutes les mémoires (nombre total de plongées et d'heures d'immersion etc...)

DO NOT FLY ou FLY : Désigne le temps nécessaire avant de prendre l'avion ou d'effectuer une excursion en altitude.

DESAT : Temps de désaturation calculé par l'ordinateur après une plongée (consultable en surface).

PLAN ou DIVE PLAN : Désigne le mode planning consultable en surface. Permet de planifier sa plongée surtout lors d'une successive.

MOD : Profondeur maximale d'utilisation. C'est la profondeur à laquelle la pression partielle d'oxygène (PpO₂) atteint le niveau maximal admissible. Le plongeur ne doit pas descendre plus profond que la MOD.

BPM : Battements par minutes. C'est la prise de pouls pour les ordinateurs dotés de cette fonction.

TEMP ou T° : Température de l'eau.

SURF INT : Intervalle surface après la sortie de la plongée précédente. S'affiche dès la fin d'une plongée en prévision de la suivante.

AVG : profondeur moyenne calculée depuis le début de la plongée. En mode profondimètre depuis la remise à zéro.

S.O.S. S'affiche en cas de non respect de procédures obligatoires imposées par l'appareil (profondeur ou durée des paliers par exemple). Dans ce cas si le plongeur ne rectifie pas la situation immédiatement, l'ordinateur se mettra automatiquement en mode profondimètre pendant 24 h 00.

Enfin il existe aussi des symboles comme le dessin d'un avion suivi d'un nombre indiquant le temps d'interdiction avant de prendre un avion ou d'effectuer un trajet en altitude. Ou bien un dessin de sommets qui indique que l'ordinateur est en mode plongée en altitude

Enfin il faut également préciser que certains modèles, de plus en plus nombreux utilisent des échelles graphiques pour certaines fonctions comme la vitesse de remontée, la pression de la bouteille, la saturation d'azote, ou la pression partielle d'O₂. Elles se matérialisent sous la forme de flèches segmentées, d'autres comportant des zones de couleurs (verte, jaune et rouge)

Voici donc la liste des principales indications qui apparaîtront sur vos écrans et leurs significations.

Cette liste n'est bien sûr pas exhaustive. De nouveaux modèles arrivent régulièrement sur le marché, d'autres déjà anciens sont déclinés dans de nouvelles versions. Vous trouverez donc parfois, et certainement, des indications qui ne figurent pas dans cette liste. Raison de

plus, encore une fois, pour vous reporter à la notice de votre instrument personnel, et mémoriser impérativement toutes les informations avant d'utiliser l'appareil en plongée.

J'ajouterai cependant quelques informations concernant le choix de certains modèles.

Tout d'abord le choix entre le modèle de poignet et la console. C'est une affaire de goût personnel. Il faut cependant noter que lors de plongées techniques au cours desquelles on réalise des exercices nécessitant d'utiliser les deux mains, l'emploi d'une console peut s'avérer peu pratique en terme de lecture si elle n'est pas solidement fixée au gilet sans risque que la lecture échappe au champ visuel. Mais malgré tout on ne choisit pas un ordinateur uniquement pour le passage des brevets

S'agissant des modèles de poignet, il faut être prudent avant de choisir par exemple un modèle montre. En effet sur ces modèles, la faible dimension du cadran rend les informations moins lisibles, surtout pour ceux qui ont déjà une vision corrigée par des verres optiques. De plus peu d'informations étant affichées en permanence, il faut manipuler plus souvent les boutons pour faire apparaître les informations secondaires, mais néanmoins importantes également, et ce n'est pas toujours facile avec des gants. Par ailleurs je ne pense pas qu'il y ait une raison particulière à vouloir porter en permanence ce type d'appareil au poignet, car la plupart des fonctions ne servent à rien sur terre, mais le boîtier est plus souvent exposé à des chocs pouvant entraîner des réparations nettement plus coûteuses qu'une montre ordinaire. Seuls peut être les grands voyageurs, ou les plongeurs exerçant cette activité en tant que profession permanente verront un avantage à ne jamais se séparer de leur ordinateur pendant tout le séjour où ils plongent de façon quotidienne. Pour les autres ce serait juste de la frime.

Nous avons désormais terminé cette étude sur l'ordinateur de plongée. Tout n'a pas été dit bien sûr sur cet appareil, mais j'espère qu'elle permettra à chacun d'entre vous d'en comprendre le fonctionnement et surtout de l'utiliser en toute sécurité et en pleine connaissance de ses limites, et surtout de vos propres limites.

Vous trouverez ci après en annexe un éventail de 8 modèles d'ordinateurs représentant les différentes catégories existant sur le marché avec et sans gestion d'air, avec flexible ou émetteur ainsi qu'un modèle montre. Il ne s'agit que de quelques exemples du marché et en aucun cas de choix personnels ni de marques conseillées par mes soins.

Suivant la technicité et les applications de chaque modèle, les prix s'échelonnent de moins de 150 euros à 1500 euros)

Il s'agit des modèles suivants :

1°) le COBRA de SUUNTO. Ordinateur à gestion d'air par flexible. Probablement le modèle le plus utilisé actuellement dans cette catégorie. Il en est à sa troisième génération et la plus récente est équipée d'une boussole linéaire. Sur les modèles plus anciens la console permet de fixer une boussole traditionnelle (uniquement celle fabriquée par SUUNTO pour ce modèle).

2° et 3°) le PUCK de MARES. Il se décline en version flexible avec gestion d'air (la moins chère du marché) ou bracelet sans gestion d'air, également la moins chère du marché (environ 150 euros).

4°) **L'ALADIN d'UWATEC.** Modèle bracelet avec gestion d'air par émetteur fixé au premier étage.

5°) **Le VOYAGER de BEUCHAT.** Modèle bracelet sans gestion d'air, mais doté d'une boussole linéaire. Il est représenté en position boussole.

6°) **La D9 de SUUNTO.** La montre ordinateur. C'est l'ordinateur le plus cher du marché (1500 euros). Il est doté de la gestion d'air par ondes inductives, et de la boussole linéaire.

7°) **L'ICON HD de MARES :** Très récent, c'est le premier ordinateur avec écran couleur. Ses différentes versions ne sont pas encore toutes disponibles.

8°) **le GALLILEO SOL de SCUBAPRO :** C'est l'ordinateur le plus complet du marché il possède une boussole linéaire avec prise de cap, et un capteur de fréquence cardiaque, et bien sûr la gestion d'air par ondes inductives. C'est aussi l'écran le plus lisible car il possède un choix de 3 formats d'affichage.

