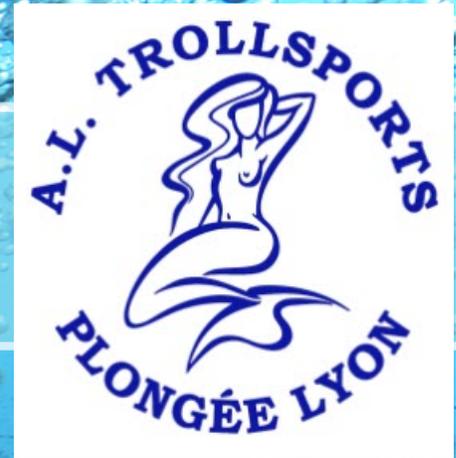


NIVEAU 2 - THEORIE



SATURATION / DESATURATION

*EPISODE 2/2 : Les Tables MN90 – Les Ordinateurs
de Plongée*

20/01/2025

Laurent SALLET
E2



Laetitia FUENTES
FFESSM E3 #25823
Moniteur Nitrox #9737
CMAS Instructor**
Advanced Nitrox Instructor

Objectif de ce cours

En tant que plongeurs PE40/PA20 vous devrez :

- *Comprendre le phénomène de saturation et de désaturation en Azote*
- *Connaitre les causes et mécanisme de l'accident de désaturation et les facteurs qui le favorisent*
- *Connaitre les procédures de décompression en plongée et les outils qui permettent de les gérer*
- *Savoir utiliser ces outils*
- *Pour enfin plongée en sécurité et prévenir pour vous-même l'accident de désaturation (ADD)*

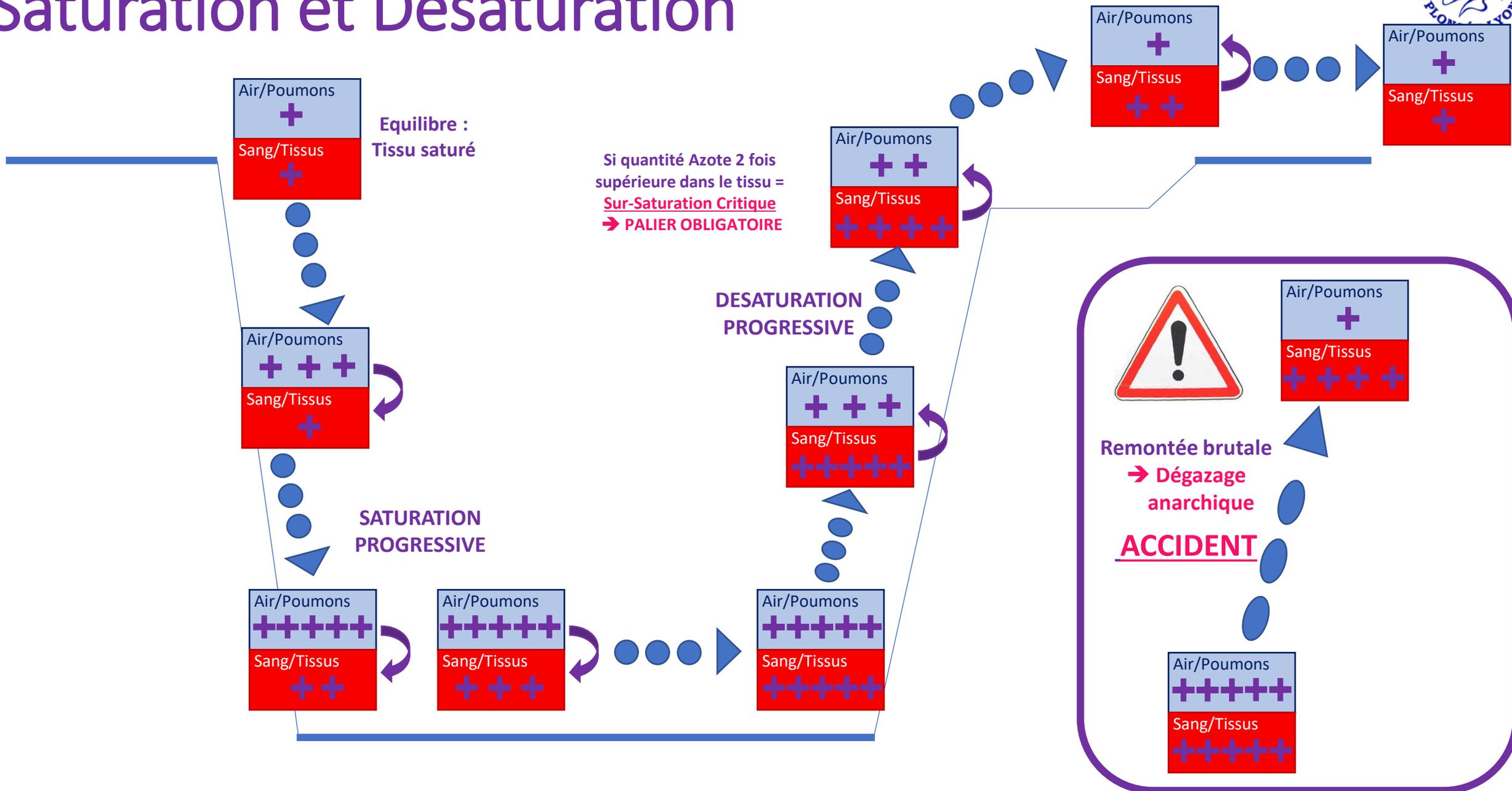
Ce cours vous apporte le complément d'éléments théoriques de compréhension pour la mise en œuvre pratique de ces éléments : mettre en place les comportements et la communication adaptée pour vos plongées

Agenda

- 1** Rappels du cours précédent
 - Saturation et désaturation
 - Tables MN90 – Plongée simple
- 2** Utilisation des Tables MN90
 - Plongée successive
 - Profils anormaux
- 3** Les Ordinateurs de Plongée
 - Principe de fonctionnement
 - Affichages de l'ordinateur : en surface et en Plongée
 - Gestion des alarmes
 - Limites d'utilisation
- 4** En résumé



Saturation et Désaturation



ADD – Rappel des Facteurs favorisants

En cas d'ADD: signaler la sensation au Guide de Palanquée ou au Directeur de Plongée !

Facteurs Favorisants de l'ADD



Profil de plongée (Yoyo, profils inversés)
Profondeur et durée : plongée à saturation
Efforts / essoufflement – Lutte contre le courant
Froid
Apnée / Vasalva à la remontée
Vitesse de remontée non contrôlée / trop rapide
Multiplication des plongées successives
Procédure de décompression inadaptée (palier)

Matériel inadapté aux conditions de température
Lestage
Matériel pas ou mal ajusté



Fatigue
Consommation d'alcool
Prise de médicaments
Mauvaise condition physique ou psychologique
Age
Surpoids / Obésité du plongeur
Déshydratation



Utilisation des tables MN90 - Plongée Simple

Une plongée simple est une plongée effectuée après un intervalle de surface de minimum 12 heures suivant la plongée précédente

1 Lecture de la profondeur

Il s'agit de la profondeur maximale atteinte pendant la plongée, avant de remonter
Si la profondeur réelle n'existe pas dans la table, on prend la profondeur directement supérieure pour la lecture de la table (exemple : plongée à 14m → utilisation des valeurs 15m dans la table)

4 Lecture du GPS

Il sera important dans la gestion d'une plongée dite « successive »

Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS	Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS
12m	1h20		1	H	18m	35 min		2	F
	1h25		1	I		40 min		2	G
	1h30		1	I		45 min		2	H
	1h35		1	J		50 min		2	H
	1h40		1			55 min	1		I
	1h45		1	J		60 min	5	7	I
	1h50		1	K		1h05	8	10	J
	1h55		1	K		1h10	11	13	K
	2h00		1	K		1h15	14	16	K
	2h10		1	L		1h20	17	19	L
	2h15		1	L		1h25	20	23	L
	2h20	2	4	L		1h30	23	25	M
	2h30	4	6	M		1h35	26	28	M
	2h40	6	8	M		1h40	28	30	M
	2h50	7	9	N		1h45	31	33	N
	3h00	9	11	N		1h50	34	36	N
	3h10	11	13	N		1h55	36	38	N
	3h20	13	15	O		2h00	38	40	O
	3h30	14	16	O					
	3h40	15	17	O	20m	5 min		2	B
	3h50	16	18	O		10 min		2	B
	4h00	17	19	P		15 min		2	D
	4h10	18	20	P		20 min		2	D
	4h15	19	21	P		25 min		2	E
	4h30	22	24	P		30 min		2	F
15m	5 min		1	A		35 min		2	G
	10 min		1	B		40 min		2	H
	15 min		1	C		45 min	1	3	I
	20 min		1	C		50 min	4	8	I
	25 min		1	D		55 min	9	11	J
	30 min		1	E		60 min	13	15	K
	35 min		1	E		1h05	16	18	K
	40 min		1	F		1h10	20	22	L
	45 min		1	G		1h15	24	26	L
	50 min		1	G		1h20	27	29	M
	55 min		1	H		1h25	30	32	M
	60 min		1	H		1h30	34	36	M
	1h05		1	I	22m	5 min		2	B
	1h10		1	I		10 min		2	C
	1h15		1	I		15 min		2	D

2 Lecture de la Durée

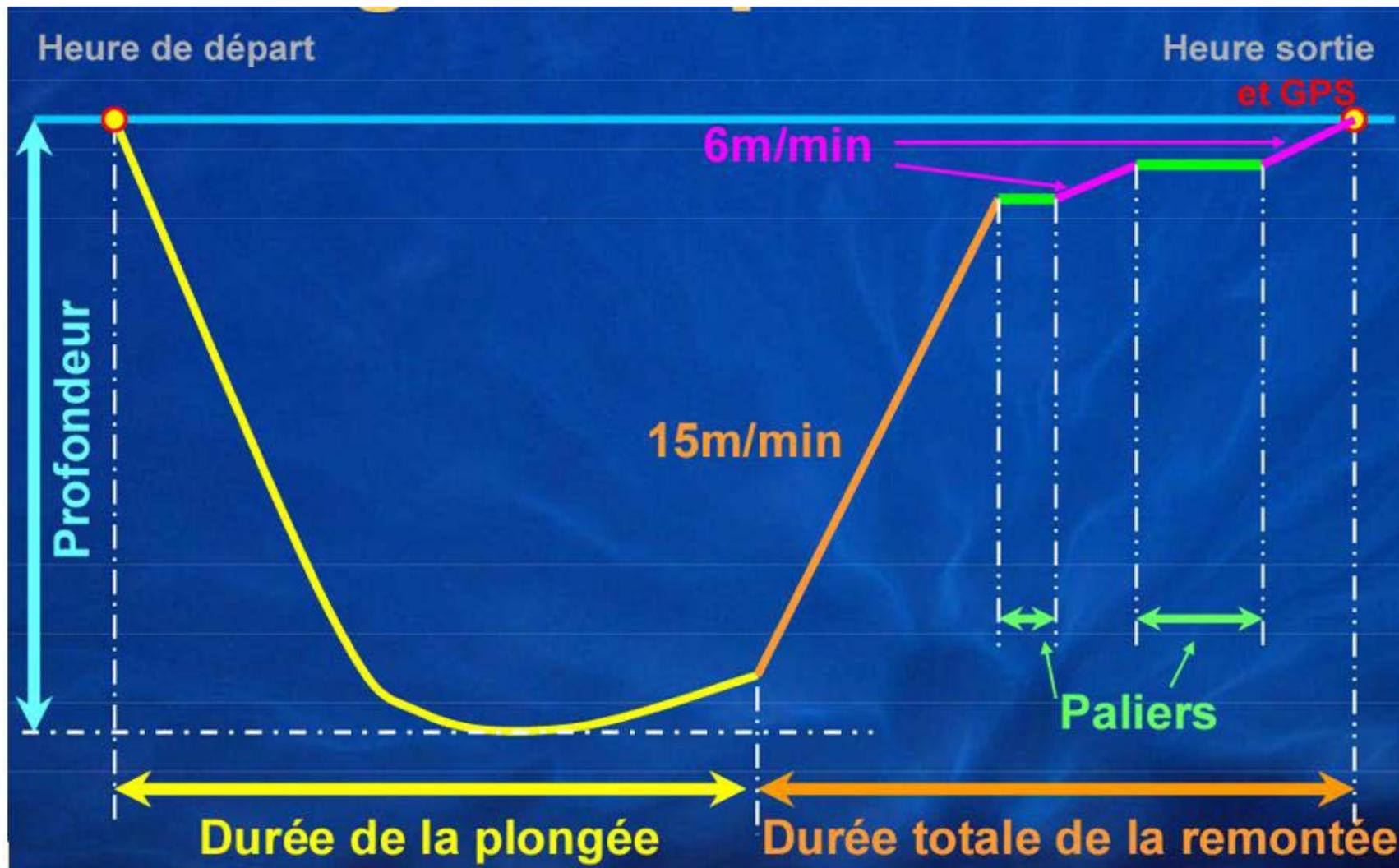
Il s'agit du temps écoulé depuis l'immersion, avant de remonter
Si le temps réel n'existe pas dans la table, on prend le temps directement supérieur pour la lecture de la table (exemple : plongée pendant 42 min → utilisation de 45 min dans la table)

3 Détermination de la décompression

En fonction de la profondeur et du temps lus dans la table, lecture directe :

- De la durée et de la profondeur des paliers
- De la DTR : Durée Totale de Remontée. C'est, en minutes, le temps nécessaire pour aller de la profondeur de la plongée à la surface en ayant réalisé les paliers obligatoires éventuels et en respectant la vitesse de remontée préconisée par la table

Tables MN90 – Représentation de la Plongée Simple



Le GPS : c'est quoi ?

Il s'agit du Groupe de Plongée Successive

Il matérialise la quantité d'Azote résiduel présent en fin de plongée et qu'il va falloir continuer à désaturer

La Plongée Successive : définition

Une plongée successive c'est quoi ?

Plongée qui est réalisée avec un intervalle de surface d'une durée comprise entre 15 minutes et 12 heures après une plongée simple

Conséquence sur la saturation en Azote ?

La désaturation est incomplète et le début de plongée se fait avec des tissus qui comportent encore une sur-saturation en Azote

Adaptation de la planification ?

Il va falloir calculer cette sur-saturation et l'introduire dans la gestion de la décompression de la plongée successive . Comment ?

Une méthode consiste à simuler que l'on a passé plus de temps en plongée et que ce temps représente le temps nécessaire pour atteindre le niveau de saturation que l'on a, dit autrement la « saturation résiduelle », avant de s'immerger pour la 2^e plongée. **On parlera de « majoration en minutes »**

La Plongée Successive : Utilisation de la table

Prof.	Durée	6m	3m	DTR	GPS
25m	5 min			2	B
	10 min			2	C
	15 min			2	D
	20 min			2	E
	25 min	1	3	3	F
	30 min	2	4	4	H
	35 min	5	7	5	I
	40 min	10	12	6	J
	45 min	16	18	7	K
	50 min	21	23	8	L
	55 min	27	29	9	M
	60 min	32	34	10	N

1
Lecture du GPS de sortie de la 1^{ère} plongée
 Sur la ligne qui correspond à la plongée, prendre la lettre en colonne « GPS »

Tableau I : Evolution de l'azote résiduel entre deux plongées

Intervalle de surface

Groupe de plongée successive	15 min	30 min	45 min	1h	1h30	2h	2h30	3h	3h30	4h	4h30	5h	5h30	6h	6h30	7h	7h30	8h	8h30	9h
A	0,84	0,83	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
B	0,88	0,88	0,87	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
C	0,92	0,91	0,90	0,89	0,88	0,87	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
D	0,97	0,95	0,94	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81
E	1,00	0,98	0,97	0,96	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81
F	1,05	1,03	1,01	0,99	0,96	0,94	0,91	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81
G	1,08	1,06	1,04	1,02	0,98	0,96	0,92	0,91	0,89	0,88	0,87	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81
H	1,13	1,10	1,08	1,05	1,01	0,98	0,94	0,93	0,91	0,89	0,88	0,86	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81
I	1,17	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,95	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81

2
Calcul de l'azote résiduel - Tableau I des tables MN90.
 Se positionner sur la ligne qui correspond au GPS de sortie
 Se positionner sur la colonne qui correspond à l'intervalle de surface (le temps écoulé depuis le moment où on est sorti de l'eau). *Attention : si le temps exact ne figure pas, prendre le temps juste inférieur*
 Retenir la valeur indiquée : elle est la valeur de « Pression Partielle » d'Azote présente dans le corps –
Rappel à désaturation complète en surface elle est à 0,80

Tableau II : Détermination de la majoration en minutes

Profondeur de la deuxième plongée

Azote résiduel	12 m	15 m	18 m	20 m	22 m	25 m	28 m	30 m	32 m	35 m	38 m	40 m	42 m	45 m
0,82	4	3	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1
0,84	7	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2	2
0,86	11	9	7	7	6	5	4	4	4	3	3	3	3	3
0,89	17	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5	4
0,91	23	18	15	14	12	11	10	9	8	8	7	7	6	6
0,95	29	23	19	17	15	13	12	11	10	10	9	8	8	7
0,99	38	30	24	22	20	17	15	14	13	12	11	11	10	9
1,03	47	37	30	27	24	21	19	17	16	15	14	13	12	11

3
Calcul de la majoration en minutes - Tableau II des tables MN90.
 Se positionner sur la ligne qui correspond à la valeur d'Azote Résiduel *Attention : si la valeur exacte ne figure pas, prendre la valeur juste supérieure*
 Se positionner sur la colonne qui correspond à la profondeur de la plongée.
Attention : si la valeur exacte ne figure pas, prendre la valeur juste supérieure
 Retenir la valeur indiquée : elle correspond au temps supplémentaire à ajouter au temps réel de plongée : c'est la majoration en minutes

La Plongée Successive : Utilisation de la table

1

Lecture de la profondeur

Il s'agit de la profondeur maximale atteinte pendant la plongée, avant de remonter
Si la profondeur réelle n'existe pas dans la table, on prend la profondeur directement supérieure pour la lecture de la table (exemple : plongée à 14m → utilisation des valeurs 15m dans la table)



Et le GPS ?

Attention, le GPS à l'issue d'une Plongée Successive est une simple information pour vous permettre de calculer votre taux d'azote résiduel

En aucun cas il ne devra être utilisé pour planifier une nouvelle plongée

Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS	Prof.	Durée	3 m	DTR	GPS
12m	1h20		1	H	18m	35 min		2	F
	1h25		1	I		40 min		2	G
	1h30		1	I		45 min		2	H
	1h35		1	J		50 min		2	H
	1h40		1	J		55 min	1	3	I
	1h45		1	J		60 min	5	7	J
	1h50		1	K		1h05	8	10	J
	1h55		1	K		1h10	11	13	K
	2h00		1	K		1h15	14	16	K
	2h10		1	L		1h20	17	19	L
	2h15		1	L		1h25	21	23	L
	2h20	2	4	L		1h30	23	25	M
	2h30	4	6	M		1h35	26	28	M
	2h40	6	8	M		1h40	28	30	M
	2h50	7	9	N		1h45	31	33	N
	3h00	9	11	N		1h50	34	36	N
	3h10	11	13	N		1h55	36	38	N
	3h20	13	15	O		2h00	38	40	O
	3h30	14	16	O	20m	5 min		2	B
	3h40	15	17	O		10 min		2	B
	3h50	16	18	O		15 min		2	D
	4h00	17	19	O		20 min		2	D
	4h10	18	20	P		25 min		2	E
	4h15	19	21	P		30 min		2	F
	4h30	22	24	P		35 min		2	G
15m	5 min		1	A		40 min		2	H
	10 min		1	B		45 min	1	3	I
	15 min		1	C		50 min	4	6	I
	20 min		1	C		55 min	9	11	J
	25 min		1	D		60 min	13	15	K
	30 min		1	E		1h05	16	18	K
	35 min		1	E		1h10	20	22	L
	40 min		1	F		1h15	24	26	L
	45 min		1	G		1h20	27	29	M
	50 min		1	G		1h25	30	32	M
	55 min		1	H		1h30	34	36	M
	60 min		1	H	22m	5 min		2	B
	1h05		1	I		10 min		2	C
	1h10		1	I		15 min		2	D
	1h15		1	I					

2

Lecture de la Durée

Il s'agit du temps écoulé depuis l'immersion, augmenté de la majoration, avant de remonter
Si le temps réel n'existe pas dans la table, on prend le temps directement supérieur pour la lecture de la table

Exemple : plongée pendant 30 minutes avec majoration de 17 minutes = 47 minutes → utilisation de 50 min dans la table)

3

Détermination de la décompression

En fonction de la profondeur et du temps lus dans la table, lecture directe :

- De la durée et de la profondeur des paliers
- De la DTR : Durée Totale de Remontée. C'est, en minutes, le temps nécessaire pour aller de la profondeur de la plongée à la surface en ayant réalisé les paliers obligatoires éventuels et en respectant la vitesse de remontée préconisée par la table

Tables MN90 – Représentation de la Plongée Successive

Exemple

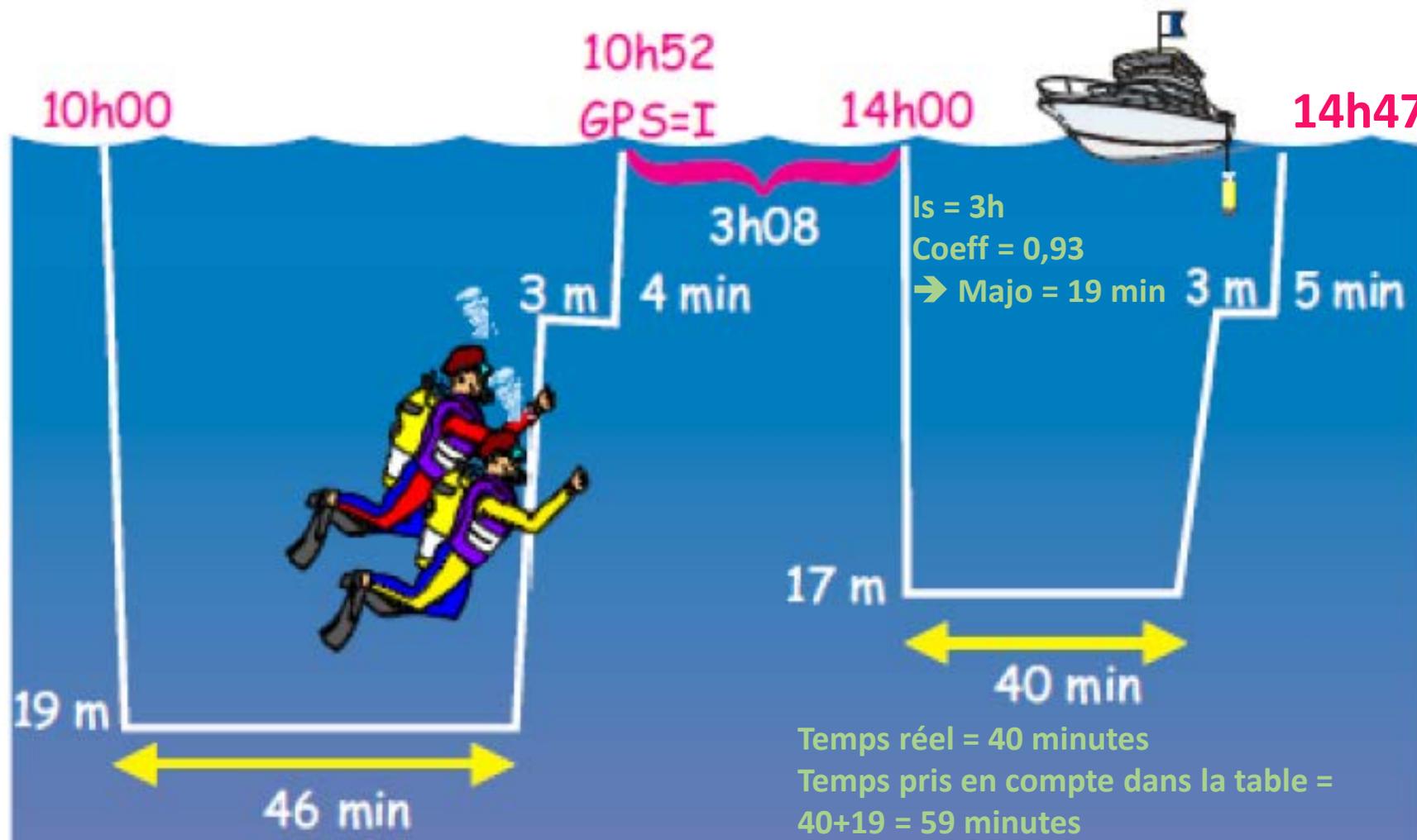
Plongée 1 = départ 10h/
profondeur 19m / temps
fond 46 minutes

Calculer la déco ?

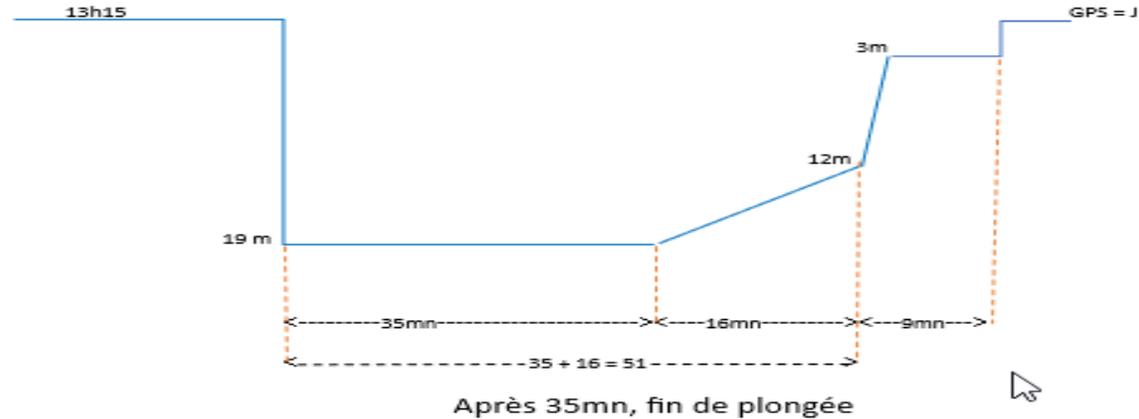
GPS de sortie ?

Plongée 2 = départ 14h
pour une profondeur de
17m et 40 minutes

Calculer la déco ?



PROFILS ANORMAUX – La remontée lente



Définition :

Une remontée est considérée comme lente dès lors que sa vitesse est inférieure à 15 m/mn.

Procédure :

Le temps de la « remontée lente » doit faire partie intégrante du temps de plongée et donc elle doit être prise en compte pour le calcul du temps de palier

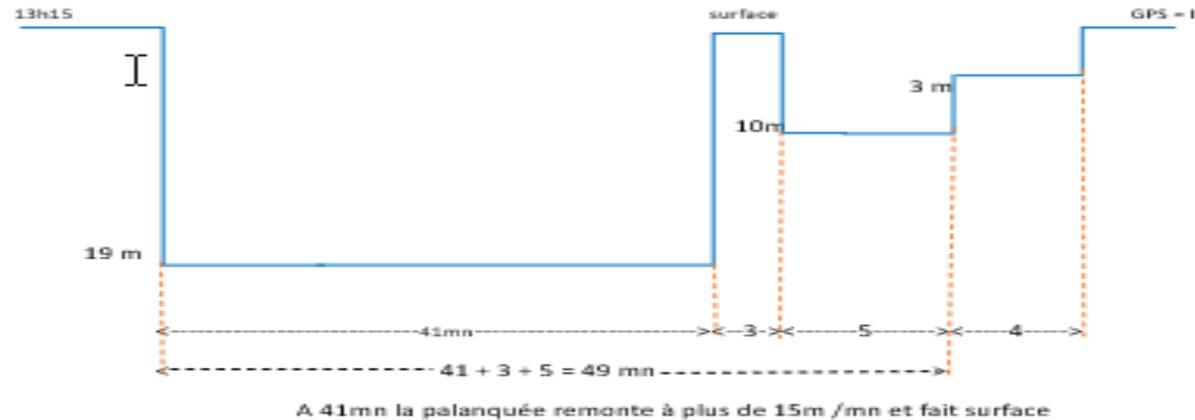
Lien accident :

Si le temps de la remontée lente n'est pas pris en compte, la désaturation ne sera pas faite où que partiellement, donc fort risque **d'Accident De Désaturation**

Exemple :

Lorsque l'on remonte le long d'un tombant et qu'il y a une grande présence de faune et de flore à observer et encore plus si l'on prend des photos.

PROFILS ANORMAUX – La remontée rapide



Définition :

Une remontée est considérée comme rapide dès lors que sa vitesse est supérieure à 15 - 17m/mn sur distance supérieur à la mi-profondeur de la plongée

Procédure :

Dans ce cas-là, la procédure est :

- Redescendre à mi profondeur et faire un palier de 5 mn
- Faire le palier obligatoire indiqué par la table, avec a minima un palier de 2' à 3 m si la table n'indique aucun palier obligatoire.
- Fin de plongée

En cas de surface : en 3 mn maximum se ré-immerser et dérouler la procédure ci-dessus (mi-profondeur et paliers)

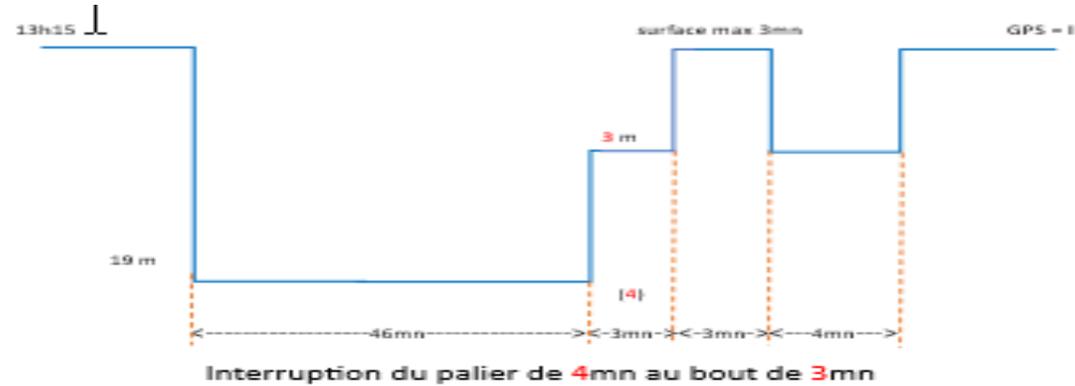
Si non possibilité de ré-immersion -> procédure d'accident de désaturation (signaler au DP qui prendra en charge).

Lien accident :

Si la procédure n'est pas appliquée, la désaturation ne s'est pas faite et fort risque d'Accident De Désaturation

Exemple : Un plongeur lâche une caméra, qui a une poignée à flottabilité positive, remonte à grande vitesse avec le plongeur juste derrière qui essaie de la rattrapée...

PROFILS ANORMAUX – Interruption de palier



Définition :

C'est la non-exécution ou de façon partielle la réalisation d'un palier obligatoire d'après la table MN90.

Procédure :

Dans ce cas-là, la procédure est :

- En 3 mn maximum se ré-immérer et reprendre le palier en totalité
- Si impossibilité de se ré-immérer, on considère un accident de désaturation

Lien accident :

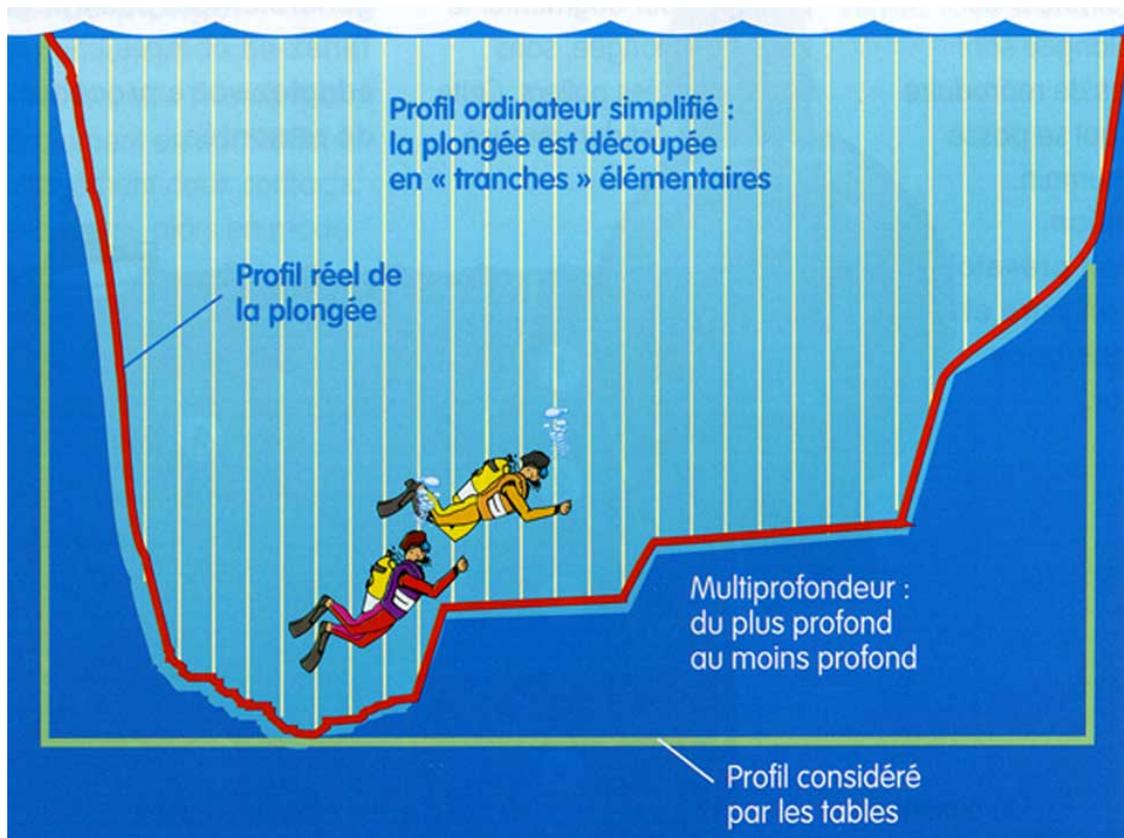
Si la procédure n'est pas appliquée, la désaturation ne s'est pas faite ou partiellement

Ce qui amène un fort risque d'Accident De Désaturation

Exemple :

Mauvais lestage, perte de la ceinture de plomb...

Représentation de la Plongée à L'ordinateur



Une mesure continue

L'ordinateur mesure à intervalles réguliers (quelques secondes au maximum) les paramètres de la plongée : cela permet d'avoir un calcul plus fin de l'état de saturation théorique du plongeur

Modèles de saturation

L'ordinateur va utiliser un algorithme de calcul basé sur la modélisation de la saturation. Il existe différents modèles de saturation et par conséquent chaque fabricant va réaliser son propre algorithme : il y a presque autant d'algorithmes que de modèles d'ordinateurs !

Affichages de l'ordinateur – en surface

Affichages en surface : affichages de base, sans saturation

Niveau de charge des piles : attention à ne pas plonger avec un ordinateur dont le niveau de batterie est inférieur ou égal à 50% (« low » sur le QUAD)

Accès aux menus :

- Carnet de Plongée (Log Book) : accès à l'historique des plongées
- Planification de plongée (Dive Plan) : pour permettre de préparer la plongée à venir
- Paramétrages utilisateurs : altitude, salinité, choix du gaz de plongée (Air, Nitrox, ...), facteur de durcissement, interfaçage avec un PC, profondeur du dernier palier, alarmes sonores, palier profond, palier de confort, etc ...

Affichages en surface : après une plongée

Temps de « No Fly » : durée pendant laquelle un voyage en avion ou un séjour en altitude est fortement déconseillé (voire interdit !)

Temps de désaturation : durée nécessaire en surface pour revenir à un état de saturation normal

Intervalle de surface : durée écoulée depuis la dernière plongée, affichage tant qu'il reste de la désaturation

Incidents éventuels :

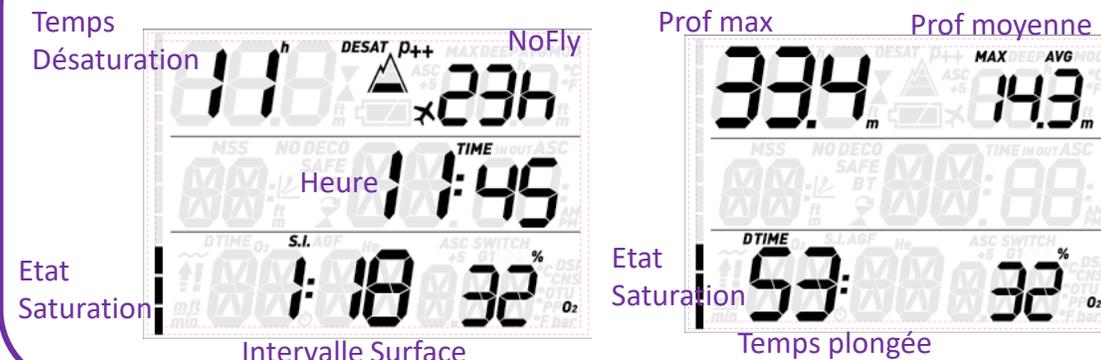
- indication de remontée trop rapide sur la plongée précédente
- mise en sécurité de l'ordinateur en mode « profondimètre » en cas de violation de procédure sur la plongée précédente



Exemple LOG BOOK Mares QUAD



Ex affichage surface après plongée Mares QUAD



Symbole ordinateur en alarme suite violation de procédure sur Mares QUAD



Symbole ordinateur en BT



Affichages de l'ordinateur – en plongée

De manière obligatoire pendant la plongée :

- la durée de la plongée depuis l'immersion
- la profondeur actuelle
- la profondeur maximale atteinte pendant la plongée
- le temps restant dans la courbe de sécurité (avant les paliers obligatoires) ou la Durée Totale de Remontée si les paliers obligatoires sont engagés
- la profondeur et le temps du premier palier obligatoire dès lors que la zone de décompression est atteinte
- un indicateur de vitesse de remontée

De manière facultative, en fonction des modèles :

- la température de l'eau
- les paliers à effectuer alors que la zone de décompression n'est pas atteinte
- la vitesse de descente instantanée
- la vitesse de remontée instantanée
- le compas

Exemple affichage immersion Mares QUAD



Exemple affichage immersion Mares QUAD



Exemple affichage immersion Mares QUAD



Affichages de l'ordinateur – alarmes en plongée

Plusieurs alarmes sont présentes, paramétrables ou non

Alarmes Constructeur :

Vitesse de remontée dépassant la préconisation

Vitesse de remontée excessive sur une durée importante ou hauteur d'eau critique → violation de procédure

NB : le paramétrage de la violation de procédure due à une vitesse de remontée incontrôlée peut être désactivée selon les ordinateurs → ne le faire que sur demande expresse de votre moniteur

Zone de palier non optimale pour la décompression : la plupart des constructeurs prennent en charge une profondeur non atteinte (ex : 2,6m pour un palier de 3m), certains prennent en charge également une profondeur trop importante (non-décompte du palier)

Violation de procédure de décompression : vitesse excessive, palier non effectué.

Batterie faible

Alarmes Paramétrables Utilisateur:

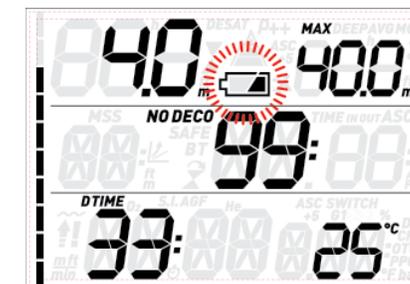
Deep stop : il n'est pas recommandé d'utiliser ce paramètre dans la gestion de la décompression – désactiver cette fonction (menu)

Safe stop : il s'agit du palier dit « de confort » de 3 minutes à 3m en fin de plongée. Il est facultatif et même s'il est actif, le fait de remonter sans le réaliser n'est pas considéré comme une violation de procédure

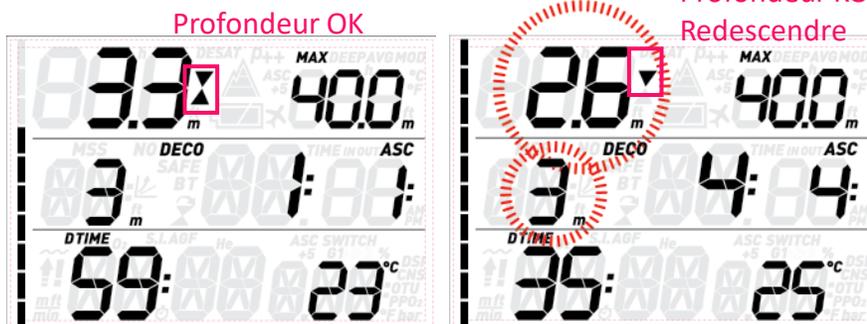
Alarme de Vitesse de remontée Mares QUAD



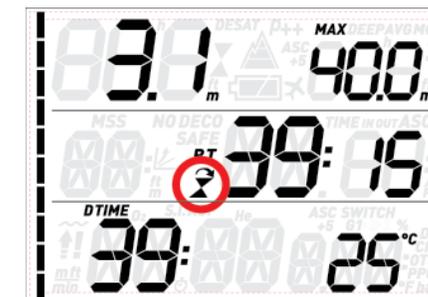
Batterie Faible Mares QUAD



Alarme de Profondeur de Palier Mares QUAD



Violation de procédure Mares QUAD



Limites d'utilisation

Limites personnelles

Il est important de lire la notice pour comprendre les affichages et connaître vos paramètres → L'ordinateur est personnel : il doit le rester

De la même manière que pour les tables un ordinateur présente un modèle théorique, optimisé pour un profil physiologique différent du votre → une maîtrise de l'instrument est nécessaire et il ne faut pas accorder une confiance aveugle dans l'instrument.

Tenir compte de ses propres facteurs de risques : cf volet « planification »

Limites liées à l'instrument

Prise en compte de l'azote résiduel et du profil des plongées précédentes dans le calcul d'une plongée « successive » → ne pas se fier à la planification d'un collègue, ne pas emprunter un ordinateur sans connaître son historique récent et ses paramètres

Attention à la disparité des modèles → prendre en compte la cohabitation au sein de sa palanquée : cf volet « planification »

Attention au profil de la plongée : l'ordinateur ne tolère pas les profils à risque comme :

- profil inversé → recommandation d'aller au point le plus profond en début de plongée
- profils Yo-yo → recommandation d'un profil linéaire, ne pas redescendre alors qu'on a commencé à remonter

Un ordinateur continuera de fonctionner en cas de multiplication des plongées dans la même journée : cependant son modèle de calcul de saturation n'est pas conçu pour plus de 2 plongées par 24h

Bien connaître son ordinateur

Quelles sont les paramètres à retenir ?

La vitesse de remontée : essentiel à connaître pour pouvoir la communiquer à ses coéquipiers

Profondeur de palier : deep stop ?

Les éléments qui peuvent bloquer l'ordinateur

Points d'attention

Maitriser son propre paramétrage comme le durcissement : l'ordinateur n'aura pas le même comportement et il ne faut pas modifier un paramètre sans en avoir mesuré/observé les conséquences

Maitriser l'affichage en plongée : temps, profondeur, temps de no déco, la décompression (DTR, paliers), la vitesse de remontée

La planification est dépendante de la saturation résiduelle et des profils de plongée précédents

Merci !

Prochain COURS le 10/02

*Thème : Accidents en Plongée
Profonde / L'impact du Froid*