



Document technique en vue de la préparation aux épreuves du Moniteur Fédéral 2ème degré de la FFESSM.

Bien que complet, ce document n'a pas vocation à être exhaustif, son contenu pourra être utilement complété. Il est également susceptible de mises à jour.

Les contenus n'engagent que leurs auteurs.

Nous restons attentifs à vos remarques et compléments, que vous pouvez transmettre à cifn-doc@ffessm.fr.

Préparation MF2 FFESSM ÉPREUVE MATÉRIEL

LES ORDINATEURS DE PLONGÉE

LES DOSSIERS TECHNIQUES
du Collège des Instructeurs Nationaux

Dossier réalisé par Sophie Le Maout IN 189
dernière révision 06/11/18 - RG133

Sommaire

I. RAPPEL D'UNE HISTOIRE : ÉVOLUTION DES MODELES DE DECOMPRESSION.....	3
I.1 ÉVOLUTION DES MODÈLES DE DÉCOMPRESSION	3
I.2 ÉVOLUTION DES ORDINATEURS	4
I.2.1 Du mécanique à l'électronique	4
I.2.2 L'ère moderne	7
II. LES ORDINATEURS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ AUJOURD'HUI..	8
II.1 QUELS MODÈLES POUR QUELS ORDINATEURS ?	8
II.1.1 Les séries ZH-L8-ADT	8
II.1.2 Les séries à modèle RGBM	8
II.1.3 Les séries Dual Pelagic	9
II.1.4 Les séries avec facteurs de gradient	9
II.2 CARACTÉRISTIQUES PRATIQUES DES ORDINATEURS ACTUELS	11
II.2.1 Caractéristiques communes.....	11
II.2.2 Affichages des paliers.....	11
II.2.3 Réglages du conservatisme	11
II.2.4 Planification.....	12
II.3 L'AFFICHAGE	13
II.4 LES LIMITES D'UTILISATION.....	14
III. CONCLUSION	14

I . RAPPEL D'UNE HISTOIRE : ÉVOLUTION DES MODELES DE DECOMPRESSION

I.1 Évolution des modèles de décompression

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

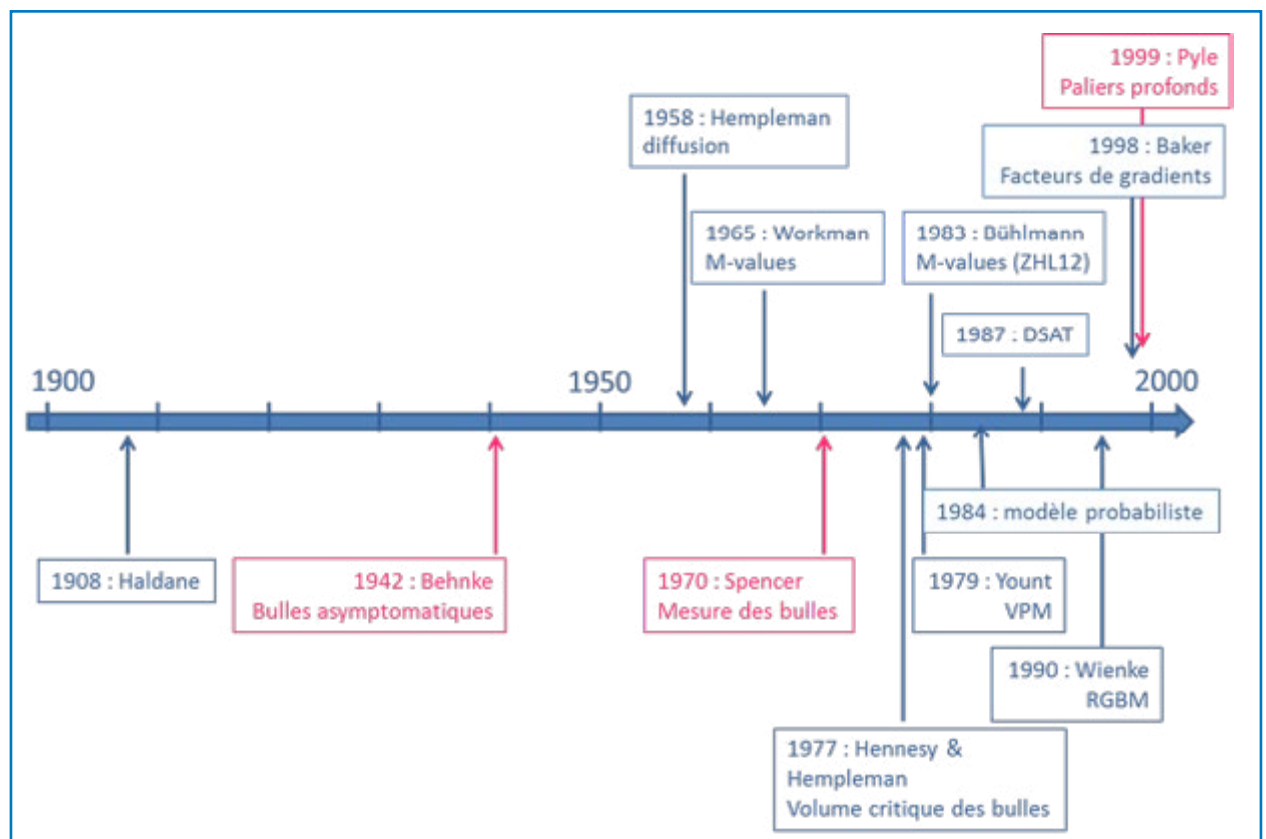


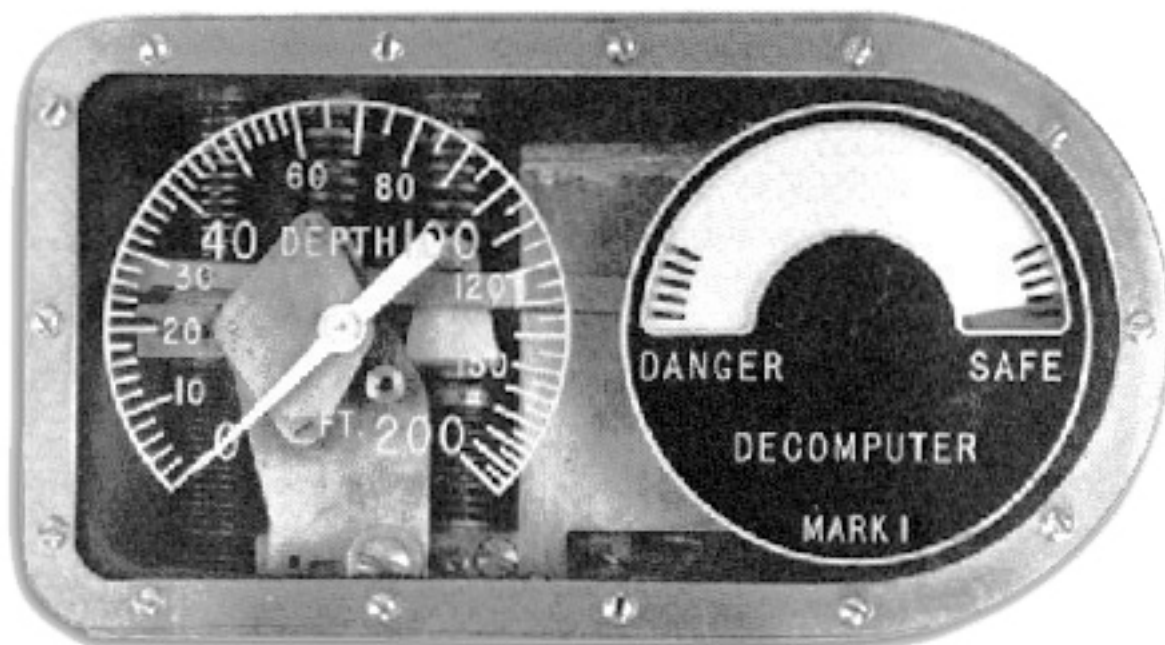
Figure 1 : principales évolutions dans les modèles de désaturation.

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

I.2 Évolution des ordinateurs

I.2.1 Du mécanique à l'électronique

Le précurseur : Le Foxboro Decomputer Mark I.



Source : <http://divemagazine.co.uk/kit/6597-history-of-the-dive-computer>

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

Le design italien : le décompressimètre Sos.

Illustration : <http://plongeesanssel.com/decompressimetre-sos--1958-.html>



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

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

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

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

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

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





Image <http://plongeesanssel.com/decobrain.html>



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

Le tableau ci-après résume les évolutions jusqu'au milieu des années 80.

<p>Les précurseurs (1955 & 1958)</p>	<p>Des instruments mécaniques à affichage analogique</p>	<p>Foxboro Decomputer Mark I décompressimètre Sos</p>	
<p>Les suiveurs (années 1970)</p>	<p>Idem</p>	<p>Decompression Meter de General Electric Decomputer Farallon</p>	
<p>Le progrès (1963)</p>	<p>Mesures électriques avec affichage analogique</p>	<p>Tracor</p>	
<p>L'innovation (année 1976)</p>	<p>Utilisation d'un microprocesseur avec affichage LED puis LCD</p>	<p>XDC Edge Cyberdiver II et III Decobrain</p>	 <p>https://www.deepbluediving.org/dive-computer-history/</p>

II. LES ORDINATEURS DISPONIBLES SUR LE MARCHÉ AUJOURD'HUI

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

II.1 Quels modèles pour quels ordinateurs ?

II.1.1 Les séries ZH-L8-ADT

Depuis l'Aladin Pro (commercialisé en 1989), les marques Uwatec, Scubapro et Subgear utilisent les modèles ZH-L8-ADT.

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

Presque tous les modèles actuels (sauf le XP10 de Subgear) correspondent au modèle ZH-L8-ADT-MB (MB pour microbulles).

L'algorithme permet à l'utilisateur de choisir un niveau de sécurité plus élevé limitant la formation des microbulles (niveaux de MB de L0 à L5). Les modèles les plus sophistiqués ont une fonction PMG (pour predictive multigaz).

Enfin, comme indiqué dans le fichiers excel, la plupart des modèles actuels ont une fonction PDIS (Profile Dependent Intermediate Stops) permettant d'activer un palier profond.

Il a été démontré qu'il n'est pas recommandé lors des plongées à l'air.

Les paliers «optionnels» (palier profond ou palier de « sécurité » à 3m) sont communs à beaucoup de modèles. On choisit de les activer ou non et ne pas les réaliser n'est pas gênant.

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

II.1.2 Les séries à modèle RGBM

Elaboré par Wienke en 1990, le modèle RGBM (Reduced Gradient Bubble Model) est un modèle hybride qui joue à la fois sur une approche haldanienne (compartiments, M-values) et une approche de type « modèles à bulles ».

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

Les modèles varient quelque peu en fonction des marques, sans qu'on en sache beaucoup plus avec chez Suunto le Suunto RGBM (9 compartiments), le Suunto Tech RGBM et le Suunto-Fused RGBM (15 compartiments), chez Cressi, le Cressi-RGBM (9 compartiments) et chez Mares le Mares-RGBM (10 compartiments).

Les modèles Cressi donnent un palier profond non obligatoire lorsqu'on entre en mode palier.

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

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

II.1.3 Les séries Dual Pelagic

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

DSAT fournit des limites de plongée sans désaturation basées sur des niveaux d'exposition et sur des données de test qui ont reçu la validation de PADI dans le cadre de ses tables RDP. Il impose des restrictions pour les plongées avec désaturation, considérées comme plus risquées.

Le fonctionnement du standard PZ+ (Pelagic Z+) est basé sur l'algorithme de Bühlmann ZHL-16c.

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

Les modèles Beuchat ne proposent que le Pelagic Z+.

II.1.4 Les séries avec facteurs de gradient

Le modèle des M-values de Bühlmann est souvent représenté par une droite (la droite des M-values), qui, pour un compartiment donné, va définir la limite entre la zone de sursaturation et la zone de sursaturation anarchique (une première droite avait été définie dans le système de Haldane, par la valeur de S_c , coefficient de sursaturation critique).

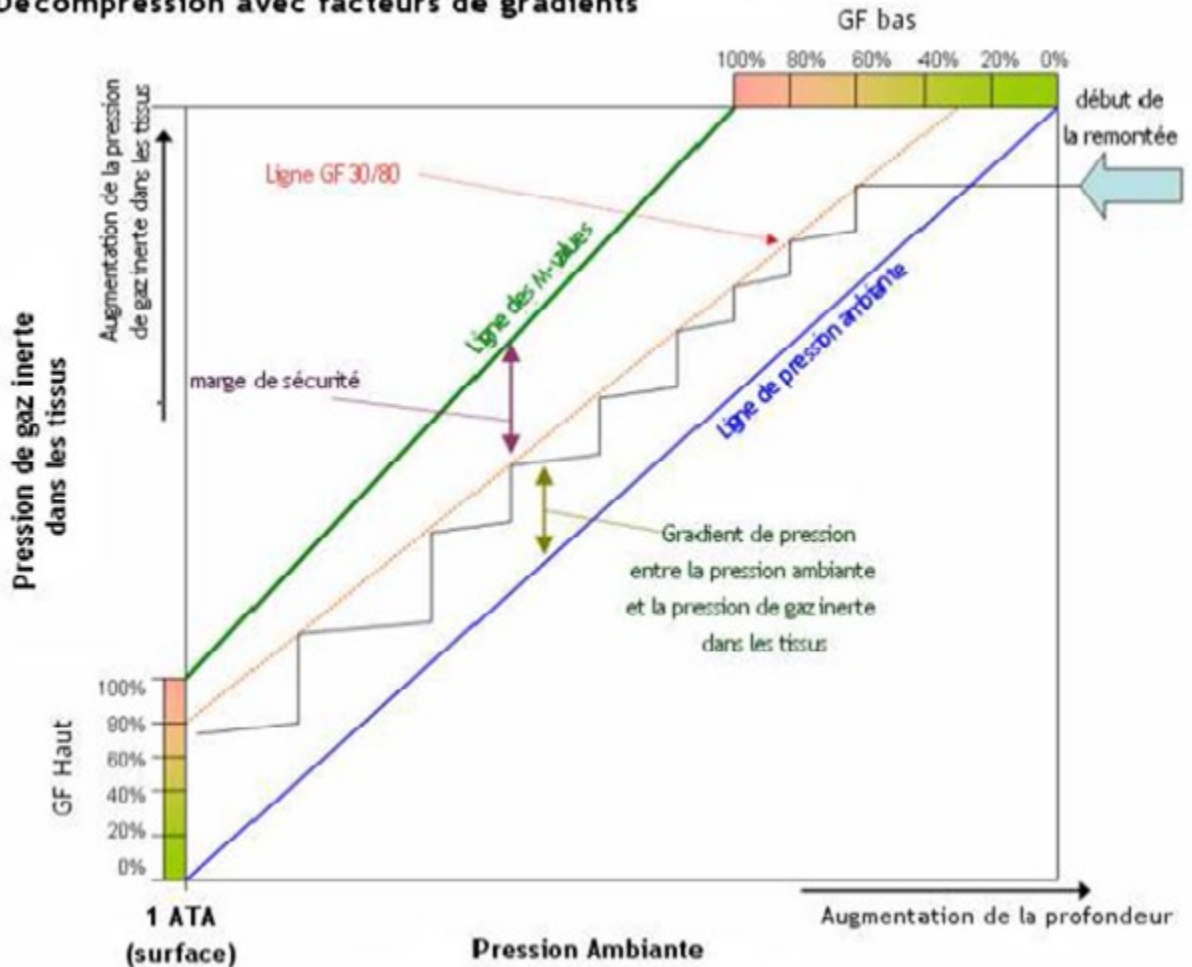
Erik Baker a considéré que, pour être représentative, la limite de sursaturation anarchique est une zone plus large qu'une simple ligne. Pour moduler le degré de sévérité de l'algorithme, il a mis en place les facteurs de gradient.

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

On définit deux valeurs de GF (Gradient Factors ou facteurs de gradient) ; un GF bas (low pour les profondeurs) et un GF haut (high pour la surface), chacune de ces deux valeurs contrôlant une extrémité de la droite des M-values.

On peut donc ouvrir ou fermer la droite au début de la remontée ainsi que dans la zone des paliers les plus hauts.

Décompression avec facteurs de gradients



Les facteurs de gradient (GF) ou comment durcir un modèle à M-values de Bühlmann.

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

Ce système de durcissement des M-values a été élaboré pour les plongées teck. Pour des plongées multi-gaz, la valeur low permettra de définir un premier palier plus profond et la valeur high permettra d'allonger la durée des paliers plus près de la surface. Les plongeurs teck vont donc « jouer » avec le couple des valeurs.

Pour les plongées à l'air, on peut imaginer un durcissement parallèle à la droite des M-values (85/85, 70/70), mais des réglages type teck (30/85) n'ont pas beaucoup de sens.

II.2 Caractéristiques pratiques des ordinateurs actuels

II.2.1 Caractéristiques communes

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

Affichages

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

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

II.2.2 Affichages des paliers

Trois types d'affichage des paliers sont rencontrés :

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

II.2.3 Réglages du conservatisme

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

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

Il faudra au moins le sensibiliser pour qu'il puisse gérer sa palanquée et jouer son rôle de conseiller auprès du plongeur !

II.2.4 Planification

- ~ La planification d'une plongée à venir se présente de façon différente en fonction des modèles d'ordinateurs :
- ~ Temps de plongée sans palier par profondeur au temps t pour la plupart (il existe néanmoins un modèle où on est obligé de passer par le logiciel) avec ou sans choix de l'intervalle surface.
- ~ Possibilité d'incrémenter la durée de plongée et de voir la durée du premier palier et la durée totale de remontée (au temps t) : l'écran s'affiche comme en mode plongée (modèles Uwatec, Sugear, Scubapro).
- ~ Idem avec affichage de tous les paliers pour les modèles tek.
- ~ Simulation de la plongée avec affichages réels en direct (exemple de l'OSTC).



Affichage courbes de sécurité mode surface



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



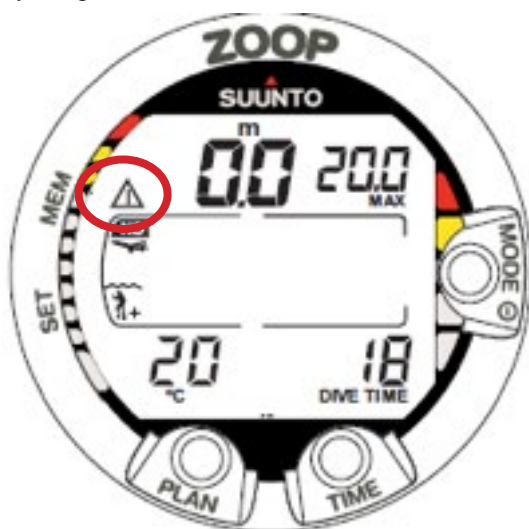
Simulation sans ou avec intervalle surface

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

II.3 L'affichage

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

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



Exemple d'affichages pas toujours connus

II.4 Les limites d'utilisation

Les plongeurs connaissent en général quelques règles simples :

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

Ce qu'ils savent moins bien et qui n'est pas forcément abordé, ce sont les définitions plus précises de ces limites.

De fait, il n'est pas rare que l'on observe des plongeurs qui pensent qu'ils ne prennent pas de risque juste en respectant le fait que la profondeur de la 2ème plongée est inférieure à celle de la 1ère (et réflexion équivalente entre la 3ème et la 2ème plongée).

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

III. CONCLUSION

En conclusion, le MF2 doit à minima connaître parfaitement son ordinateur, avoir des connaissances sur quelques modèles courants et doit savoir se renseigner sur les points suivants pour n'importe quel appareil :

- ~ affichage
- ~ conservatisme
- ~ paliers profonds
- ~ paliers non obligatoires
- ~ planification