



UJSM Section Subaquatique

UNION DES JOUEURS SAUVETEURS DE LA MULATIERE

Bureau & Piscine : 25 rue de Verdun – 69350 LA MULATIERE

Siège social : Mairie de La Mulatière – 1 Place Jean Moulin - 69350 La Mulatière

☎ bureau 04 78 50 84 68 - ☎ piscine 04 78 50 35 99 - ☎ siège 04 78 50 04 44

René SANDRETTO

Cours théorique Préparation Niveau 2

Utilisation des ordinateurs de plongée (Plongée à l'air uniquement)

UJSM Plongée

SOMMAIRE

- 1 – Qu’est-ce qu’un ordinateur de plongée ? Quelles différences avec le couple tables + profondimètre ?**
- 2 – Indications sur le fonctionnement d’un ordinateur de plongée (= comment ça marche ?)**
- 3 – Les caractéristiques communes à tous les ordinateurs actuels**
- 4 – Les « plus » des ordinateurs les plus sophistiqués**
- 5 – Comment choisir son ordinateur ?**
- 6 – Comment utiliser son ordinateur ?**
- 7 – La réglementation concernant l’utilisation des ordinateurs**

1 – Qu'est-ce qu'un ordinateur de plongée ? Quelles différences avec le couple tables + profondimètre ?

● Le rôle d'un ordinateur est de calculer en temps réel certains paramètres relatifs à la plongée et à la « situation » du plongeur, notamment l'état de sa saturation en azote de sorte à permettre une décompression dans les meilleures conditions de sécurité. Dans les conditions usuelles de la plongée à l'air, l'azote est en effet le principal facteur de risque lié à la nature des éléments constitutifs de l'air que nous respirons à la pression ambiante.

A et effet, l'ordinateur est doté de capteurs mesurant en permanence la pression ambiante (la pression absolue ou PA).

Grâce à un modèle mathématique basé sur une table particulière (Buhlman, Spencer, US Navy, RGBM, etc.), l'ordinateur en déduit l'évolution de la tension en azote des différents compartiments de l'organisme.

● Différences avec les tables.

1. L'ordinateur tient compte du profil effectif de la plongée (puisqu'il capte en permanence la PA et donc la profondeur exacte).
2. L'ordinateur calcule le niveau de saturation en N₂ des différents compartiments de l'organisme, alors que le GPS indiqué par les tables ne tient compte que d'un seul compartiment.
3. L'ordinateur tient compte aussi de la densité (eau douce/eau de mer) et de l'altitude (utile pour la plongée en lac d'altitude. En effet, la PA baisse de 0.1 bar tous les 1000m. Si vous faites une plongée sous glace au lac de Tignes (2100m), la PA est de l'ordre de 0,79 bars (sachant que la pression atmosphérique à 0 m est en moyenne de 1013 hPA, soit environ 1bar).
4. Les tables sont conçues pour une vitesse de remontée déterminée (15 à 17 m par mn jusqu'au premier palier / 6m par mn pour la vitesse inter-paliers), alors que les ordinateurs actuels utilisent des vitesses différenciées qui diminuent au fur et à mesure de la remontée et qui sont plus lentes que celles appliquées par les tables (le plus souvent entre 8 et 12m par mn jusqu'au premier palier).
5. Parce qu'il intègre le profil de la plongée, l'ordinateur est moins pénalisant que les tables (sauf si la plongée est effectivement parfaitement carrée).
6. Contrairement aux tables, l'ordinateur fournit en permanence des indications sur divers paramètres (la température de l'eau, la vitesse de remontée, l'autonomie en air pour certains d'entre eux, le temps restant avant de pouvoir prendre un avion, etc.).
7. Contrairement aux tables, l'ordinateur fournit aussi des alarmes par exemple en cas de remontée trop rapide, de non respect d'un palier et, plus généralement, en cas de procédures de remontées non conformes au modèle de décompression sur lequel il a été programmé. Il vous prévient également lorsque vous atteignez la profondeur maximale que vous avez préprogrammée ou encore lorsque vous sortez de la courbe de sécurité, etc.
8. Il calcule pour vous la profondeur et la durée des paliers à effectuer et vérifie que vous vous y conformez.

2 – Comment ça marche ?

Selon les modèles, les ordinateurs affichent à tout moment tout un ensemble d'informations avant la mise à l'eau, pendant l'immersion et après le retour en surface.

● Avant la mise à l'eau

Périodiquement, selon une certaine périodicité (par exemple toutes les 10 mn), votre ordinateur, même bien rangé dans sa boîte dans un placard, actualise la valeur de la pression atmosphérique. Il pourrait donc être facilement adapté pour servir de station météo (puisqu'il mesure aussi la température).

Il indique également le jour et l'heure. Il peut donc remplacer votre montre.

Votre (futur) ordinateur garde aussi en mémoire les caractéristiques des plongées antérieurement effectuées. Il remplace donc votre carnet de plongée (mais sans la belle flamme de votre moniteur favori).

Vous pouvez aussi programmer à l'avance une plongée en simulant par incréments successifs (de temps et de profondeurs) une plongée particulière.

Vous pouvez, enfin sélectionner vos unités de mesures (mètres, pieds, etc.) ainsi que certains paramètres par exemple le pourcentage d'oxygène présent dans le mélange nitrox ou encore des limites que vous ne voulez pas dépasser, par exemple la profondeur maximale ou la pression partielle d'oxygène (PpO₂) en cas de plongée au nitrox.

Il est essentiel de faire ces réglages préalables en surface et de bien vérifier que votre ordinateur est en bon état de fonctionnement avant de vous immerger (vérification de l'état de la batterie si l'ordinateur le permet).

● Pendant l'immersion

Dès le début de l'immersion (à partir d'un mètre à 1,5 m de profondeur) l'ordinateur active automatiquement le programme plongée (en général les réglages préalables de surface ne sont plus accessibles).

1. En mode plongée, l'ordinateur affiche alors :

- diverses informations telles que l'heure, la température actuelle, l'indication du mélange gazeux utilisé (air ou Nitrox), etc.
- la profondeur actuelle
- La profondeur maxi atteinte
- Le temps passé depuis le début de l'immersion
- Le temps restant avant palier (le NDL : 'No Decompression Limit'), c'est-à-dire le temps restant à la profondeur actuelle avant de sortir de la courbe de sécurité).

Bien entendu, ce temps diminue si vous descendez et il augmente si vous remontez.

- L'approche de la limite de la courbe de sécurité (en général 2 ou 3 minutes à l'avance) s'accompagne d'une alarme visuelle et sonore. Lorsque l'on rentre dans une plongée avec palier(s), l'ordinateur affiche alors le premier palier à effectuer (profondeur et durée), **si l'on décidait d'entamer la remontée à cet instant précis**. Naturellement, si on poursuit la plongée en réduisant progressivement la profondeur, la PA diminue, ce qui permet de

désaturer (dans certains cas) et de faire disparaître l'indication de la nécessité de faire des paliers (alors même qu'on ne les a pas faits).

Ceci n'est pas un signe de dysfonctionnement de votre ordinateur !

- L'ordinateur mesure la vitesse de votre remontée (en mesurant chaque seconde la variation de la pression absolue). Comme indiqué plus haut, l'ordinateur est plus strict que les normes des tables MN 90. Une alarme sonore et visuelle indique le dépassement de vitesse. On doit alors impérativement ralentir et si nécessaire arrêter sa remontée tant que l'alarme ne disparaît pas.

- Certains ordinateurs sont programmés pour signaler automatiquement un palier de principe (à 3 m), d'autres ne le sont pas. Certains peuvent indiquer la nécessité d'un palier de sécurité lié au fait que la vitesse de remontée a été dépassée à plusieurs reprises

- L'ordinateur indique en général la durée totale de remontée

- l'ordinateur indique la quantité d'azote absorbée pendant la plongée

- La plupart indiquent le niveau de toxicité de l'oxygène (horloge CNS). Cette information n'a guère d'intérêt pour les plongées usuelles à l'air.

2. Tous les ordinateurs actuels sont dotés d'alarmes de 3 types :

- *Soit des alarmes de préavis.* Exemple : dans 3 mn, vous sortez de la courbe de sécurité pour entrer dans une plongée avec palier.

- *Soit des alarmes d'action risquée.* Exemple remontée trop rapide, remontée au-delà de la profondeur du palier. Vous devez réagir en conséquence rapidement de sorte à ce que l'alarme cesse et que les calculs reprennent normalement (on dispose d'un temps limité pour le faire en général 2 ou 3 mn).

- *Alarme définitive.* Si on ne réagit pas (par exemple en forçant un palier), l'alarme devient permanente. Certains ordinateurs cessent totalement de fonctionner (affichage ERREUR). Il faut alors impérativement appliquer le protocole de décompression qui vous a été enseigné avec les tables. Exemple : si remontée trop rapide, redescendre à mi-profondeur maxi, y rester 5 mn et faire les paliers ; si interruption d'un palier, reprendre le(s) palier(s), etc.

Une fois « en carafe », ordinateur ne peut plus être utilisé comme tel pendant les 24 à 72 h suivantes, selon les modèles. Il ne peut être utilisé que comme profondimètre et minuteur.


Le fait de violer une règle majeure de décompression telle que le non respect d'un palier interdit de plonger pendant les 24 h qui suivent.

● Après le retour en surface

L'ordinateur continue à travailler après le retour en surface en gérant l'ensemble des données « après plongée ».

- Il décompte le temps depuis l'heure de sortie, de sorte à gérer une éventuelle plongée consécutive ou successive.

- Il affiche des informations sur le processus de désaturation (notamment en affichant l'azote résiduel).

- Il affiche une icône « Don't fly » ()

3 – Caractéristiques communes à tous les ordinateurs

- Tous les ordinateurs actuels sont « multi-niveaux » (= ils tiennent compte du profil effectif de la plongée)
- Tous comportent un mode « Plan » (planification) qui permet de connaître le temps que l'on peut rester aux différentes profondeurs sans faire de palier
- Tous ont un mode simulation qui simule le déroulement de plongées fictives, ce qui peut être utile pour l'apprentissage de son utilisation.
- Tous tiennent compte du temps minimum à respecter avant de prendre l'avion, soit de manière rudimentaire, par simple décompte de 2'h, soit de manière plus élaborée par calcul en continu de la désaturation, ce qui permet d'intégrer le fait que la (ou les) plongée(s) effectuées ont été plus ou moins profondes.
- Tous ont un carnet de plongée (historique des plongées antérieures avec leurs paramètres).
- Tous (ou presque) ont une fonction historique, indiquant le cumul de tous les temps passés sous l'eau, la profondeur maximale atteinte, le nombre total de plongées, etc.
- Tous (ou presque) sont raccordables à un PC.

4 – Les ordinateurs les plus sophistiqués

- La plupart prennent en compte la plongée au Nitrox (mélange suroxygéné). Ils affichent alors les quantités d'oxygène accumulées dans l'organisme (compteur CNS), afin d'éviter les accidents (essentiellement neurologiques), liés à l'hyperoxie. L'approche de la limite de la profondeur maximale d'utilisation avec le mélange considéré déclenche une alarme.
- Certains sont bi-gaz, c'est-à-dire sont capables de gérer différents mélanges suroxygénés, sélectionnables à n'importe quel moment de l'immersion (utile pour la plongée au nitrox avec palier effectué avec un mélange plus enrichi en oxygène que celui utilisé pendant la plongée).
- Certains ordinateurs sont à gestion d'air. Connecté avec la haute pression du bloc, il mesure l'évolution de celle-ci, ainsi que le rythme respiratoire, de sorte à déterminer l'autonomie restante (alarme).
- Certains ordinateurs tiennent compte du risque de formation de microbulles (c'est-à-dire de minuscules noyaux gazeux (encore appelées bulles asymptomatique, car elles ne provoquent pas de symptômes ou bulles silencieuses, principalement localisées dans la circulation veineuse), mais qui peuvent poser dans certains cas des problèmes, notamment pour les personnes ayant un foramen ovale perméable (risque qu'elles migrent dans la circulation artérielle. De même, en cas de plongée yoyo ou de plongées successives rapprochées, la taille de ces bulles diminuant pendant la descente, elles pourront passer à travers le filtre pulmonaire, passer du côté artériel où elles deviendront potentiellement dangereuses. Certains ordinateurs comportent une fonction deep stop (palier à mi-profondeur susceptible de réduire les microbulles).

L'objectif des programmes de gestion des microbulles est de renforcer la prévention des risques liés à des circonstances particulières (plongées successives rapprochées, plongées

yoyo, profils inversés, en proposant un protocole de décompression destiné à réduire le nombre des microbulles, favoriser leur élimination par le filtre pulmonaire et éviter leur grossissement. Les ordinateurs à gestion des microbulles sont donc plus pénalisants que les autres.

5 – Comment choisir son ordinateur ?

Les ordinateurs actuels étant assez homogènes au niveau des performances et des fonctions, le choix disponible porte sur ce qui les différencie.

- avec ou sans gestion d'air ?

- avec ou sans microbulles ?

Votre choix doit être guidé par quelques critères personnels :

- Cela dépend du type d'activité que vous envisagez pour l'avenir : Faire beaucoup de technique ? Progresser dans les niveaux de plongeur et d'encadrant ? Faire uniquement de la plongée loisir ?

- Si vous avez des problèmes de vision, privilégier le modèle avec le plus gros affichage. Un ordinateur que vous avez du mal à lire, même avec un masque correcteur ne sert à grand chose. Pire, il est dangereux.

- Console ou poignet ?

- Piles changeables par l'utilisateur ou uniquement en usine. Dans ce dernier cas, le changement est plus onéreux, immobilise votre ordinateur. Mais l'avantage est que les capteurs sont en général réétalonnés au moment du changement des piles.

- Une recommandation : privilégier systématiquement un ordinateur gérant le nitrox (tous ou presque le font), car il s'agit d'une compétence et d'un secteur de la plongée accessible très rapidement.

6 – Comment utiliser son ordinateur ?

● Avant l'immersion

- D'abord apprendre à s'en servir avant même de s'en servir. Donc, lire/relire la notice d'utilisation.

- Le faire fonctionner, explorer toutes les fonctions.

- Il est essentiel de bien s'accoutumer à l'affichage (on voit moins bien sous l'eau) : où sont situées les diverses informations, que signifie tel ou tel chiffre, telle ou telle icône, barre de progression etc. Pour cela on peut utiliser le mode simulation à des fins d'apprentissage (et ensuite pour programmer vos plongées).

- Il est aussi indispensable de le personnaliser (au niveau de certains réglages), en allant dans le sens du renforcement de la sécurité.

- Il faut aussi l'adapter à chaque plongée par exemple en le réglant soit sur Air soit sur Nitrox et dans ce dernier cas, en sélectionnant une valeur de la PpO₂ maxi en fonction de votre âge et de votre condition physique. Régler à l'avance une profondeur maximum que vous ne voulez pas dépasser pour la plongée considérée afin de mieux la gérer.
- Avant l'immersion, faire le point avec tous les membres de la palanquée sur le mode de décompression utilisé par chacun (table ou ordinateur). Ne pas oublier qu'il existe des signes conventionnels pour indiquer sous l'eau la durée et la profondeur des paliers à effectuer. Il peut être utile de se les remémorer.
- Bien vérifier le fonctionnement de votre ordinateur avant de vous mettre à l'eau.

● **Pendant l'immersion**

1. Pendant la durée de la plongée :

Trouvez le bon compromis entre :

- Ne pas s'intéresser à l'ordinateur sauf au moment de la remontée.
- passer la plongée les yeux rivés sur l'ordinateur, ce qui est regrettable pour l'intérêt de celle-ci et nuisible à la sécurité collective.
- Essayer d'avoir une idée correcte de la profondeur et du temps écoulé et vérifier ces paramètres périodiquement. Attacher une attention plus particulière au NDL et à votre niveau de saturation en azote.

Il est toujours préférable pour l'optimisation de votre sécurité d'accéder à la profondeur maximum en début de plongée, puis de remonter soit par étages successifs, soit de manière régulière. Eviter les yoyo (les saturations/désaturations alternées rendent trop anarchiques le processus de décompression et favorise la prolifération de microbulles). Eviter aussi les profils afin de réduire les temps de paliers et favoriser une meilleure décompression.

2. Au moment de la remontée, bien contrôler à la fois au feeling (petites bulles) votre vitesse et contrôler l'exactitude de votre évaluation avec l'ordinateur.

Echanger les informations avec les autres membres de la palanquée sur le(s) palier(s) à effectuer. S'aligner sur le temps de palier le plus long. Bien respecter la profondeur et la durée. Ne pas hésiter à faire le palier un peu plus profond que le niveau requis, notamment pour le palier à 3 m. En cas de houle, mieux vaut le faire à 4 ou 5 mètres et ne pas se tenir au boot sous peine d'effectuer un « palier yoyo ».

● **Après le retour en surface**

Donner les paramètres de la palanquée au directeur de plongée (temps, profondeur maxi, paliers effectués). L'ordinateur continue à fonctionner. Il indique le temps avant de pouvoir prendre un avion et calcule votre désaturation en azote de sorte à intégrer la PpO₂ résiduelle en cas de seconde plongée consécutive ou successive.

Prendre soin de cet équipement : le laver à l'eau douce, l'essuyer. Le stocker dans une boîte qui le protège des chocs, de préférence une boîte ventilée.

Les ordinateurs actuels sont des instruments fiables, même s'il arrive qu'il tombe en panne en cours de plongée (et pas seulement par suite de la décharge des piles), mais il n'est

efficace que si vous savez comprendre les indications qu'il fournit et son mode de fonctionnement.

Il est donc complémentaire des tables et ne remplace pas celles-ci. Vous devez toujours plonger avec un jeu de table en poche, même si vous avez un ordinateur flambant neuf.

7 –La réglementation concernant l'utilisation des ordinateurs

Il n'existe pas, dans les arrêtés qui réglementent la plongée (juin 1998, août 2000), une réglementation concernant spécifiquement les ordinateurs. Les textes prévoient seulement que tout plongeur doit disposer «des moyens de contrôler personnellement les caractéristiques de la plongée et de la remontée de sa palanquée ».

Néanmoins plusieurs règles doivent impérativement être respectées, qui concrétisent deux principes fondamentaux celui d'homogénéité de la palanquée et celui de sécurité.

Règle 1. Les membres de la palanquée doivent toujours rester ensemble (on ne se sépare pas)

Règle 2. Chacun doit avoir et conserver son dispositif propre permettant de contrôler sa décompression (son ordinateur personnel, pas celui du copain, surtout en cas de plongée successives ou consécutives).

Règle 3. Toute la palanquée doit remonter ensemble (à la vitesse la plus lente parmi celles préconisées par tous les ordinateurs utilisés).

Règle 4. Si ceux qui utilisent les tables se trouvent en situation de remontée lente (moins de 15m/mn), ils doivent donc inclure le temps de la remontée au premier palier dans la durée de la plongée et déterminer le temps de palier en conséquence.

Règle 5. On reste toujours ensemble au(x) palier(s). Par conséquent, il faut donc s'aligner sur le temps le plus pénalisant (donc sur les tables).

Règle 6. Faire un palier de 3 mn à 3 mètres, même si l'ordinateur n'en affiche pas la nécessité.

Règle 7. En cas d'accident de plongée, les ordinateurs de tous les membres de la palanquée doivent être remis aux médecins afin qu'ils puissent servir pour les soins à apporter à l'accidenté (et évaluer la nécessité d'une surveillance des autres membres de la palanquée. Les indications fournies par les ordinateurs peuvent aussi servir à établir les responsabilités en cas d'accident grave.

8 –En conclusion

Quelques recommandations de bon sens

- Toujours respecter les paliers indiqués et, à défaut, le palier de principe
- Toujours respecter les vitesses de remontée

- Toujours respecter l'indication 'no flight'
- Pas plus de deux plongées par jour
- Eviter les profils inversés,
- Pas de yoyo
- Eviter les efforts pendant et après la plongée
- Arrêter la plongée si vous avez froid (facteur aggravant les risques d'accident de décompression).

Avantages de l'ordinateur :

- Plus d'adaptabilité. Il s'accommode, en les gérant : du profil effectif de la plongée, des remontées lentes, des paliers effectués en dessous de la profondeur préconisée, des arrêts en cours de remontée, etc.

Ils obligent à remonter plus lentement que les vitesses préconisées par les tables, au fur et à mesure de la remontée (ce qui va sans doute dans le sens de la sécurité).

Inconvénients de l'ordinateur :

- Il peut susciter des problèmes si on lui fait une confiance illimitée. Il incite à la paresse intellectuelle et peut conduire – avec l'habitude – à ne pas planifier rigoureusement sa plongée à l'avance.

