Théorie N2 Saturation et désaturation

Justification de ce cours : le niveau 2 en plongée vous rend autonome jusqu'à 20m. Cela signifie que vous pourrez plonger avec un autre niveau 2 sans guide de palanquée jusqu'à 20m…mais toujours sous la responsabilité d'u DP.Vous serez aussi plongeur encadré jusqu'à 40m (N2 : PA 20 et PE40).
En tant que N1, votre GP vous fait faire un palier si vous restez plus de 40 minutes à 20 m. En tant que N2 comme PA 20 vous aurez à gérer seul votre désaturation avec les membres de votre palanquée.
Ce cours a pour but de vous transmettre les informations utiles à la gestion de votre désaturation, gage de votre sécurité et de celle de votre palanquée.

(désaturation/décompression : les 2 termes sont équivalents et se retrouvent dans la littérature).

Voici les extraits du MFT (manuel de formation technique)
PA20 : connaissances des différents moyens de décompression, fonctionnement des tables de plongée (le calcul vient en appui des démonstrations, il ne sert pas de moyen d'évaluation) ; fonctionnement de l'ordinateur, principes et règles de cohabitation des différentes procédures (paliers, vitesse, personnalisation…)

PE 40 : rappel de la courbe de plongée sans palier. Connaissance du fonctionnement de l'ordinateur ciblé sur son utilisation, identification des paramètres utiles : temps, profondeur, paliers, durée totale de remontée, vitesse de remontée, personnalisation

Le but de ce cours est de vous fournir des outils de compréhension afin de se comporter de la manière la plus sécure en plongée pour soi et les membres de sa palanquée.

Introduction : beaucoup d'accidents pour les premiers plongeurs scaphandriers (ex de la construction des piles de pont). Les scientifiques ont rapidement suspecté l'azote d'en être la cause.

I) La saturation, et désaturation : des processus biologiques

A- La saturation

1) En surface

L'air que nous respirons est composé essentiellement de 2 gaz : l'oxygène (O2) et l'azote (N2). L'O2 est le carburent de nos cellules et nous le consommons en permanence (repos et effort). L'azote est un diluant qui rend l'oxygène disponible pour le corps

L'azote n'est pas consommé par le corps : c'est lui qui est impliqué dans les accidents de décompression. On va donc chercher à l'éliminer

Le bilan en azote à la surface : la pression de N2 dans notre corps est égale à la pression de N2 dans l'air. Il y a un équilibre. Dans le langage de la plongée, on

dit que l'organisme est saturé en N2 ; il ne peut en avoir ni plus (+) ni moins (-)

ATTENTION : le sens de saturation n'est pas le même que dans le langage courant.

2) Plonger …et charger son corps en azote (N2)

Pour vous en tant que N2, si vous restez 40 minutes à 20 m, vous ne serez pas entièrement saturé. Cela veut dire qu'il y aura de l'azote stocké mais vous serez loin de la quantité maximale de N2 que vous pourriez stocker. La courbe de plongée sans palier indique la durée maximale que vous pouvez rester à une profondeur donnée, sans avoir à faire de palier.

A 12 mètres: durée maximum de 2h et 15 mn
A 15 mètres: durée maximum de 1h et 15 mn
A 20 mètres: durée maximum de 40 mn
A 25 mètres: durée maximum de 20 mn
A 30 mètres: durée maximum de 10 mn
A 35 mètres: durée maximum de 10 mn
A 40 mètres: durée maximum de 5 mn

En plongeant je soumets mon corps à la pression. L'azote aussi sera sous pression.

A la descente : N2 va se dissoudre (loi de Henry), voir son volume diminuer (Boyle Mariotte), va être stocké . Ce processus va prendre du temps.

A la remontée : N2 retrouve sa forme gazeuse (bulles), bulles soumises à Boyle Mariotte . il faut laisser du temps au corps pour qu'il évacue cet azote résiduel.

La quantité d'azote dissoute dans le corps dépend de

- la profondeur
- la durée
- la température : le froid en augmentant la consommation en air, augmente aussi la quantité de N2
- la vascularisation du corps : plus le corps est irrigué, plus la capacité à stocker et déstocker est grande

B- La phase de désaturation

L'azote va quitter sa phase dissoute et retrouver sa phase gazeuse. Par ailleurs la baisse de pression due à la remontée augmente le volume des bulles (Boyle Mariotte).

Le corps va progressivement relarguer l'azote par la ventilation mais cela ne sera pas suffisant pour évacuer l'azote résiduel.

Il faut laisser du temps au corps d'éliminer son azote : contrôler sa vitesse de remontée (max 15m/min, votre ordi à 12m/min), éventuellement faire des paliers.

Si le plongeur ne respecte pas ces consignes, il s'expose au risque de dégazage anarchique : l'azote se met à buller et la circulation sanguine sera affectée, donc l'ensemble des territoires irrigués. Le risque c'est l'accident de décompression dont les séquelles peuvent être lourdes. Selon l'endroit où la bulle se coince, l'accident concernera soit la moelle épinière, soit l'oreille interne, soit le cerveau… (voir chapitre C5)

La désaturation se poursuit aussi pendant l'intervalle surface.

II) Des outils pour gérer sa désaturation

A) son ordinateur

1) Le choisir : les critères de choix
- coût
- pile ou batterie
- témoin de charge de la pile ou de la batterie
- mode de fixation
- esthétique
- avec ou sans alarme
- facilité utilisation des commandes
- gaz pris en compte
- durcissement possible
- facilité de lecture durant la plongée
- mode planif

2) L'utiliser

a- lire la notice

b- préparer sa plongée avec un ordinateur : le mode planif, les paramètres de durcissement

* durcissement en fonction de l'âge, du poids…de l'interruption de son activité

* planifier sa plongée , échanger les informations avec sa palanquée en amont de la plongée pour s'aligner sur celui qui a le mode de desaturation le + contraignant

c- savoir lire les informations pendant la plongée : gaz respiré, température, durée, profondeurs(maximale et immédiate), paliers (profondeur et durée), l'annonce des paliers à venir l'anticipation des paliers, le no flight, la vitesse de remontée ou la DTR, no flight

3) Règles de bon usage de son ordinateur

- quelle que soit la marque et le modèle de son ordinateur, il est prévu pour 2 plongées par jour. Si vous en faites plus votre ordi vous donnera malgré tout des résultats : des paliers seront affichées. Mais ce n'est pas parce que l'ordinateur affiche des paliers que vous serez en sécurité.

- il y a aussi un usage border line de son ordinateur : ne pas attendre que le palier s'affiche, remonter un peu : cela efface le palier mais votre organisme est en permanence à la limite de devoir faire un palier, à la limite de la quantité d'azote

maximale. Ce n'est pas sécuritaire

- enfin il faut tenir compte de la diversité des procédures de désaturation au sein de la palanquée. L'idéal : utiliser le mode plan de son ordi avant immersion pour se caler sur la procédure la plus contraignante. Sinon communiquer avant la remontée sur les paliers indiqués.

L'ordinateur ne vous dira jamais ce qu'il faut faire en cas de profil atypique : remontée lente, palier interrompu, remontée rapide. Par contre les tables MN 90 comblent cette lacune.

B) Les tables MN 90 et leurs conditions d'utilisation

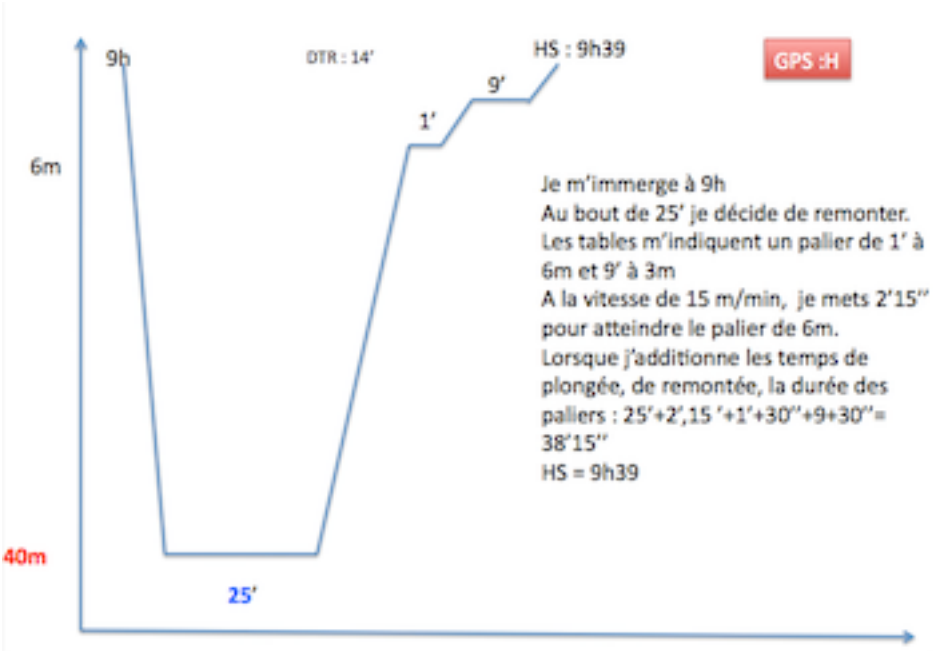
1) Les différents profils de plongées
La plongée commence dès l'immersion et s'achève une fois que l'on remonte.
Remarque : même si on est encore dans l'eau pendant la remontée, ce temps ne fait pas partie de la plongée.

- plongée simple : une plongée toute les 12h
- plongées successives : lorsque l'intervalle surface est compris entre 15 minutes et 12h
- plongées consécutives : lorsque l'intervalle surface est inférieur à 15 minutes
- remontée lente : on l'inclut dans la durée de la plongée

2) Conditions générales de validité

Conçues pour des plongées à l'air, au niveau de la mer 60 m maximum 2 plongées par 24h, plongées loisir = peu d'effort, pour personne entrainée, pas de profil inversé, profil carré, vitesse de remontée 15 m /min, 30 secondes entre chaque palier et retour surface.

Concrètement cela donne ce type de profil :



3) Description des tales MN 90
C'est un jeu de tableaux

Tableau 1 : les paramètres de la plongée : profondeur, durée, paliers, DTR (durée totale de remontée)

Tableau 2 : l'azote résiduel
En sortant de la plongée, la désaturation n'est pas complète : la pression partielle d'azote n'est pas revenue à son niveau initial de 0,8 bar

TABLEAU 1: EVOLUTION DE L'AZOTE RÉSIDUEL ENTRE DEUX PLONGÉES

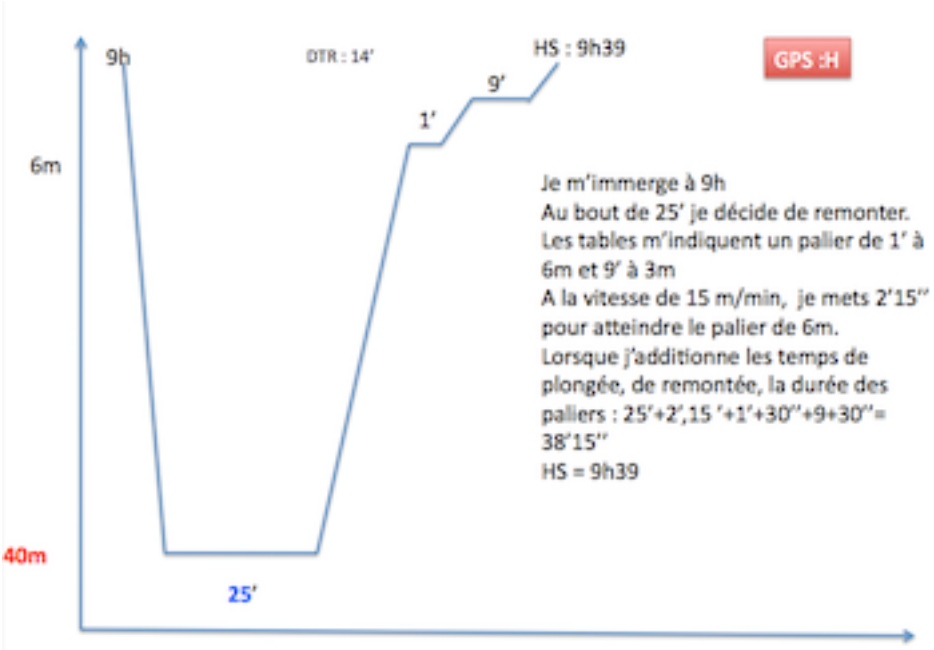
INTERVALLES DE SURFACE

Groupe de plongée successive	15min	30min	45min	1h	1h30	2h	2h30	3h	3h30	4h	4h30	5h	5h30	6h	6h30	7h	7h30	8h	8h30	9h	9h30	10h	10h30	
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										
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						
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	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	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	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0
G	1,08	1,06	1,04	1,02	0,98	0,96	0,93	0,91	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
H	1,13	1,10	1,08	1,05	1,01	0,98	0,95	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
I	1,17	1,14	1,11	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,81	0,81	0,81	0
J	1,20	1,17	1,14	1,11	1,06	1,02	0,98	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
K	1,25	1,21	1,18	1,15	1,09	1,04	1,01	0,97	0,95	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0,81	0
L	1,29	1,25	1,21	1,17	1,12	1,07	1,02	0,99	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
M	1,33	1,29	1,25	1,21	1,14	1,09	1,04	1,01	0,97	0,94	0,92	0,90	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0
N	1,37	1,32	1,28	1,24	1,17	1,11	1,06	1,02	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,88	0,87	0,85	0,85	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0,82	0
O	1,41	1,36	1,32	1,27	1,20	1,13	1,08	1,04	1,00	0,97	0,94	0,92	0,90	0,88	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,82	0,82	0,82	0
P	1,45	1,40	1,35	1,30	1,22	1,15	1,10	1,05	1,01	0,98	0,95	0,93	0,91	0,89	0,87	0,86	0,85	0,84	0,84	0,83	0,83	0,82	0,82	0

Tableau 3 : la majoration (données en minutes)

	PROFONDEUR DE LA DEUXIEME PLONGEE.												
Azote résiduel	12m	15m	18m	20m	22m	25m	28m	30m	32m	35m	38m	40m	42m
0,82	4	3	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	1
0,84	7	6	5	4	4	3	3	3	3	2	2	2	2
0,86	11	9	7	7	6	5	5	4	4	4	3	3	3
0,89	17	13	11	10	9	8	7	7	6	6	5	5	5
0,92	23	18	15	13	12	11	10	9	8	8	7	7	6
0,95	29	23	19	17	15	13	12	11	10	10	9	8	8
0,99	38	30	24	22	20	17	15	14	13	12	11	11	10
1,03	47	37	30	27	24	21	19	17	16	15	14	13	12
1,07	57	44	36	32	29	25	22	21	19	18	16	15	15
1,11	68	52	42	37	34	29	26	24	22	20	19	18	17
1,16	81	62	50	44	40	34	30	28	26	24	22	21	20
1,20	93	70	56	50	45	39	34	32	29	27	24	23	22
1,24	106	79	63	56	50	43	38	35	33	30	27	26	24
1,29	124	91	72	63	56	49	43	40	37	33	30	29	27
1,33	139	101	79	70	62	53	47	43	40	36	33	31	30
1,38	160	114	89	78	69	59	52	48	44	40	37	35	33
1,42	180	126	97	85	75	64	56	52	48	43	39	37	35
1,45	196	135	104	90	80	68	59	55	51	46	42	39	37

Application



Je décide de replonger cette après midi après un intervalle surface de 3h.
Je recherche l'azote résiduel après un intervalle surface de 3h et un GPS H. Je prévois de plonger 30' à 20 m. Le tableau 2 m'indique 0,93. Je prend la valeur immédiatement au dessus : 0,95

Je dois déterminer la majoration que je vais appliquer à cette deuxième plongée : le tableau me majore de 17'.
En fait **c'est comme si ma deuxième plongée allait durer 30 + 17 = 47 '**

Je dois chercher dans les tables mes paramètres de désaturation pour une plongée de 47' à 20m (47' arrondi à 50') : un palier de 4' à 3m

III) Comparaison des 2 outils

	tables MN90	Ordinateur
practicité	— —, impose une planification de la plongée	++, permet le contrôle de la vitesse de remontée, adapte la déco à la plongée réelle
coût	modique mais achat de profondimètre et montre	de 200 € à plus de 1300 €
sécurité	+++, profils carrés	—, besoin de connaitre son modèle : maitrise de la notice ; + pour la personnalisation
fonctionnement	empirisme éprouvé	algorithme et prise en compte des différentes parties du corps
limites	profil carré, 2 plongées/ jour, déco calculée sur sujets jeunes et entrainés	profil carré, 2 plongées/jour, rien sur les procédures anormales, se concerter avant
avantages	prise en compte des procédures anormales, pas de panne, même outil pour tous	recalcule les paliers en fonction de la plongée réelle, panne rare, outil personne

Ce qu'il faut retenir :

En plongeant je soumets mon corps à la pression. L'azote sera donc sous pression et ses propriétés vont changer.

A la descente : N2 va se dissoudre (loi de Henry), voir son volume diminuer (Boyle Mariotte), va être stocké (loi de Henry). Ce processus va prendre du temps.

A la remontée : N2 retrouve sa forme gazeuse (bulles), bulles soumises à Boyle Mariotte . il faut laisser du temps au corps pour qu'il évacue cet azote résiduel.

Entre les 2 plongées de la journée, le corps continue d'éliminer l'azote résiduel.

Des précautions sont à prendre : pas d'effort, (on crée des micro bulles en plus de celle de notre plongée) pas d'altitude (la baisse de pression liée à l'altitude, fait grossir les bulles d'azote qui peuvent devenir pathogènes) . Il est prudent d'emmener son ordi avec soi : son capteur de pression nous informe de notre altitude.

La désaturation à l'ordinateur s'impose à la majorité des plongeurs. En croisant les informations liées aux tables MN90 et la notice de votre ordinateur, en évitant les facteurs à risque (effort,altitude et déshydratation) vous optimisez votre désaturation. La probe de faire un ADD diminue fortement.