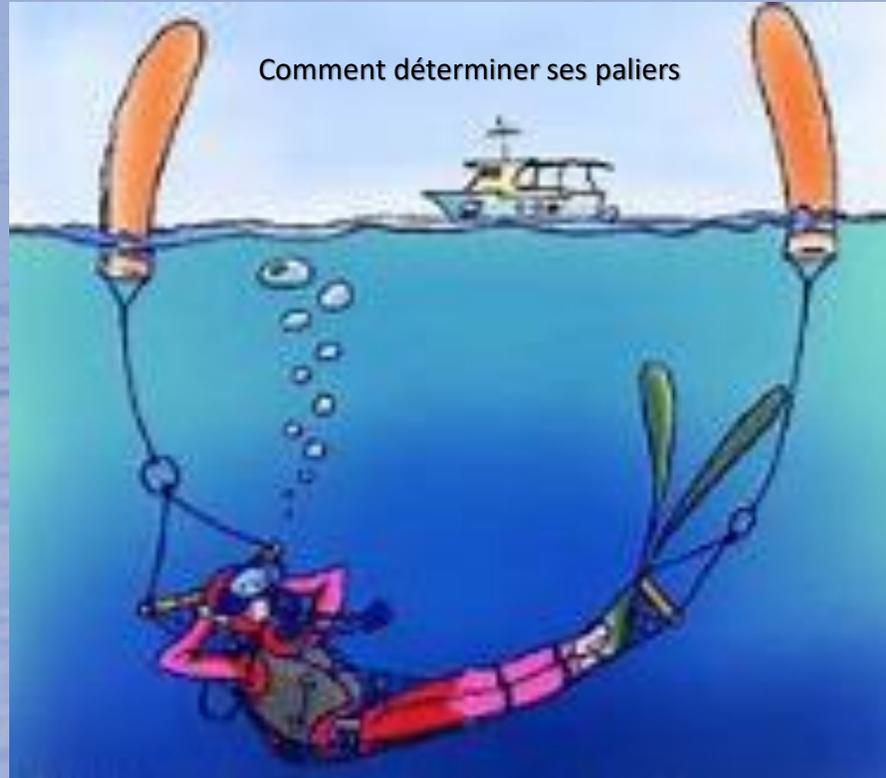




LA DÉCOMPRESSION à l'ordinateur





OBJECTIFS DU COURS

A la fin de ce cours, vous devriez être capables de:

1. Comprendre le principe général de la décompression
2. Comprendre le principe de fonctionnement d'un ordinateur de plongée
3. Comprendre les notions de profils de plongée
4. Connaître les types de plongée et leurs paramètres
5. Comprendre les règles de bonne pratique
6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée





1 : Principe général de la décompression

Rappel: la composition de l'air

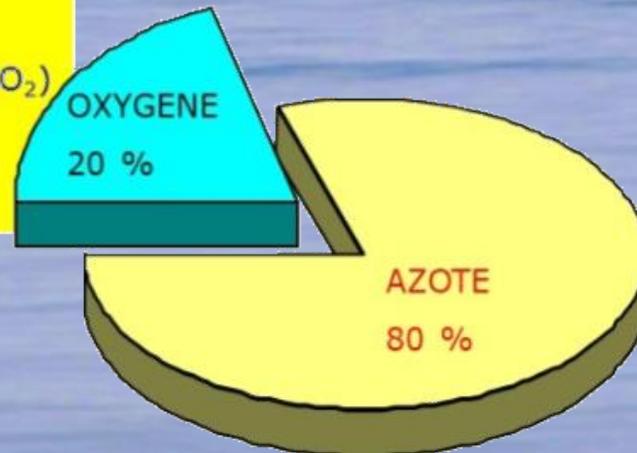
AIR = MELANGE DE GAZ

20,9 % OXYGÈNE (O₂)

79 % AZOTE (N₂)

0,04 % DIOXYDE DE CARBONE (CO₂)

0,06 % GAZ RARES



OXYGÈNE (O₂) : consommé (en partie)

AZOTE (N₂) : gaz neutre et inerte, il n'est pas consommé mais il va se dissoudre dans notre organisme et sera responsable du processus de la décompression



1 : Principe général de la décompression

La dissolution de l'azote(N_2) en plongée est expliquée par la Loi de Henry
*(À température constante, la quantité de gaz dissous dans un liquide est directement proportionnelle à la **pression partielle** de ce gaz au-dessus du liquide.)*

En d'autres termes, plus la pression du gaz est élevée, plus il va se dissoudre dans le liquide.

En plongée, les plongeurs respirent de l'air comprimé, ce qui augmente la **pression partielle** (P_{N_2}) des gaz dans leurs poumons et donc dans leur sang. L'azote, un gaz inerte de l'air, est celui qui pose le plus de problèmes en plongée car il se dissout dans le sang et les tissus du plongeur.

La quantité de N_2 accumulé dans les tissus (sous forme dissoute) dépend de

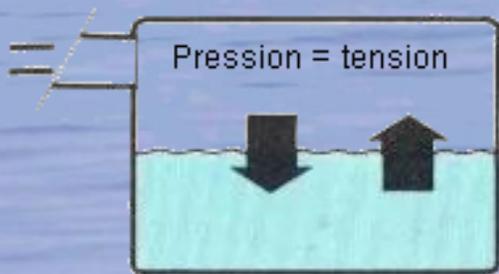
1. La profondeur de plongée (Pression)
2. Le temps de plongée (durée)
3. La nature des tissus (compartiment/ tissus)

Chaque compartiment se caractérise par : Une période : vitesse de charge et de décharge de l'azote

1 : Principe général de la décompression

N₂ (non consommé) va s'accuser dans nos tissus (jusqu'à saturation > Pression = tension <

Ces échanges ne sont pas instantanés la durée est différente pour chaque tissu !! (période)
Ce qui donne les trois états du gaz (N₂) dissous



Saturation
Pression (Pp) = Tension (t)



Sous-Saturation
Pression (Pp) > Tension (t)



Sur-Saturation
Pression (Pp) < Tension (t)

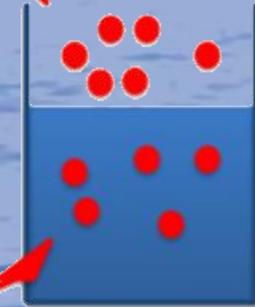


Si la diminution de pression hydrostatique est trop rapide (lors de la remontée) ou que la différence entre la tension et la pression est trop importante (paliers de décompression)
N₂ passe de la forme dissoute à la forme gazeuse => Formation de Bulles

la pression (Partielle) que le gaz exerce sur la surface du liquide est la **PRESSION (P_{Pre})**

La quantité (ou pression) de gaz dissous dans le liquide est : la **TENSION (t)**

Gaz respirés



Corps du plongeur



1 : Principe général de la décompression

Les physiologistes ont réalisé des modèles mathématiques de décompression qui vise à simuler la dissolution et la désaturation des gaz (principalement l'azote) dans le corps d'un plongeur lors de la remontée. Ces modèles simplifient les processus physiologiques complexes pour établir des protocoles de décompression visant à minimiser les risques d'accident de décompression (ADD).

Les Tables de plongée sont historiquement les premiers moyens de prévention de l'accident lié à la désaturation ou accident de décompression. Des années de recherches et de tests ont permis de les faire évoluer pour réduire les risques d'accident de décompression (ADD)

Les ordinateurs de plongée sont ensuite apparus sur le marché rendant progressivement obsolète l'utilisation des Tables dans le cadre de plongées récréatives.

suivant les dernières directives de la LIRAS qui répond à une tendance mondiale toutes fédérations confondues **ABANDONS TOTAL DES TABLES** utilisation exclusive des ordinateurs



VITESSE DE REMONTEE: 10 METRES/ MINUTE	
3 m	1. 27 m
4 m	1. 27 m
5 m	1. 27 m
6 m	1. 27 m
7 m	1. 27 m
8 m	1. 27 m
9 m	1. 27 m
10 m	1. 27 m
11 m	1. 27 m
12 m	1. 27 m
13 m	1. 27 m
14 m	1. 27 m
15 m	1. 27 m

Gestion de la décompression		
No-déco	Déco normale	Déco extrême
Définition: - Sans paliers obligatoires	Définition: - 15 à 20' (O) - Profondeur > 10m	Définition: - 15 à 20' (O) - Profondeur > 10m
But: Personnel ou Compagnon (O) - Plongée unitaire (O) - Compagnon responsable respectant l'état de saturation maximale	But: Personnel ou Compagnon (O) - Plongée unitaire (O) - Compagnon du maître (O) - Responsable (O)	But: Personnel uniquement
Recommandations: - Palier de 10 à 15'	Recommandations: - Max 2 plongées par jour	Recommandations: - Max 2 plongées - Déco sans restriction



2. Comprendre le principe de fonctionnement d'un ordinateur de plongée

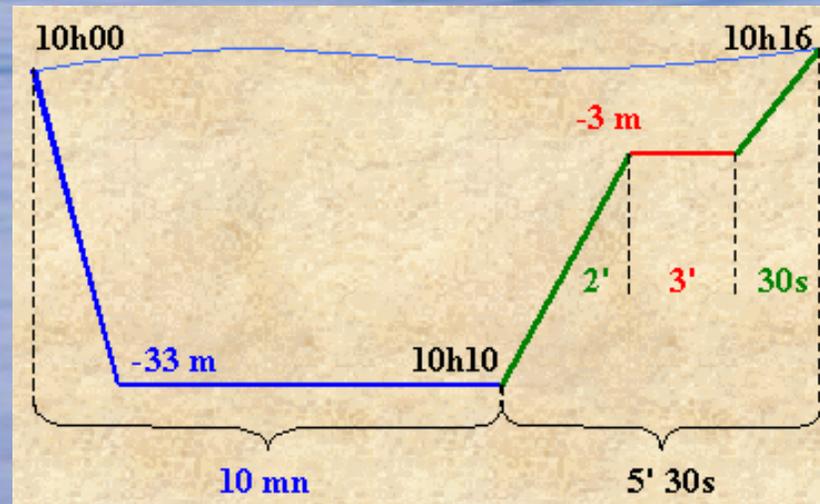
Les deux paramètres qui permettent d'estimer la saturation N₂ des différents Tissus (compartiment) sont

1. Le temps de plongée
2. La profondeur de plongée

Avec les tables : le temps de plongée est : depuis le départ jusqu'au moment où l'on décide de remonter la profondeur de plongée est la profondeur maximum atteinte quelque soient le temps que l'on y est resté. Soit un profil dit carré

Temps de plongée : 10 minutes

Profondeur de la plongée : 33 mètres



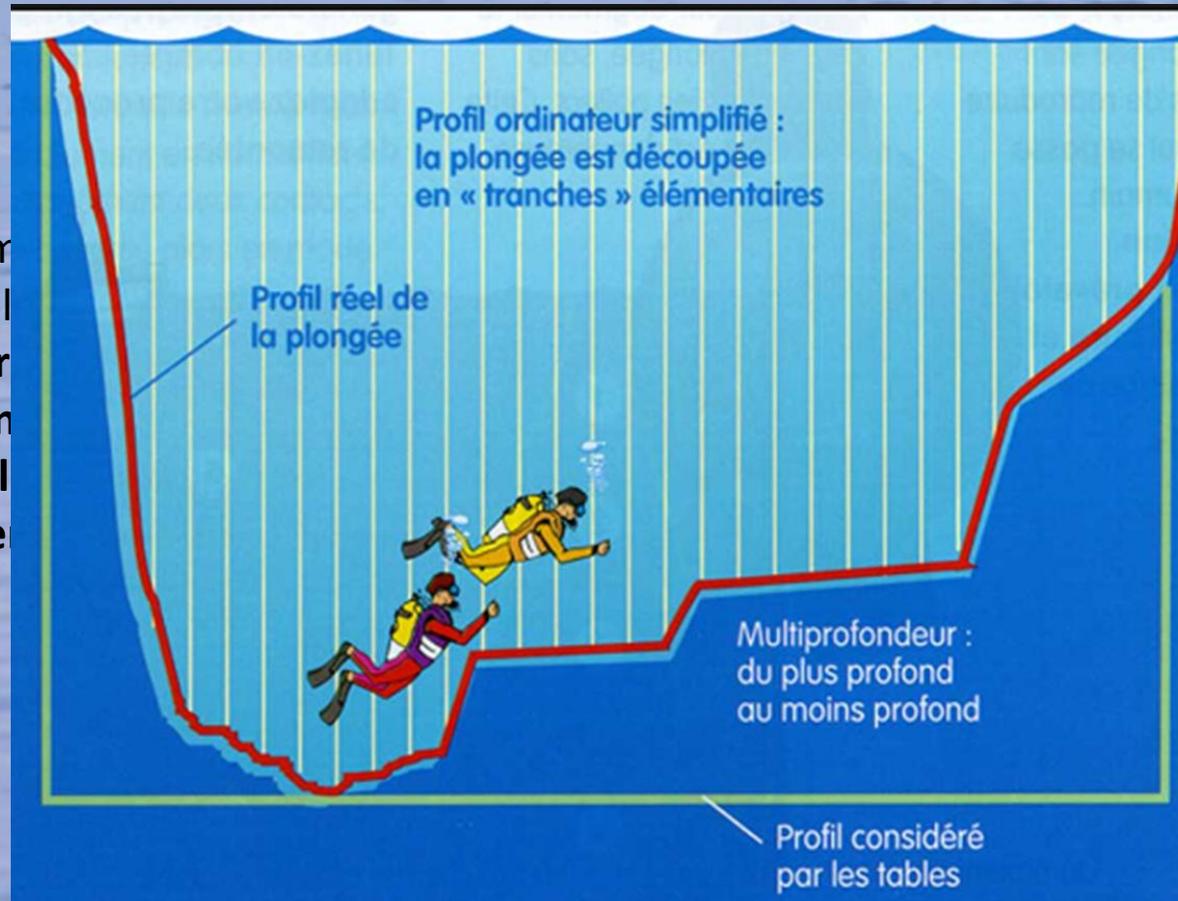


2. Comprendre le principe de fonctionnement d'un ordinateur de plongée

L'ordinateur Appareil électronique, qui calcule en temps réel et en continu le profil de décompression nécessaire pour une remontée en toute sécurité. Son principe de calcul repose sur l'application de modèles mathématiques complexes, adaptés aux données mesurées en permanence.



C'est l'avantage m
sur un profil de pl
Calcul en temps r
Mesure en contin
Met à jour les cal
compartiments e



eu de se baser
:
s ou presque.
is les



Chapelle Robert MF
Coline André MC



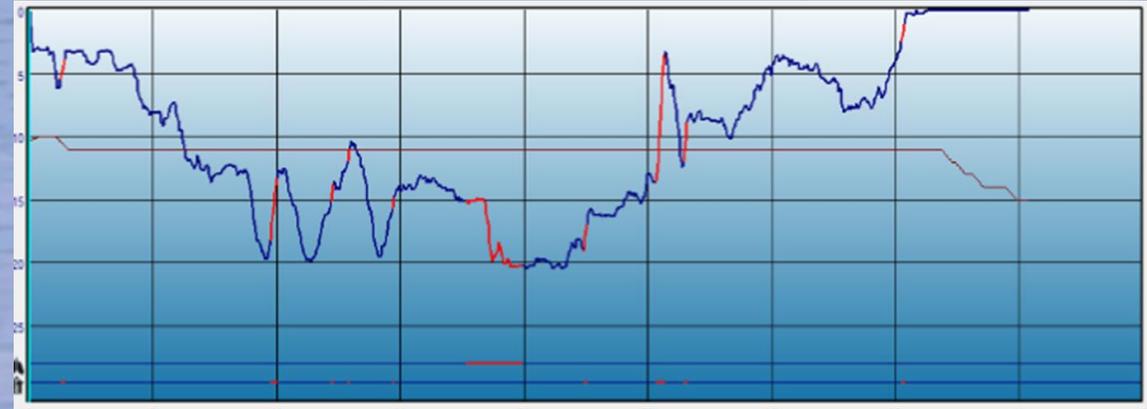
3. Comprendre les notions de profils de plongée

Les Mauvais profil à éviter:

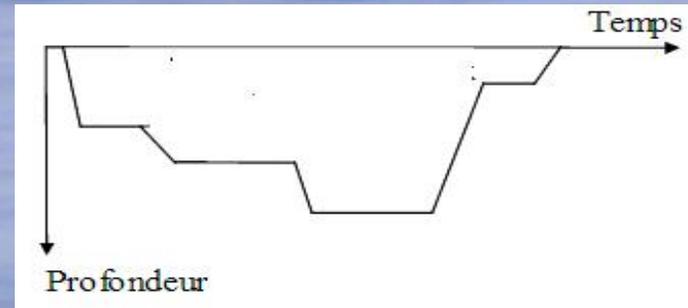


Profil « YOYO » fortes Variations de la profondeur au cours de la plongée

- ⇒ nombre des variations est important
- ⇒ vitesse des variations est grande
- ⇒ amplitude des variations est forte
- ⇒ proximité de la surface
- ⇒ en fin de plongée



Éviter le profil inverse :
Soit atteindre la profondeur maximale
en début de plongée et non en fin de plongée





4. Connaître les types de plongée et leurs paramètres

- **PLONGÉE NON DÉCO**

La plongée non déco aussi appelé plongée sans palier est une plongée qui permet à tout instant une remontée à vitesse prescrite sans arrêt imposé jusqu'à la surface. La décompression de ce type de plongée ne nécessite donc pas de palier obligatoire.

Sur son ordinateur le plongeur dispose de l'indication NDL (no déco limite) qui mentionne le temps de plongée sans palier restant à la profondeur actuelle
Important :

Afin d'éviter un profil « border line » garder toujours une valeur de NDL supérieur à 5'



Ce type de plongée concerne particulièrement le plongeur 1 * pendant toute la durée de son brevet plongeur 1 * : Rappel de deux des prérogatives du plongeur 1 * :

- Plonger jusqu'à une profondeur maximale de 20 mètres
- Plonger dans la courbe sans palier (No Déco)

- **PLONGÉE AVEC DÉCOMPRESSION OBLIGATOIRE**

La plongée avec décompression obligatoire est une plongée nécessitant la tenue de palier obligatoire. Ceci s'applique à des plongées dont les limites sont :

- le TTS (Temps Total pour faire surface) n'excède pas 25 minutes
- la profondeur maximum ne dépasse pas 60 m

les plonger dans ces limites sont réservées aux plongeurs confirmés
*ils seront abordé dans la formation 2**





5. Comprendre les règles de bonne pratique

La décompression n'est pas une science exacte. Chaque année, des ADD surviennent lors de plongées qui ne dépassent pas 20m, et ce, sans erreur de procédure.

« La plongée en toute sécurité est une recette de cuisine dont l'ordinateur n'est qu'un ingrédient. Pour que la recette soit réussie, c'est-à-dire que la décompression soit sûre, tous les ingrédients doivent être utilisés correctement ».

RESPECTER LES RÈGLES DE BONNE PRATIQUE EST AUSSI IMPORTANT QUE DE RESPECTER LES PALIERS OBLIGATOIRES DE SON ORDINATEUR.

RÈGLES APPLICABLES À TOUTES LES PLONGÉES

Avant et après la plongée :

- Veiller à être correctement hydraté.
- Être reposé.
- Veiller au confort thermique.
- Être équipé du matériel obligatoire (et recommandé), parfaitement fonctionnel.
- Vérifier le bon état de fonctionnement de son matériel.
- En fin de plongée, éviter le blocage réflexe de la respiration pendant l'effort à de la sortie de l'eau et veiller à expirer correctement (remontée à l'échelle, à bord d'un pneumatique, etc.).
- Éviter autant que possible tout effort après la plongée.

LA PLONGÉE

Les ordinateurs calculent une solution de décompression sur base d'algorithmes simples et de limites qui ont été définies expérimentalement. Pour que la décompression proposée soit pertinente, il est important que le profil de plongée réel respecte les principes décrits ci-dessous :

- Atteindre la profondeur maximale en début de plongée.
- Ensuite, suivre un profil multiniveau ou « carré ».
- Ne pas redescendre significativement en fin de plongée.
- Éviter les yoyos.
- Ralentir sensiblement la vitesse de remontée lors des 3 derniers mètres.
- Pour une plongée No Déco, réaliser un palier de sécurité de 5' à 5m, si les conditions le permettent.



5. Comprendre les règles de bonne pratique

RÈGLES POUR LES PLONGÉES SUCCESSIVES

Règles communes à toutes les plongées successives (dans le cadre du plongeur 1 *)

Par plongées successives, on entend des plongées pour lesquelles le plongeur est en état de sursaturation lors de la mise à l'eau. À l'inverse, la plongée unitaire est une plongée pour laquelle le plongeur n'est pas sursaturé lors de la mise à l'eau.

- Pour revenir à une plongée unitaire après une plongée successive, prévoir un intervalle de 12 heures entre la dernière plongée et la plongée suivante. (Ou se référer aux informations de votre ordinateur)
- Il est recommandé d'insérer régulièrement une période de repos (1 jour de repos par 5 jours de plongées).

PLONGÉES SUCCESSIVES No Déco :

- Possibilité de réaliser plus de 2 plongées par jour. Avec un intervalle de surface de minimum 2 heures.
- Garder une valeur de NDL supérieure à 5'
- Remarque : Dans certaines situations, l'intervalle de 2 heures ne peut pas être respecté (plongées « double tank », par exemple). Il y a alors lieu de considérer ces plongées successives comme accidentogènes. Il faut adapter le conservatisme en conséquence.

(Exemples non limitatifs : utilisation du NITROX, profondeurs nettement limitées, NDL > 10', etc.).

Ce type de plongée n'est pas recommandé.



5. Comprendre les règles de bonne pratique

PROTOCOLES PARTICULIERS (seulement dans le cadre du plongeur 1*)

REMONTÉE TROP RAPIDE JUSQU'À LA SURFACE

En plongée No Déco

Procédure :

- Ne pas se réimmerger.
- Mettre les plongeurs concernés en observation pendant une heure auprès d'une personne qualifiée.
- Attendre 12 heures avant la plongée suivante, **ou plus si l'ordinateur l'impose.**

PRENDRE L'AVION ET ALTITUDE

Procédure :

- En cas de plongée unitaire en No Déco, attendre un délai d'au moins 12 heures avant de prendre l'avion.
- En cas de plongée avec décompression obligatoire **ou après des plongées successives**, attendre un délai d'au moins 24 heures avant de prendre l'avion.
- La procédure est identique si votre trajet s'effectue par la route et nécessite un passage en altitude (passage d'un col).

Ce cours s'adresse aux plongeurs 1 * qui sont dans les limites :
profondeur maximum de 20 mètres et plongée No Déco
*donc tous les protocoles qui concernent les plongées avec décompression obligatoire
ne sont pas abordés dans ce cours ils seront développés dans la formation 2 **



*Chapelle Robert MF
Celine André MC*

6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée

CHOIX DE LA MACHINE

Mode NITROX, planification de la décompression avec galiers ou directement de la courbe, batteries rechargeables ou piles à remplacer, Bluetooth, compas intégré, mesure de la température, gestion d'air, éclairage, gestion multi gaz, Gradient Factors, prise en compte du rythme cardiaque, affichage dans le masque, vibreur, etc.

Nombreuses sont les fonctionnalités proposées de nos jours par les fabricants d'ordinateurs qui en vantent les mérites.

Certaines fonctions sont indispensables, d'autres sont simplement utiles... ou pas !
Le prix, lui, peut très vite s'avérer exorbitant.

Les recommandations d'achat ne sont pas aussi simples qu'il puisse y paraître à première vue.
Un ordinateur est un équipement qui ne se remplace pas après chaque passage de brevet.

Nous allons donc essayer de définir quels sont vos attentes à moyen terme, votre budget, vos affinités avec la technique, etc.





6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée

Voici une liste non exhaustive de fonctionnalités à aborder:

LE MODE NITROX

Il s'agit d'une fonctionnalité importante et il faut la recommander.

Dès le 1*, le plongeur peut potentiellement obtenir un brevet NITROX de base.

D'autre part, à l'étranger, la plongée NITROX est parfois obligatoire.

LA PLANIFICATION

Il faut privilégier une machine permettant de réaliser une planification avec des paliers obligatoires. En effet, ce type de planification est nécessaire lors d'une plongée à paliers.

Cette fonctionnalité est donc **INDISPENSABLE** dès le brevet 2*. La convivialité de la planification varie beaucoup d'une marque à l'autre.

Une lecture préalable du manuel de l'ordinateur convoité peut être utile à ce sujet

ÉCLAIRAGE & LISIBILITÉ

Il s'agit évidemment d'un critère important puisque nos eaux habituelles sont en général sombres et l'hiver nous plongeons souvent de nuit.

Un ordinateur ayant un éclairage permanent apporte un confort de lecture très appréciable.

Il n'est alors plus nécessaire d'utiliser une lampe ou d'activer un rétroéclairage pour le consulter.



6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée

L'AFFICHAGE

Plus une machine est de conception récente et plus la résolution de l'écran est élevée. Les écrans couleur ont également fait leur apparition. Attention cependant à la lisibilité de l'information. Il est important que la machine permette de n'afficher que les informations utiles pour la gestion de la plongée :

1. temps de plongée
2. profondeur actuelle,
3. paliers
4. profondeur maximale atteinte
5. TTS (temps total pour faire surface) ou NDL(No Deco Limit)
6. vitesse de remontée
7. éventuellement la pression de la bouteille si l'ordinateur possède une fonction de mesure de l'air.

Des informations qui ne sont pas indispensables pendant la plongée et qui peuvent être à lire telles que : PpO2 instantanée, profondeur moyenne, température, etc. Une attention particulière sera portée à l'information relative à la vitesse de remontée, généralement affichée via un code couleur (par exemple, vert/orange/rouge) éventuellement complétée par des pictogrammes visuels de type curseur ou graphique ; chiffrés en pourcentage du maximum autorisé par minute.

Le dépassement de la vitesse maximale est généralement indiqué par un signal sonore et d'une alarme visuelle. Cela peut être complété par une vibration.





6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée

Suite des fonctionnalités à aborder:

L'AUTONOMIE

Il existe deux types de systèmes :

- Les ordinateurs avec une autonomie de l'ordre de 300 plongées. Ces machines n'ont, en général, pas d'éclairage permanent par défaut. Bien que le remplacement de la pile soit souvent possible par l'utilisateur, il est recommandé de faire réaliser cette opération par un revendeur agréé en raison du risque de perte d'étanchéité.
- Les ordinateurs avec batteries rechargeables. L'autonomie est très variable (10 à plus de 30 plongées). La machine possède alors en général un écran éclairé en permanence et l'utilisateur peut recharger sans ouvrir l'appareil. Il s'agit souvent de machines plus coûteuses. Il est important de gérer efficacement la charge de la machine, surtout lors de stages ou vacances de plongée.

LA GESTION D'AIR

Via une sonde la machine est connectée au 1er étage du détendeur par une sonde haute pression, l'ordinateurs indiquent la pression de la bouteille.

Cette option, assez coûteuse, est intéressante, mais pas primordiale.

TYPES DE FIXATIONS

Il existe également différents types de fixations pour la machine :

au poignet, en console, voire directement dans le masque du plongeur.

Privilégiez les systèmes simples et qui offrent une possibilité de fixation secondaire (via un sandow)



6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée

Suite des fonctionnalités à aborder:

EXPORTATION DES PROFILS DE PLONGÉES

Tous les ordinateurs permettent d'exporter les profils de plongées. Les plus récents disposent du Bluetooth et permettent le transfert des données directement vers une application sur smartphone.

Cette fonctionnalité est recommandée (si le budget du plongeur le permet).

LES ORDINATEURS ADAPTÉS À LA PLONGÉE PROFONDE À L'AIR - LA GESTION MULTIGAZ

Pour ce type de plongée, il est recommandé d'utiliser des gaz suroxygénés pour la décompression (*nécessite le brevet NITROX confirmé*).

Cette option est donc utile, si le plongeur envisage la plongée profonde à l'air.

DIVERS

Plusieurs autres fonctionnalités existent telles que :

plongée en altitude, réglage pour recycleur, trimix, compas intégré (souvent peu pratique), etc.

Ces options ne sont pas utiles ou intéressantes pour le type de décompression envisagé



6. Connaître les critères de choix d'un ordinateur de plongée

LE MANUEL DE L'ORDINATEUR

Document indispensable (dans votre langue) *très souvent téléchargeable sur le site du fabricant*

Il existe de grandes disparités entre les manuels d'ordinateurs.

Les mises en garde sont souvent surprenantes et paraissent parfois exagérées.

Il convient donc d'étudier le manuel de son ordinateur, mais aussi, et surtout, de suivre une information adaptée pour une utilisation intelligente de celui-ci.

Avant un achat : matériel neuf ou d'occasion vos moniteurs se tiennent à votre disposition pour vous

Aider dans le choix de votre ordinateur

