

Document non libre de droit

Nitrox élémentaire



## Objectifs

Enriched Air  
**NITROX**

*more comfortable  
more individual  
more professional*

### Après cette formation vous serez capable de:

Gérer vos plongées à l'air enrichi jusqu'à 40% d'oxygène. Ce qui va vous permettre:

- D'augmenter le temps fond sans palier obligatoire
- De réduire la fatigue
- D'augmenter la sécurité
- De réduire les risques d'ADD

### Elle s'adresse:

Aux plongeurs âgés de 16 ans, certifiés N1, OWD ou ayant une certification équivalente et qui pratique depuis au moins 1 an

### Elle a pour objectif:

- ➔ De vous inculquer les éléments techniques, permettant d'appréhender la plongées aux mélanges enrichis en oxygène.
- ➔ Préparer les cours « Extended Range » et « SCR diver »



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Sommaire

### 1. Objectifs et sommaire

#### 2. La théorie

- Qu'est ce le NITROX
- Les avantages et inconvénients
- Rappel des lois physiques
- Equivalent Air Depth (EAD)
- Toxicité de l'oxygène
- L'effet Paul Bert (Hyperoxie)
- Maximum Operating Depth (MOD)
- Le Best Mix
- Exposition Maximum à l'O<sub>2</sub>
- Central Nervous System clock
- Diminution du CNS
- L'effet Lorrain Smith

### 3. Les mélanges

- Principe de fabrication
- Analyse des mélanges
- Marquage
- Notation « Mer du Nord »
- Registre des gonflages

### 4. Planification des plongées

- Gestion de la plongée
- Tables NOAA, USN
- les ordinateurs
- Les logiciels
- Exemple numérique

### 5. Le matériel

- Généralités
- Législation

### 6. Progression

- Les modules de spécialisation



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Le Nitrox c'est quoi?

- Le NITROX est par définition de l'air enrichi à l'oxygène.
- Le NITROX est un mélange Oxygène/Azote ( $O_2/N_2$ ) qui doit contenir, pour avoir l'appellation NITROX, entre 25 et 80 % d' $O_2$ .
- Pour des raisons pratique, de sécurité et de prix de revient le plongeur loisir se limite généralement à des mélanges contenant 30 à 40 % d' $O_2$
- Les mélanges contenant 32 % d' $O_2$  et 36% d' $O_2$  sont appelés respectivement NITROX I et NITROX II.
- Les NITROX contenant plus de 40 % d' $O_2$  sont réservés à la décompression.

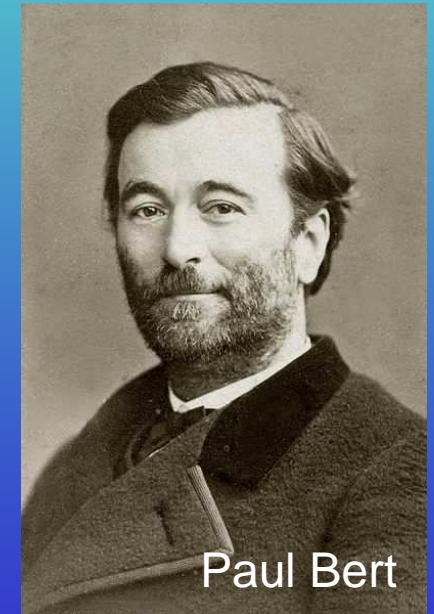




## Le Nitrox c'est quoi?

## Historique

- 1773: Découverte de l'O<sub>2</sub> par Carl Scheele
- 1778: Publication des travaux de Paul Bert sur le NITROX
- 1960: Utilisation du NITROX en plongée commerciale
- 1964: Utilisation du NITROX en plongée spéléo
- 1985: Tables et procédures éditées par le NOAA pour le NITROX I & II
- 1991 Richard Rutkowski crée l'IANTD qui est la première association de "plongée loisir" aux mélanges



Paul Bert



# Nitrox élémentaire



## Avantages et inconvénients

### Les avantages:

- Augmentation de la durée de plongée sans décompression
- Réduction du temps de décompression
- Diminution du taux d'azote résiduel
- Diminution du risque d'accident de décompression
- Diminution du risque de narcose
- Diminution de la fatigue après la plongée

### Les inconvénients:

- Risques liés à la toxicité de l' O<sub>2</sub>
- La production de NITROX demande des équipements spéciaux et coûteux
- Le matériel doit être parfaitement dégraissé
- L'utilisation du NITROX demande une formation spécifique
- Prix de revient par plongée supérieure à la plongée à l'air



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



Nitrox élémentaire



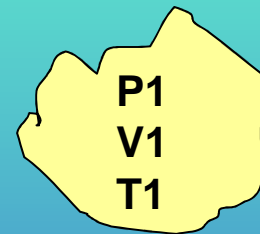
## Rappel des lois physiques

### Les gaz parfaits

$$T = t + 273,15$$

$$\frac{P_1 V_1}{T_1} = \frac{P_2 V_2}{T_2}$$

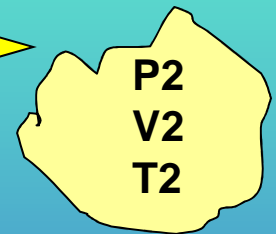
### Etat initial



Transformation



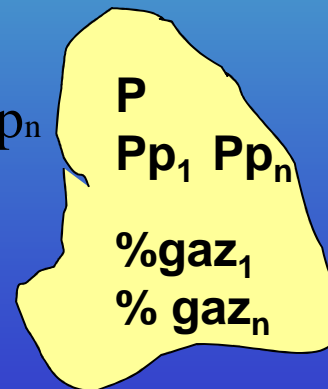
### Etat final



### Mélange des gaz parfaits (loi de Dalton)

$$P = \sum_1^n P_{p_n} = P_{p_1} + \dots + P_{p_n}$$

$$P_{p_n} = P \times \% \text{gaz}_n$$



T= température absolue  
 t= température Celsius  
 P=Pression (bar)  
 Pp=Pression partielle (bar)  
 %gaz= % de gaz présent dans le mélange



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

Nitrox élémentaire



# Equivalent Air Depth (EAD)

La profondeur équivalente (EAD) est la profondeur qui donne le même profil de décompression qu'une plongée faite à l'air pour la même durée. C'est cette valeur qu'il faut utiliser dans les tables

$$EAD = \frac{\left(1 - \frac{\%O_2}{100}\right)(Pr + 10)}{0,79} - 10$$

Pr = Profondeur réelle

%O<sub>2</sub> = Pourcentage d'oxygène

Calculer l'EAD pour un Nx 32 à -33m?

**Solution:**

Pr = 33m

%O<sub>2</sub>=32

$$EAD = \frac{\left(1 - \frac{32}{100}\right)(33 + 10)}{0,79} - 10$$

EAD = 27m



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



Nitrox élémentaire



## Equivalent Air Depth (EAD)

% O2		25		26		27		28		29		30		31		32	
m	bar	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD
9	1,9	0,48	9	0,49	8	0,51	8	0,53	8	0,55	8	0,57	7	0,59	7	0,61	7
12	2,2	0,55	11	0,57	11	0,59	11	0,62	11	0,64	10	0,66	10	0,68	10	0,70	9
15	2,5	0,63	14	0,65	14	0,68	14	0,70	13	0,73	13	0,75	13	0,78	12	0,80	12
18	2,8	0,70	17	0,73	17	0,76	16	0,78	16	0,81	16	0,84	15	0,87	15	0,90	15
21	3,1	0,78	20	0,81	20	0,84	19	0,87	19	0,90	18	0,93	18	0,96	18	0,99	17
24	3,4	0,85	23	0,88	22	0,92	22	0,95	21	0,99	21	1,02	21	1,05	20	1,09	20
27	3,7	0,93	26	0,96	25	1,00	25	1,04	24	1,07	24	1,11	23	1,15	23	1,18	22
30	4	1,00	28	1,04	28	1,08	27	1,12	27	1,16	26	1,20	26	1,24	25	1,28	25
33	4,3	1,08	31	1,12	31	1,16	30	1,20	30	1,25	29	1,29	29	1,33	28	1,38	28
36	4,6	1,15	34	1,20	34	1,24	33	1,29	32	1,33	32	1,38	31	1,43	31	1,47	30
39	4,9	1,23	37	1,27	36	1,32	36	1,37	35	1,42	35	1,47	34	1,52	33	1,57	33
42	5,2	1,30	40	1,35	39	1,40	39	1,46	38	1,51	37	1,56	37	1,61	36	1,66	35
45	5,5	1,38	43	1,43	42	1,49	41	1,54	41	1,60	40	1,65	39				
48	5,8	1,45	46	1,51	45	1,57	44	1,62	43	1,68	43						

% O2		33		34		35		36		37		38		39		40	
m	bar	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD	PO2	EAD
9	1,9	0,63	7	0,65	6	0,67	6	0,68	6	0,70	6	0,72	5	0,74	5	0,76	5
12	2,2	0,73	9	0,75	9	0,77	9	0,79	8	0,81	8	0,84	8	0,86	7	0,88	7
15	2,5	0,83	12	0,85	11	0,88	11	0,90	11	0,93	10	0,95	10	0,98	10	1,00	9
18	2,8	0,92	14	0,95	14	0,98	14	1,01	13	1,04	13	1,06	12	1,09	12	1,12	12
21	3,1	1,02	17	1,05	16	1,09	16	1,12	16	1,15	15	1,18	15	1,21	14	1,24	14
24	3,4	1,12	19	1,16	19	1,19	18	1,22	18	1,26	18	1,29	17	1,33	17	1,36	16
27	3,7	1,22	22	1,26	21	1,30	21	1,33	20	1,37	20	1,41	20	1,44	19	1,48	19
30	4	1,32	24	1,36	24	1,40	23	1,44	23	1,48	22	1,52	22	1,56	21	1,60	21
33	4,3	1,42	27	1,46	26	1,51	26	1,55	25	1,59	25	1,63	24	1,68	24	1,72	23
36	4,6	1,52	30	1,56	29	1,61	28	1,66	28	1,70	27						
39	4,9	1,62	32	1,67	31	1,72	31										
42	5,2	1,72	35														



JCT Consulting

Moby Dick Diving School





## Toxicité de l'oxygène

L'oxygène est un gaz paramagnétique, incolore, insipide et inodore indispensable à la vie humaine. Il n'est toléré par l'homme que dans une plage de pression partielle assez étroite. En dehors de cette plage, des effets cliniques peuvent apparaître:

- La crise neuro-toxique ou « Effet Paul Bert »
- La "pneumonie chimique" ou « Effet Lorrain – Smith »

PpO <sub>2</sub>	Chiffres les plus communément admis en bar.
0,1	Anoxie, inconscience, coma, mort
0,16	Signes d'hypoxie
0,21	Normoxie
0,5	Exposition maximum à saturation
1,4	Exposition maximum conseillée en plongée loisir
1,6	Exposition maximum en plongée loisir
2,8	Utilisation thérapeutique



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Effet Paul Bert

### Crise hyperoxique

Intoxication due à la respiration d'O<sub>2</sub> à des pressions partielles élevées qui peut se traduire par une crise hyperoxique. L'O<sub>2</sub> s'attaque au système nerveux central ou "Central Nervous System" (CNS) provoquant des crises de convulsions.

Les signes avant-coureurs peuvent être:

- Accélération de la rythme cardiaque.
- Sensation de malaise et irritabilité.
- Vision en "tunnel", vision déformée ou points lumineux
- Bourdonnements sifflements d'oreille
- Nausées, vertiges, désorientation
- Euphorie ou anxiété.
- Contractions musculaires

La crise hyperoxique peut survenir SANS signes avant-coureurs





Nitrox élémentaire



## Effet Paul Bert

### Crise hyperoxique

La crise hyperoxique se déroule en trois phases.  
Les symptômes s'apparentent à une crise d'épilepsie

0	2	5	Minutes	35
Phase tonique		Phase clonique		Phase résolutive
0,5 à 2 minutes		2 à 3 minutes		5 à 30 minutes
Contractions musculaires Arrêt ventilation Perte de connaissance		Convulsions Ventilation irrégulière Morsure de la langue		Relâchement musculaire Reprise de la conscience Confusion, agitation Amnésie
blocage de la glotte Risque de SP				
Ne PAS remonter la victime Maintenir de détendeur		Remonter la victime		Poursuivre le sauvetage



JCT Consulting  
 Moby Dick Diving School

SP=Surpression Pulmonaire



Nitrox élémentaire



# Effet Paul Bert

## Crise hyperoxique

Facteurs favorisant l'apparition de la crise hyperoxique

- L'hypercapnie
- Les efforts
- L'essoufflement
- L'anxiété
- La fatigue
- Le stress
- Eau froide en dessous de 9°
- Eau chaude au dessus de 29°
- Les médicaments contenant de la pseudoéphédrine



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Effet Paul Bert

## Crise hyperoxique

### Prévention de la crise hyperoxique

- Calculer le MOD conservativement ( $PpO_2$  de 1,4bar)
- Ne pas dépasser, sur le fond, une  $PpO_2$  de 1,4bar qui est la valeur recommandée par DAN.
- Respecter les règles édictée par le NOAA en matière de CNS.
- Limiter la durée de séjour à la profondeur maximale.
- Toujours planifier sa plongée
- Respecter le planning
- Reconnaître les signes avant-coureurs de l'hyperoxie
- Remonter dès le premier signe avant-coureur.



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



Nitrox élémentaire



# Maximum Operating Depth (MOD)

Maximum Operating Depth: C 'est la profondeur maximale d 'utilisation du mélange. Elle est fonction de la concentration en O2 et ne tient pas compte de l 'effet narcotique.

$$MOD = 10 \left[ \left( \frac{FiO_2}{\%O_2 / 100} \right) - 1 \right]$$

Quel est le MOD d 'un Nx40

$$MOD = 10 \left[ \left( \frac{1,4}{40 / 100} \right) - 1 \right] = 25 \text{ m}$$

MOD = Maximum Operating Depth en mètres (m)

%O2 = % oxygène du mélange (%)

FiO2 = Pression partielle oxygène admissible (bar)

DAN (Diving Alert Network) préconise:

1,4bar pour un mélange fond

1,6bar pour un mélange de décompression



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Le Best Mix

La notion de Best Mix (Le meilleur mélange) vient de la plongée Tec. La Méthode consiste à optimiser le % d 'O2 du Nx en fonction de la profondeur de manière à minimiser la charge d 'azote sans dépasser les valeurs maximales de PpO2.

$$Nx = \frac{FiO2}{\frac{PR}{10} + 1} 100$$

PR = Profondeur en mètres (m)

Nx = % oxygène du mélange

FiO2 = Pression partielle oxygène admissible (bar)

DAN (Diving Alert Network) préconise:

1,4bar pour un mélange fond

1,6bar pour un mélange de décompression

### Exemple

Best Mix pour une plongée à 30m?

$$Nx = \frac{1,4}{\frac{30}{10} + 1} 100 = 35$$

Soit un Nx35



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Toxicité de l'oxygène

### Central Nervous System (CNS)

Le *National Oceanic and Atmospheric Administration* a établi un système qui permet d'évaluer l'intoxication du système nerveux central par l'O<sub>2</sub>, qui est une véritable "horloge" de l'intoxication, le **CNS (Central Nervous System)** exprimé en % de la durée maximum d'exposition. Plus la valeur est proche de 100%, plus le risque d'intoxication est grand. Ce système de calcul est largement répandu dans toutes les associations de plongeurs NITROX.

#### Le NOAA recommande:

- D'interrompre la plongée lorsque le CNS atteint 75 %
- De ne pas faire une plongée successive tant que le CNS n'est pas redescendu sous 40%



JCT Consulting

Moby Dick Diving School





Nitrox élémentaire



## Exposition maximum à l'oxygène Temps d'exposition 100% CNS

Minutes 100% CNS		
PPO2	ETL	Cumul 24h
0,6	720	720
0,7	570	570
0,8	450	450
0,9	360	360
1,0	300	300
1,1	240	270
1,2	210	240
1,3	180	210
1,4	150	180
1,5	120	180
1,6	45	150

### Plongée unitaire (ETL)

➤ Si une valeur limite est atteinte: attendre 2 heures pour la successive.

### Plongée successive (Cumul)

➤ Si une valeur limite est atteinte dans une période de 24 h : attendre 12 h avant de replonger.

➤ Intervalle de moins de 2 h: ajoutez les temps de plongée, vérifiez si on ne dépasse pas la valeur limite pour une plongée unitaire. On utilise pour la détermination la PPO2 la plus élevée.

DTD=Temps de plongée à une profondeur donnée (Dive Time at given Depth)

ETL=Temps d'exposition maximum à une PpO2 donnée (Exposure Time Limit)

$$CNS = \frac{100 DTD}{ETL}$$



JCT Consulting  
Moby Dick Diving School



## Exposition maximum à l'oxygène Temps d'exposition 100% CNS

### Exemple 1

Plongée 1: 35 minutes à 30m au Nx 36. - Plongée 2: 40 minutes à 20m au Nx 36

Intervalle 1h30 minutes

Quelle est la durée maximale de la plongée successive?

### Solution:

Plongée 1:  $PpO_2 = 1,44$  bar soit 1,5

Plongée 2:  $PpO_2 = 1,08$  bar soit 1,1

Suivant le tableau pour un de moins de deux heures. Il faut ajouter les temps des plongées et utiliser la PPO2 la plus élevée soit;  $35 + 40 = 75$  min et  $PPO_2 = 1,5$

Ce qui donne un temps maximum de 120 min

La durée maximale est:  $120 - 35 = 85$  min

### Exemple 2

Plongée de 45 minutes profondeur de 29m au Nx 36

Quel est le % de CNS?

### Solution:

$PpO_2 = 3,9 \times 36 / 100 = 1,4$  bar Suivant le tableau:

ETL = 150 et DTD=45

CNS =  $100 \times 45 / 150 = 30\%$



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

# Chapitre 2: Théorie

Nitrox élémentaire



## Calcul du CNS

Le tableau donne le CNS par minute en fonction de la PpO2

### Exemple

Plongée multi-niveaux

- 1) 35m 25 minutes Nx32
- 2) 12m 40 minutes Nx32
- 3) 3m 15 minutes O2

	PPO2	CNS/min	Temps	CNS
1	1,44	0,71	25	17,8
2	0,7	0,18	40	7,2
3	1,3	0,56	15	8,4
Total				33,4

PPO2	CNS	ETL	PpO2	CNS	ETL
0,60	0,14	571	1,18	0,46	174
0,62	0,14	571	1,20	0,47	170
0,64	0,15	533	1,22	0,48	167
0,66	0,16	500	1,24	0,52	154
0,68	0,17	471	1,26	0,52	154
0,70	0,18	444	1,28	0,54	148
0,72	0,18	444	1,30	0,56	143
0,74	0,19	421	1,32	0,57	140
0,76	0,20	400	1,34	0,60	133
0,78	0,21	381	1,36	0,62	129
0,80	0,22	364	1,38	0,63	127
0,82	0,23	348	1,40	0,65	123
0,84	0,24	333	1,42	0,68	118
0,86	0,25	320	1,44	0,71	113
0,88	0,26	308	1,46	0,74	108
0,90	0,28	286	1,48	0,78	103
0,92	0,29	276	1,50	0,83	96
0,94	0,30	267	1,52	0,93	86
0,96	0,31	258	1,54	1,04	77
0,98	0,32	250	1,56	1,19	67
1,00	0,33	242	1,58	1,47	54
1,02	0,35	229	1,60	2,22	36
1,04	0,36	222	1,62	5,00	16
1,06	0,38	211	1,65	6,25	13
1,08	0,40	200	1,67	7,69	10
1,10	0,42	190	1,70	10,0	8
1,12	0,43	186	1,72	12,5	6
1,14	0,43	186	1,74	20,0	4
1,16	0,44	182	1,77	25,0	3



JCT Consulting  
Moby Dick Diving School



Nitrox élémentaire



## Diminution du CNS en surface

Le CNS décroît exponentiellement. Toutes les 90 minutes le CNS est divisé par deux.

$$CNS(t) = CNS(t_0) \times 0,5^{\frac{t}{90}}$$

### Exemple

En reprenant l'exemple précédant que devient le CNS après 2h.

### Solution

CNS (t<sub>0</sub>) = 33,4%

Le tableau donne 14%

Application de la formule

$$CNS(t) = 33,4 \times 0,5^{\frac{120}{90}}$$

$$CNS(t) = 33,4 \times 0,5^{1,333} = 13,25\%$$

CNS(t <sub>0</sub> )	Intervalle de surface en minutes								
	15	30	60	90	120	180	240	300	360
100	89	79	63	50	40	25	16	10	6
95	85	75	60	48	38	24	15	9	6
90	80	71	57	45	36	23	14	9	6
85	76	67	54	43	34	21	13	8	5
80	71	64	50	40	32	20	13	8	5
75	67	60	47	38	30	19	12	7	5
70	62	56	44	35	28	18	11	7	4
65	58	52	41	33	26	16	10	6	4
60	53	48	38	30	24	15	9	6	4
55	49	44	35	28	22	14	9	5	3
50	45	40	32	25	20	13	8	5	3
45	40	36	28	23	18	11	7	4	3
40	36	32	25	20	16	10	6	4	3
35	31	28	22	18	14	9	6	3	2
30	27	24	19	15	12	8	5	3	2
25	22	20	16	13	10	6	4	2	2
20	18	16	13	10	8	5	3	2	1
15	13	12	9	8	6	4	2	1	1
10	9	8	6	5	4	3	2	1	1



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



Nitrox élémentaire



## Diminution du CNS en surface Temps de surface pour un CNS donné

Le tableau donne le temps qu'il faut passer en surface pour que le CNS décroisse jusqu'à une valeur donnée

CNS(t)															CNS(t0)
100	95	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	
0	7	14	21	29	37	46	56	66	78	90	104	119	136	156	100
	0	7	14	22	31	40	49	60	71	83	97	112	130	150	95
		0	7	15	24	33	42	53	64	76	90	105	123	143	90
			0	8	16	25	35	45	57	69	83	98	115	135	85
				0	8	17	27	37	49	61	75	90	107	127	80
					0	9	19	29	40	53	66	82	99	119	75
						0	10	20	31	44	57	73	90	110	70
							0	10	22	34	48	63	80	100	65
								0	11	24	37	53	70	90	60
									0	12	26	41	59	79	55
										0	14	29	46	66	50
											0	15	33	53	45

$$t = -\frac{1}{k} \ln \frac{CNS(t)}{CNS(t_0)}$$

$$k = 0,0077016$$

### Exemple

Avec un CNS: 82% quel temps faut-il pour avoir un CNS de 40%

Solution : Le tableau donne 98 minutes

En appliquant la formule  $t = -\frac{1}{0,0077016} \ln \frac{40}{82} = 93 \text{ minutes}$



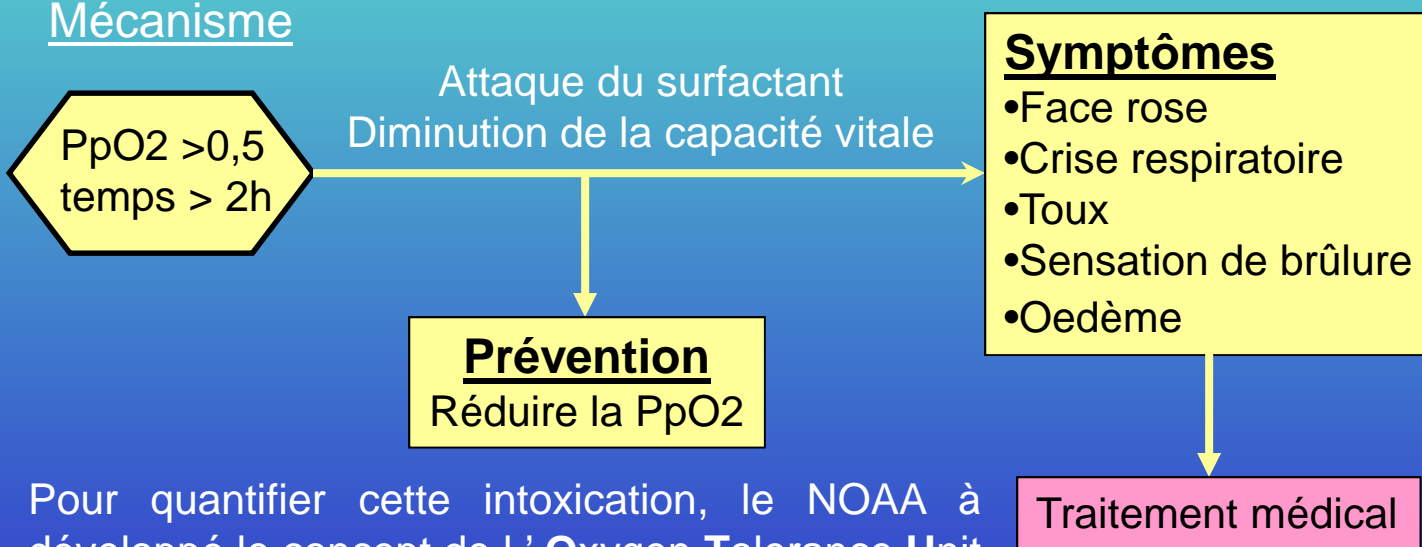
## Nitrox élémentaire



### Effet Lorrain Smith

Il s'apparente à une "pneumonie chimique" qui réduit la capacité vitale. Cet effet ne se manifeste que pour des expositions à des PpO2 supérieures à 0,5 bar et pour des durées d'expositions longues. Cet effet est négligeable pour la plongée loisir.

#### Mécanisme



Pour quantifier cette intoxication, le NOAA a développé le concept de l' **Oxygen Tolerance Unit** Pour une plongée l'accroissement de 625 OTU est acceptable.





Nitrox élémentaire



## Effet Lorrain Smith

### Calcul de l'OTU

OTU= Respiration durant 1minute  
de 100% O2 à 1bar

OTU= Oxygen Tolerance Unit  
t = Temps d'exposition (minutes)  
Kp = Coefficient (OTU/minutes)  
Cv = Réduction capacité vitale (%)  
PpO2 = Pression partielle O2 (bar)

$$OTU = Kp * t$$

$$Cv = -0,011(PpO2 - 0,5)t$$

$$Kp = \left( \frac{PpO2 - 0,5}{0,5} \right)^{0,8333}$$

### Exemple

Plongée 30minutes PpO2=1,4 bar

Kp=1,632

OTU= 30x1,632=49

Cv= -0,011(1,4-0,5)30= -0,3%

PpO2	Kp	PpO2	Kp	PpO2	Kp
0,6	0,262	0,98	0,967	1,36	1,571
0,62	0,305	1	1	1,38	1,601
0,64	0,346	1,02	1,033	1,4	1,632
0,66	0,387	1,04	1,066	1,42	1,662
0,68	0,427	1,06	1,099	1,44	1,692
0,7	0,466	1,08	1,132	1,46	1,722
0,72	0,505	1,1	1,164	1,48	1,752
0,74	0,543	1,12	1,196	1,5	1,781
0,76	0,58	1,14	1,228	1,52	1,811
0,78	0,617	1,16	1,26	1,54	1,841
0,8	0,653	1,18	1,292	1,56	1,87
0,82	0,69	1,2	1,324	1,58	1,899
0,84	0,725	1,22	1,355	1,6	1,929
0,86	0,761	1,24	1,386	1,62	1,958
0,88	0,796	1,26	1,417	1,64	1,987
0,9	0,83	1,28	1,448	1,66	2,016
0,92	0,865	1,3	1,479	1,68	2,045
0,94	0,899	1,32	1,51		
0,96	0,933	1,34	1,541		



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

Nitrox élémentaire



# Effet Lorrain Smith

## Cumulation de l'OTU - Table REPLEX

Jour	OTU / jour	OTU cumulé
1	850	850
2	700	1400
3	620	1860
4	525	2100
5	460	2300
6	420	2520
7	380	2660
8	350	2800
9	330	2970
10	310	3100
11	300	3300
12 à 20	300	

Pour des plongées cumulées sur plusieurs jours le NOAA conseille de réduire le maximum journalier et le cumul de l'OTU suivant le tableau ci-dessous.

### Note:

En plongée loisir il est presque impossible d'atteindre ces valeurs limites.

Néanmoins c'est possible pour des plongeurs « Tec » et « pro »



JCT Consulting

Moby Dick Diving School





## Fabrication des mélanges



### Pressions partielles

On injecte de l'oxygène dans la bouteille, puis de faire un appoint en air.  
La bouteille doit être parfaitement dégraissée

### Mélange en flux continu

Le Mélange se fait à pression atmosphérique, puis est comprimé par un compresseur classique. La mesure du % d'oxygène se fait en continu.  
Le mélange ne peut PAS contenir plus de 40% d'oxygène. Il est possible d'utiliser une bouteille non dégraissée.

### Mélange au stick

Le stick mélange l'air aspiré par le compresseur à de l'oxygène détendu. On obtient le mélange désiré en réglant le débit d'oxygène.

### Mélange au Filtre DNax

Ce filtre a la particularité d'extraire l'azote de l'air. Le mélange en sortie du filtre est enrichi en oxygène par le rejet de l'azote.

**Les procédures et calculs détaillés sont vus dans le cours de spécialisation « Mixing and Blending »**





Nitrox élémentaire

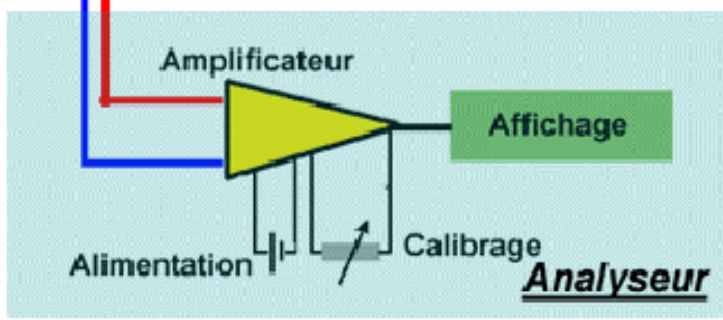
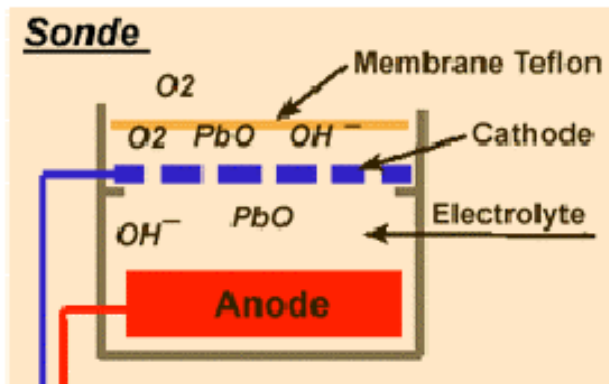


## Analyseur oxygène

<http://www.vandagraph.co.uk/>



Basé sur l'effet de pile. La différence de potentiel entre l'anode et la cathode est proportionnelle à la quantité à la quantité d'oxygène.



- Même non connectée la cellule travaille
- Ne JAMAIS emballer une cellule sous vide → perte d'électrolyte
- L'électrolyte est toxique
- La durée de vie de la cellule est de 24 à 30 mois



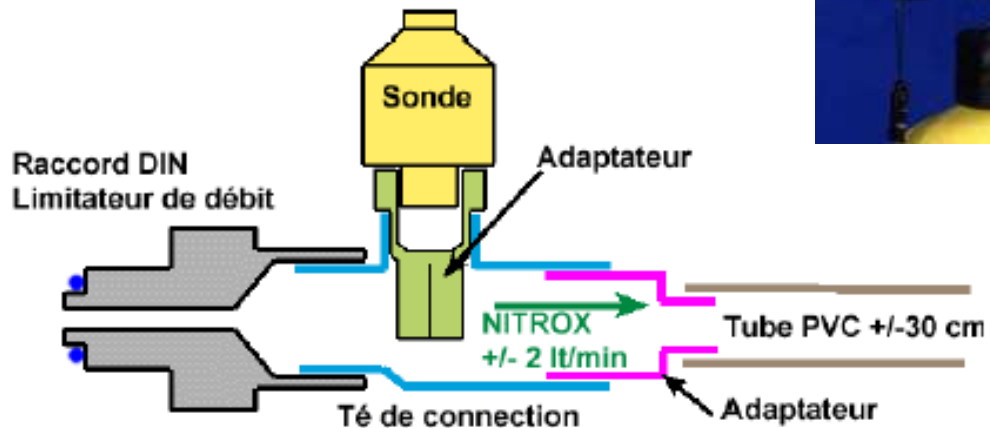
JCT Consulting  
Moby Dick Diving School

# Chapitre 3: Les mélanges

## Nitrox élémentaire



## Analyse des mélanges



1. Vérifier le calibrage de l'appareil (20,9) au besoin ajuster
2. Connecter l'appareil à la bouteille à l'aide des accessoires
3. Ouvrir délicatement la bouteille de plongée.
4. Relever la valeur lorsque la mesure est stable

### A ne JAMAIS faire

- Oublier de vérifier le calibrage
- Mettre la sonde sous pression.
- Ouvrir à fond le robinet de la bouteille
- Stocker des sondes durant une longue période.
- Laisser l'appareil dans la poussière.



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Marquage des bouteilles

### NITROX

## Généralités

Le marquage des bouteilles doit comporter au minimum:

- La composition du mélange
- La profondeur maximum d'utilisation (MOD)

On peut y adjoindre les informations suivantes:

- La Pression dans la bouteille
- La FiO<sub>2</sub> du calcul du MOD
- La Date de fabrication
- Le nom du gonfleur

Il n'est pas obligatoire d'utiliser des étiquettes « toutes faites ». Il est possible d'utiliser un simple adhésif. La notation standardisée la plus courante en EU est celle dite « De la mer du Nord »

This Cylinder Contains Breathing Gases Other Than Air, Use of This Breathing Media is Restricted to Certified IANTD Divers.



OXYGEN \_\_\_\_\_% INITIALS \_\_\_\_\_  
NITROGEN \_\_\_\_\_% DATE \_\_\_\_\_  
HELIUM \_\_\_\_\_% MOD/ PO<sub>2</sub> \_\_\_\_\_  
OTHER \_\_\_\_\_%

*Int. Assoc. of Nitrox & Tech. Divers Inc.*



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

Nitrox élémentaire



## Marquage des bouteilles

Notation « De la mer du Nord »

Deux lettres indiquent le type de mélange. Elles sont suivies d'une série de chiffres. Le premier indique la concentration en O<sub>2</sub> et le second la concentration en He. La concentration en N<sub>2</sub> n'est pas indiquée, elle est déduite.

Nitrox = Nx

Trimix = Tx

### Exemples

Nx 32 = Nitrox contenant 32% d'O<sub>2</sub>

Tx 15/40 = Trimix contenant 15% d'O<sub>2</sub> et 40% d'He

Cette notation présente l'avantage d'être simple sans possibilité de confusion entre la concentration d'He et la concentration en N<sub>2</sub>



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

Nitrox élémentaire



### Registre des gonflages

Obligatoire dans les magasins de plongée de certains pays un bon registre doit reprendre les notations suivantes :

- La date
- N° de série de la bouteille
- La capacité de la bouteille
- Le marquage de la bouteille
- La composition du mélange
- La profondeur limite (MOD) à la PpO<sub>2</sub> de 1,4 bar
- La Pression
- Le nom du gonfleur
- Le nom du client
- La signature du client



JCT Consulting

Moby Dick Diving School



## Planification

Toutes les règles de plongée à l'air restent valable pour la plongée Nitrox  
Le respect de la planification est impératif.

### Prise en charge de la bouteille

- Mesurer la pression, le %O<sub>2</sub>
- Calculer le MOD
- Marquer la bouteille
- Compléter le registre de gonflage

### Choix du mode de décompression

- Ordinateur NITROX
- Table NITROX
- Table AIR

### Détermination des paramètres

- Choix de la PpO<sub>2</sub> maximum (froids, courant...)
- Calculer l'EAD et la durée maximum de la plongée
- Vérifier si le CNS est acceptable

### Détermination des procédures d'urgence (Hyperoxie)

Plongée: Respect strict du planning

### Après la plongée

Calculer le CNS

Remplir le carnet: CNS, type de mélange, mode de décompression

Plan Your Dive  
and  
Dive Your Plan





## Les tables

Les tables Nitrox s'utilisent de la même manière que les table air

Les tables sont un moyen simple et économique de gestion.  
On peut utiliser sa table « air » et l'adapter au Nx.

- ↑ Valable pour une infinité de Nx
- ↓ Calculer le EAD. Pas de multi-niveaux

Utiliser des tables spécifiques

- ↑ Facile à utiliser, pas de calcul, pas de risque d'erreur de EAD
- ↓ Il faut une table par Nx. Tables limités au Nx 32 et Nx36. Pas de multi-niveaux

Organisation	Nx	Remarques
NOAA	32% 36%	Sans déco
PADI	32% 36%	Sans déco
IANTD	32% 36%	Sans déco
IANTD	26% 28% 30% 32% 34%	Avec déco Déco accélérée Nx75
FFESSM	32% 36% 40%	Avec déco
Bulhmann	28% 32% 36% 40%	Avec déco



JCT Consulting

Moby Dick Diving School





Nitrox élémentaire



## Les tables

### Table NOAA



**NOAA NITROX 32 NO-DECOMPRESSION DIVE TABLE - Abbreviated**  
 USE ONLY WITH 32% OXYGEN 68% NITROGEN MIXTURES

**WARNING:** EVEN STRICT COMPLIANCE WITH THESE CHARTS WILL NOT GUARANTEE AVOIDANCE OF DECOMPRESSION SICKNESS. CONSERVATIVE USAGE IS STRONGLY RECOMMENDED.

RNT RESIDUAL NITROGEN TIME  
 +ABT ACTUAL BOTTOM TIME  
 =ESDT EQUIVALENT SINGLE  
 DIVE TIME

PO<sub>2</sub> has been rounded to the next highest value

**CHART 1 - DIVE TIMES WITH END-OF-DIVE GROUP LETTER**

START DEPTH (msw, fsw) | MAXIMUM NO-STOP TIME | DIVE TIME REQUIRING DECOMPRESSION (MINUTES REQUIRED AT 10 fsw STOP (3 msw))

PO <sub>2</sub>	START DEPTH (msw)	START DEPTH (fsw)	NO-STOP TIME	MINUTES REQUIRED AT 10 fsw STOP (3 msw)	GROUP LETTER
0.8	12	40	15, 30, 45, 60, 75, 95, 120, 145, 170, 205, 250, 310, 344	40	A
0.9	15	50	5, 15, 25, 30, 40, 50, 70, 80, 100, 110, 130, 150, 170	20	B
1.0	18	60	10, 15, 25, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 120, 140, 160, 180, 200	10	C
1.0	22	70	10, 15, 20, 25, 30, 40, 50, 55, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	D
1.1	25	80	5, 10, 15, 20, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	E
1.2	28	90	5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	F
1.3	31	100	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	G
1.4	34	110	5, 10, 12, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	H
1.5	37	120	5, 7, 10, 15, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	I
1.6	40	130	5, 10, 13, 15, 20, 22, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 70, 80, 90, 100, 110, 120, 130, 140, 150, 160, 170, 180, 190, 200	5	J

PO <sub>2</sub>	0.8	0.9	1.0	1.0	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	Group
msw	12	15	18	22	25	28	31	34	37	40	
fsw	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	Letter
		7	6	5	4	4	3	3	3	3	A
		193	94	55	46	36	27	27	22	17	B
		17	13	11	9	8	7	7	7	6	B
		183	87	40	41	32	23	23	18	14	C
		25	21	17	15	13	11	11	10	10	C
		175	79	45	35	27	19	19	15	10	D
		37	29	24	20	18	16	16	14	13	D
		163	71	36	30	22	14	14	11	7	E
		49	38	30	26	23	20	20	18	16	E
		151	62	30	24	17	10	10	7	4	

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00	12:00
0:10	3:21	4:50	5:49	6:35	7:06	7:36	8:00	8:22	8:51	8:59	9:13	9:28	9:43	9:54	9:55
	3:20	4:49	5:48	6:34	7:05	7:35	7:59	8:21	8:50	8:58	9:12	9:28	9:43	9:54	
	0:10	1:40	2:39	3:25	3:58	4:26	4:50	5:13	5:41	5:49	6:03	6:19	6:33	6:45	
		1:39	2:38	3:24	3:57	4:25	4:49	5:12	5:40	5:48	6:02	6:18	6:32	6:44	
		0:10	1:10	1:58	2:29	2:59	3:21	3:44	4:03	4:20	4:36	4:50	5:04	5:17	
		1:09	1:57	2:28	2:58	3:20	3:43	4:02	4:19	4:35	4:49	5:03	5:16		
		0:10	0:55	1:30	2:00	2:24	2:45	3:05	3:22	3:37	3:53	4:05	4:18		
		0:54	1:29	1:59	2:23	2:44	3:04	3:21	3:36	3:52	4:04	4:17			
		0:10	0:46	1:16	1:42	2:03	2:21	2:39	2:54	3:09	3:23	3:34			



JCT Consulting  
 Moby Dick Diving School



Nitrox élémentaire



## Les ordinateurs

### Ordinateurs gérant un gaz

- Air à Nx50
- Facile à utiliser
- Bon marché
- Convient aux débutants
- Idéal pour la plongée loisir



### Ordinateurs multi-gaz

- Gèrent un ou plusieurs gaz « fond »
- Gèrent un ou plusieurs gaz « déco »
- Difficile à utiliser
- Coûteux
- Peuvent demander une programmation
- Ne conviennent PAS pour la plongée loisir



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

# Chapitre 4: Planification et gestion



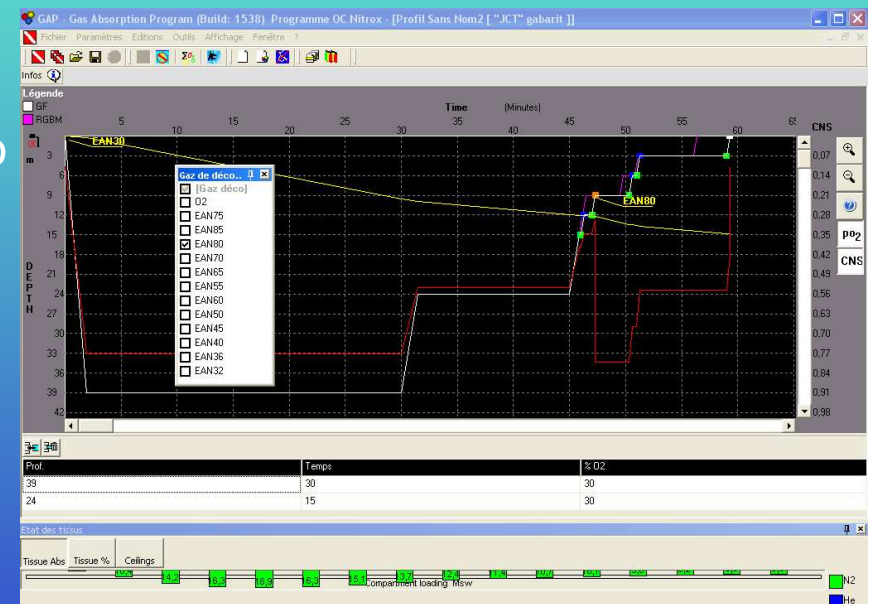
Nitrox élémentaire



## Les logiciels



- Permettent de faire des tables « à la carte ».
- Génération de « Run time »
- Plongées multi-niveaux
- Un ou plusieurs gaz fond
- Un ou plusieurs gaz déco
- Affichage PpO<sub>2</sub>
- Affichage CNS
- Calcul de consommation



JCT Consulting  
Moby Dick Diving School

**Le logiciel GAP est vu en détail dans le cours de spécialisation « Extended Range »**

Nitrox élémentaire



## Exercice de planification

### Plongée 1

Profondeur 36m - 30minutes

### Plongée 2

Profondeur 25m - 30 minutes

Intervalle 3h

Décompression: table US navy

#### 1) calcul du Best mix

Plongée 1 →  $(1,4/(3,6+1))100= 30 \rightarrow N \times 30$  PpO<sub>2</sub>=1,38 bar

Plongée 2 →  $(1,4/(2,5+1))100= 40 \rightarrow N \times 40$  PpO<sub>2</sub>=1,40 bar

#### 2) calcul de l'EAD

Plongée 1 →  $((1-0,3)(36+10)/0,79) - 10= 31m$  soit 33m

Plongée 2 →  $((1-0,4)(25+10)/0,79) - 10= 17m$  soit 18m

#### 3) Paramètre de Déco

Plongée 1: 33m 30min → palier 7min à 3m indice J - PpO<sub>2</sub> palier=0,4 bar

Plongée 2: Intervalle 3h → indice E majoration 30min

18m 60min → pas de palier obligatoire indice J

#### 4) Calcul du CNS (svt tableau)

Plongée 1:  $(30 \times 0,63) + (7 \times 0,14) = 20\%$  réduit à 5% après 3h

Plongée 2:  $5 + (30 \times 0,65) = 25\%$



JCT Consulting

Moby Dick Diving School

# Nitrox élémentaire



## Généralités

### Nitrox contenant maximum 40%O2

- Bouteille dégraissée SI on gonfle par « pression partielle »
- Détendeurs et accessoires ne doivent pas être dégraissés
- Le mélange peut servir à gonfler le gilet et l'étanche
- Pas besoin d'équipements spécifiques pour le Nx

### Nitrox contenant plus de 40%O2

- TOUT équipement en contact avec le Nx doit être dégraissé
- Détendeurs, manomètres doivent être compatible O2 pur
- On ne peut PAS utiliser le Nx pour:
  - Gonfler le gilet et l'étanche
  - Gonfler le parachute
- Besoin d'un équipement spécifique

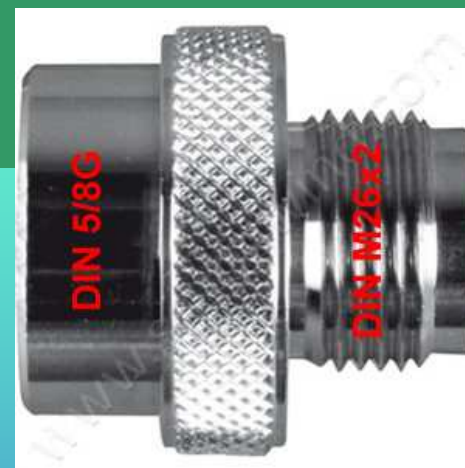
**La préparation et le dégraissage du matériel est vu dans le cours de spécialisation « Mixing and Blending »**





## Législation

En novembre 2002 l'Union Européenne par son Arrêté EN144-3 a décidé que les bouteilles contenant plus de 21% d'oxygène devaient avoir un robinet avec un filetage spécifique.



C'est le filetage DIN M26x2 qui a été adopté. Après la période transitoire de 5 ans il n'est plus possible d'avoir un robinet DIN 5/8G.

Pour éviter de devoir acheter un détendeur spécifique si on utilise un Nx ayant maximum 40% d'O<sub>2</sub> il est possible d'acheter un adaptateur mâle/femelle 5/8G - M26x2

Si votre bouteille est antérieure à novembre 2002 vous pouvez continuer à l'utiliser et la faire gonfler avec l'ancienne robinetterie





## Nitrox élémentaire



## Cours de spécialisation

### Mixing and Blending

- Accessible à tous
- Minimum 18 ans

### Nitrox élémentaire

### Les premiers pas dans le monde de la plongée « Tec »

Utilisation Nx>40%  
Décompression Nx

#### Extended Range

- N2 ou similaire
- Minimum 18 ans
- 25 plongées Nx
- 75 plongées
  - ⇒ 40 plongée à 30m
  - ⇒ 15 plongée à 40m

Base des recycleurs

#### SCR diver

- N2 ou similaire
- Minimum 16 ans
- 50 plongées
- 15 plongées Nx



JCT Consulting

Moby Dick Diving School