

Le Nitrox



Cours de base

RCAE – JP Pousset - 2014

Plan de l'exposé

- ∞ Cadre du Nitrox
 - Introduction
 - Définition
 - Dénomination
 - Types de mélanges
 - Histoire
 - Pourquoi ?
 - Pour qui ?

- ∞ Physique liée au Nitrox
 - Rappels de physique
 - Profondeur équivalente
 - Décompression

- ∞ Risques liés à l'oxygène
 - Physiques
 - Physiologiques

- ∞ En pratique
 - Choix du mélange
 - Préparer sa bouteille
 - Fabrication (info)
 - Standards (info)

Cadre du Nitrox



Introduction



Définition

- ∞ Nitrox = contraction de :
 - NITR**ogen (Azote en anglais)
 - OX**ygen (Oxygène en anglais)
- ∞ Autre appellation : EAN : **E**nriched **A**ir **N**itrox



Dénomination

∞ Une convention pour la désignation des mélanges :

Nitrox XX/YY ou EAN_{xx}

XX : % O₂ et YY : % N₂

∞ Ainsi, un Nitrox 40/60 (ou EAN 40) contient :

- 40 % d'oxygène
- 60% d'azote

∞ EAN 32 = Nitrox 32/68

Types de mélanges

- ∞ Plus de 21 % d'O₂ : mélange hyperoxique
- ∞ 21 % d'O₂ : mélange normoxique
- ∞ Moins de 21% d'O₂ : mélange hypoxique

- ∞ NB :
 - Air = nitrox particulier
 - En général, on appellera nitrox en mélange d'air enrichi en oxygène

Histoire

- 1770 : découverte de l'O₂ par Lavoisier
- 1785 : Lavoisier arrive à séparer les constituants de l'air
- 1794 : 1^{ière} utilisation d'un EAN comme gaz médical par Reddoes
- 1874 : Paul Bert découvre la toxicité de l'O₂ pour le SNC
- 1878 : Paul Bert effectue les 1^{ières} recherches hyperbares
- 1879 : Première plongée Nitrox (50/60) par Henry Fleuss
- 1913 : Dräger invente un scaphandre produisant automatiquement de l'EAN 60
- 1940 : Premier recycleur (EAN 60)
- 1955 : Première table nitrox
- 1986 : IANTD (International Association Nitrox Divers) : 1^{ière} fédération loisir
- Généralisation à la plongée loisir début des années 2000



Dräger DM20

Pourquoi ?



Généralisation de l'utilisation

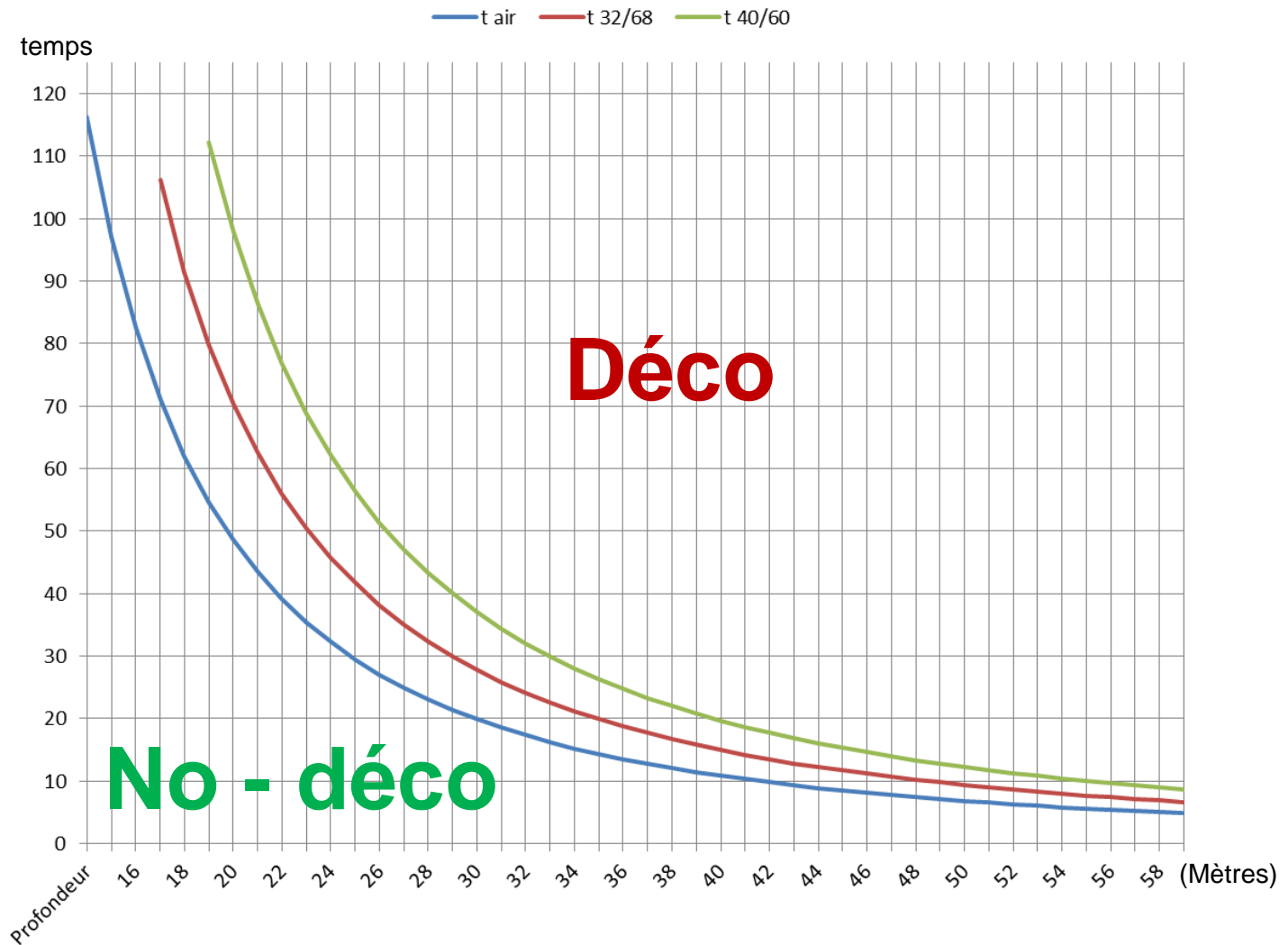
- ∞ Généralisation de l'utilisation du nitrox dans les structures loisir
- ∞ Surtout dans le cadre des séjours croisières avec plusieurs plongées par jour

Avantages

- ∞ Sécurité ↗
- ∞ En augmentant la quantité d'Oxygène, on réduit la quantité d'azote, ainsi le Nitrox permet :
 - de réduire la durée des paliers,
 - augmenter la durée de plongée de la courbe no-déco (↗ NDL)
 - augmenter la qualité de la décompression
 - d'augmenter la sécurité des plongées sans palier.
 - saturation résiduelle plus faible
- ∞ Diminuer les risques d'ADD pour un même profil de plongée qu'à l'air
- ∞ Meilleur confort (moins de fatigue).
- ∞ Réduire la consommation d'environ 10 % ?????



Courbe no - déco



Plongée à l'air 10 min à 60m sans déco

HLPlanner File Dive Tools Help

Use single back gas

New Dive

Dive profile:

Start Depth	Target Depth	Seg. Time	Runtime	O2 [%]	He [%]	END	PP O2
0,00 [msw]	60,00 [msw]	00:03:00	00:03:00	20	0	60,00 [msw]	1,40 [bar]
60,00 [msw]	60,00 [msw]	00:10:00	00:13:00	20	0	60,00 [msw]	1,40 [bar]

Deco gases:

MOD	O2 [%]	He [%]	Switch at

Deco profile:

Depth	Time	Runtime	Gas	CNS%	OTU
30,00 [msw]	00:00:00	00:16:00	20	8,40	21,64
27,00 [msw]	00:02:00	00:18:00	20	8,76	22,74
24,00 [msw]	00:02:00	00:20:00	20	9,11	23,61
21,00 [msw]	00:02:00	00:22:00	20	9,40	24,23
18,00 [msw]	00:02:00	00:24:00	20	9,41	24,59
15,00 [msw]	00:04:00	00:28:00	20	9,41	24,62
12,00 [msw]	00:04:00	00:32:00	20	9,41	24,62
9,00 [msw]	00:07:00	00:39:00	20	9,41	24,62
6,00 [msw]	00:36:00	01:15:00	20	9,41	24,62

Gas consumption:

Gas mix	Volume	Cylinder	Pressure
20	3906,8 [ltr]	2x10	195,34 [bar]

CNS: 9,41% OTU: 24,6 DZ: 37,20 [msw]

Plongée à l'air 10 min à 60m avec déco

HLPlanner File Dive Tools Help

New Dive

Dive profile: Use single back gas

Start Depth	Target Depth	Seg. Time	Runtime	O2 [%]	He [%]	END	PP O2
↓ 0,00 [msw]	60,00 [msw]	00:03:00	00:03:00	21	0	60,00 [msw]	1,47 [bar]
→ 60,00 [msw]	60,00 [msw]	00:10:00	00:13:00	21	0	60,00 [msw]	1,47 [bar]

Deco gases:

MOD	O2 [%]	He [%]	Switch at
<input checked="" type="checkbox"/> 22,29 [msw]	50	0	22,29 [msw]
<input checked="" type="checkbox"/> 10,13 [msw]	80	0	10,13 [msw]

Deco profile:

Depth	Time	Runtime	Gas	CNS%	OTU
24,00 [msw]	00:00:24	00:17:00	Air	9,49	23,68
21,00 [msw]	00:02:00	00:19:00	EAN 50	11,25	26,96
18,00 [msw]	00:01:00	00:20:00	EAN 50	11,93	28,61
15,00 [msw]	00:01:00	00:21:00	EAN 50	12,45	30,04
12,00 [msw]	00:03:00	00:24:00	EAN 50	13,68	33,55
9,00 [msw]	00:02:00	00:26:00	EAN 80	15,20	36,93
6,00 [msw]	00:09:00	00:35:00	EAN 80	19,92	50,00

Gas consumption:

Gas mix	Volume	Cylinder	Pressure
Air	1997,9 [ltr]	2x10	99,90 [bar]
EAN 80	313,7 [ltr]	7	44,82 [bar]
EAN 50	304,6 [ltr]	7	43,52 [bar]

CNS: 20,13% OTU: 50,6 DZ: 36,56 [msw]

Inconvénients

- ∞ Dangers physiologiques
 - Paul Bert : Neuro-toxique
 - Lorrain-Smith : Pneumo-toxique
- ∞ La fabrication du mélange demande une grande attention et un matériel spécifique (risques de feu ou d'explosion)
- ∞ Matériel spécifique O₂ si %O₂ > 40 %.
- ∞ La bouteille est obligatoirement compatible O₂
- ∞ La plongée est plus chère.

Pour qui ?



Le brevet nitrox de base

- ∞ Pour pouvoir suivre le cours, il est nécessaire:
 - d'avoir 14 ans minimum,
 - d'être plongeur 1* minimum
 - d'être membre de la ligue, en ordre de cotisation et de visite médicale.

- ∞ Le cours théorique est dispensé par un AM minimum.

- ∞ Les plongées sont réalisées sous le contrôle d'un Instructeur Nitrox.

- ∞ La formation comprend :
 - 1 cours théorique (min 2 heures) sanctionné par un examen
 - 2 plongées Nitrox (max. 40% O₂), de minimum 15 minutes chacune en compagnie d'un plongeur détenteur d'un brevet Nitrox (minimum 3*). La présence d'un instructeur Nitrox est obligatoire et c'est lui qui signe la carte de présentation.

- ∞ A l'issue de cette formation et pour autant que le candidat soit homologué : il reçoit la carte CMAS de plongeur Nitrox qui l'autorise à plonger avec des Nitrox jusqu'à 40 % d'O₂

Prérogatives

∞ Nitrox de base

- Minimum 21/79
- Maximum 40/60

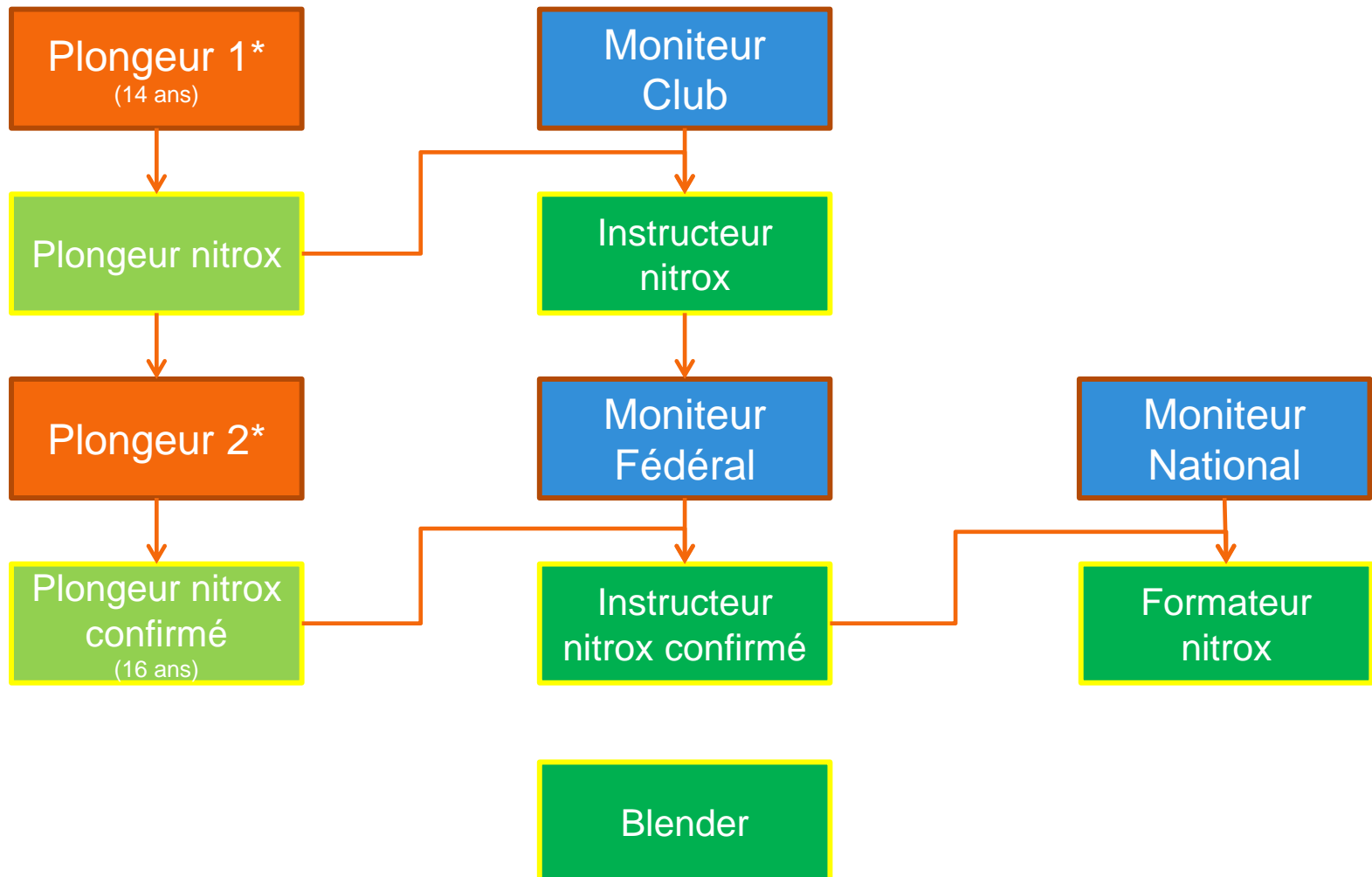
∞ Nitrox confirmé

- Minimum 21/79
- Max 100 %

∞ Pour **TOUS** :

- ppO_2 Max = **1,6 bar**
- **Respect des prérogatives et législation locale**

Cheminement



Physique liée au Nitrox



Rappel de physique



Pressions

∞ Pression atmosphérique

- Pression ressentie au niveau du sol, due au poids de l'air (1bar au niveau de la mer)

∞ Pression hydrostatique

- Pression due au poids de la colonne d'eau (1 bar / 10m)

∞ Pression absolue

- $P_{\text{atmosphérique}} + P_{\text{hydrostatique}}$

Loi de Dalton

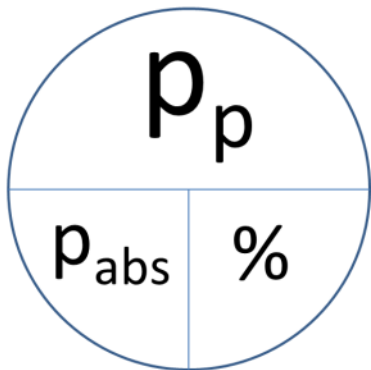
Pression partielle d'un gaz : $pp_{\text{Gaz}} = P_{\text{abs}} \times \%_{\text{Gaz}}$

Exemple : à 30m, soit 4 bars de P_{abs}

$$21/79 : pp_{\text{O}_2} = 4 \times 21\% \text{ O}_2 = 0,84 \text{ bar}$$

$$30/70 : pp_{\text{O}_2} = 4 \times 30\% \text{ O}_2 = 1,20 \text{ bar}$$

$$40/60 : pp_{\text{O}_2} = 4 \times 40\% \text{ O}_2 = 1,60 \text{ bar}$$



Limitation des profondeurs

Profondeur (m)	Pression absolue (bars)	PP Oxygène Air Nitrox 21/79	PP Oxygène Nitrox 32/68	PP Oxygène Nitrox 40/60
0	1	0,21	0,32	0,4
5	1,5	0,32	0,48	0,6
10	2	0,42	0,64	0,8
15	2,5	0,53	0,8	1
20	3	0,63	0,96	1,2
25	3,5	0,74	1,12	1,4
30	4	0,84	1,28	1,6
35	4,5	0,95	1,44	1,8
40	5	1,05	1,6	2
45	5,5	1,16	1,76	2,2
50	6	1,26	1,92	2,4
55	6,5	1,37	2,08	2,6
60	7	1,47	2,24	2,8
65	7,5	1,58	2,4	3

Profondeur équivalente



Profondeur équivalente

∞ Diminution du % d'azote

∞ A une même profondeur, l'effet narcotique de l'azote sera moins grand avec un Nitrox suroxygéné qu'à l'air.

∞ Exemple

- 30 m, soit 4 bars avec 40/60
- $ppN_2 = 4 \times 0,6 = 2,4$ bars
- Soit le même confort narcotique qu'à l'air à :

$$\frac{2,4}{0,8} = 3 \text{ bars, soit } 20 \text{ m} = \text{profondeur équivalente}$$

∞ Saturation des tissus diminuée dans la même proportion

Décompression



1. Tables traditionnelles

1. Utilisation des tables air sans correction
 - Pas de modification de la durée des paliers « air »
 - Pas de modification de la profondeur des paliers « air »
2. On rentre dans la table en utilisant la profondeur équivalente

Conseils :

- *Ne pas dépasser 2 heures d'immersion*
 - *Ne pas dépasser 1,4 bar de ppO_2 (1,6 bar max)*
-
- ∞ Ne prennent pas en compte les seuils de toxicité de l'oxygène
 - ∞ Majorations calculées à partir des profondeurs équivalentes
 - ∞ Gestion des consécutives, successives et des procédures d'urgences identiques à l'air

2. Tables nitrox (1 seul mix)

EANx 32

Pressure Group at End of Surface Interval: Z Y X W V U T S R Q P O N M L K J I H G F E D C B A

Depth (m)	Z	Y	X	W	V	U	T	S	R	Q	P	O	N	M	L	K	J	I	H	G	F	E	D	C	B	A
0.5m	250	215	181	147	113	128	111	101	81	58	43	28	15	08	01	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00	00
0.8m	185	145	133	123	114	106	99	92	85	80	74	69	64	59	55	51	47	43	39	36	32	29	26	23	17	8
0.85m	170	130	121	111	103	96	90	84	78	73	68	64	60	56	52	48	44	40	37	34	31	28	25	22	16	8
0.9m	155	115	107	97	89	82	76	71	66	62	58	54	50	46	42	38	34	30	27	24	21	18	15	12	10	8
0.95m	140	100	93	83	75	68	62	57	53	49	45	41	37	33	29	25	21	17	14	11	8	5	2	0	0	0
1.0m	125	85	79	71	63	56	50	45	41	37	33	29	25	21	17	13	9	6	3	0	0	0	0	0	0	0
1.05m	110	70	64	56	48	41	35	30	26	22	18	14	10	6	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.1m	95	55	50	42	34	27	21	16	12	8	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.15m	80	40	35	27	19	12	6	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.2m	65	25	20	12	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.25m	50	10	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.3m	35	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.35m	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.4m	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.45m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1.5m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

DEPTH SHOWN FOR CONTINGENCY PLANNING ONLY

TABLE 3 - REPETITIVE DIVE TIMETABLE

Remember to track your oxygen exposure. Dive time should not exceed the amount of table limits or oxygen exposure limits.

White area indicates Recreational Nitrogen Time (RNT) in minutes and is to be added to Actual Bottom Time (ABT).

Green area indicates adjusted no-decompression limits. Actual Bottom Time (ABT) must be added to RNT to determine total time.

Redundant Nitrogen Time (RNT) = Actual Bottom Time (ABT) + Nitrogen Time (NT)

WARNING

DO NOT attempt to use these tables unless you are fully trained and certified in the use of enriched air (EA) or nitrox. Do not exceed the experience of a certified instructor. Proper use of these tables will reduce the risk of decompression sickness and oxygen toxicity. Do not use for emergency planning purposes only, do not dive to these depths.

Tables NITROX 32/68

Tables NITROX 36/64

Tables NITROX 40/60

These tables provide oxygen partial pressure (ppO2) and nitrogen partial pressure (ppN2) for various depths and gas mixtures. They are used to determine safe dive limits and decompression requirements for enriched air nitrox dives.

For planning dives with EANx 32 only by certified enriched air divers.

RECREATIONAL DIVE PLANNER

DIVING SCIENCE & TECHNOLOGY CORP.

TABLE 2 SURFACE INTERVAL CREDIT TABLE

START (Pressure Group): Z Y X W V U T S R Q P O N M L K J I H G F E D C B A

DEPTH (metres): 14, 16, 18, 20, 22, 24, 26, 28, 30, 32, 34, 36, 40

PRESSURE GROUP: A B C D E F G H I J K L M N O P Q R S T U V W X Y Z

NO-DECOMPRESSION LIMITS

SAFETY STOP

DEPTH SHOWN FOR CONTINGENCY PLANNING ONLY

TABLE 1 NO-DECOMPRESSION LIMITS AND GROUP DESIGNATION TABLE

For planning dives with EANx 32 only by certified enriched air divers.

PADI DIVING INSTITUTE OF TECHNOLOGY

EANx 32 ONLY DO NOT USE TO PLAN AIR DIVES. CONTINUE ON OTHER SIDE. METRIC.

Comparaison tables

Nitrox 32

Prof. (m)	Temps (min.)	Paliers			Symboles	Rem.
		9m	6m	3m		
15	200			0	N	
	210			2	N	
	230			7	N	
	250			11	O	
	270			15	O	
18	100			0	L	
	110			3	L	
	120			5	M	
	140			10	M	
	160			21	N	
	200			35	O	
21	60			0	J	
	70			2	K	
	80			7	L	
	100			14	M	
	140			39	O	
24	50			0	J	
	60			8	K	
	70			14	L	
	80			18	M	
	90			23	N	
	100			33	N	
	110		2	41	O	
	130		6	52	O	
27	40			0	I	
	50			10	K	
	60			17	L	
	70			23	M	
	80		2	31	N	
	90		7	39	N	
	100		11	46	O	
	110		13	53	O	

US Navy Air 93

t (min)	s	t (min)	Pal.		t (min)	Paliers			s
			3m	s		8m	3m	s	
3 m		18 m		27 m					
60	A	15		C	10			C	
120	B	20		D	15			E	
6 m		25		E	20			F	
50	B	30		F	25			G	
100	D	40		G	30			H	
9 m		50		H	40		7	J	
30	B	55		I	50		18	L	
45	C	60		J	60		25	M	
60	D	70	2	K	30 M				
75	E	80	7	L	10			D	
95	F	21 m		15				E	
120	G	10		C	20			F	
12 m		15		D	25			H	
15	B	20		E	30		3	I	
25	C	30		F	40		15	K	
30	D	35		G	50	2	24	L	
40	E	40		H	33 m				
50	F	45		I	10			D	
70	G	50		J	15			F	
80	H	60	8	K	20			G	
100	I	70	14	L	25		3	H	
15 m		24 m		30		7	J		
15	C	5		B	40	2	21	L	
25	D	10		C	36 m				
30	E	15		D	5			C	
40	F	20		E	10			D	
50	G	25		F	15			F	
70	H	30		G	20		2	H	
60	I	35		H	25		6	I	
80	J	40		I	30		14	J	
90	K	50	10	K	40	5	25	L	
100	L	60	17	L	39 m				
		10			10			E	
		15		1	15		1	F	
		20		4	20		4	H	
		25		10	25		10	J	
		30	3	18	30	3	18	M	

3. Ordinateurs

- ✎ Avoir un ordinateur permettant la gestion de plusieurs gaz (minimum 2)
- ✎ Régler l'ordinateur en fonction du mélange.
- ✎ Arrondir au % inférieur sur l'ordinateur si la mesure donne un nombre à décimales (pour ne pas pénaliser la décompression)
- ✎ Régler la ppO_2 max désirée
- ✎ L'ordinateur arrondi le % O_2 au % supérieur pour la ppO_2 max

4. Run-time

HLPlanner File Dive Tools Help

New Dive

Dive profile: Use single back gas

Start Depth	Target Depth	Seg. Time	Runtime	O2 [%]	He [%]	END	PP O2
0,00 [msw]	60,00 [msw]	00:03:00	00:03:00	21	0	60,00 [msw]	1,47 [bar]
60,00 [msw]	60,00 [msw]	00:10:00	00:13:00	21	0	60,00 [msw]	1,47 [bar]

Deco gases:

MOD	O2 [%]	He [%]	Switch at
<input checked="" type="checkbox"/> 22,29 [msw]	50	0	22,29 [msw]
<input checked="" type="checkbox"/> 10,13 [msw]	80	0	10,13 [msw]

Deco profile:

Depth	Time	Runtime	Gas	CNS%	OTU
24,00 [msw]	00:00:24	00:17:00	Air	9,49	23,68
21,00 [msw]	00:02:00	00:19:00	EAN 50	11,25	26,96
18,00 [msw]	00:01:00	00:20:00	EAN 50	11,93	28,61
15,00 [msw]	00:01:00	00:21:00	EAN 50	12,45	30,04
12,00 [msw]	00:03:00	00:24:00	EAN 50	13,68	33,55
9,00 [msw]	00:02:00	00:26:00	EAN 80	15,20	36,93
6,00 [msw]	00:09:00	00:35:00	EAN 80	19,92	50,00

Gas consumption:

Gas mix	Volume	Cylinder	Pressure
Air	1997,9 [ltr]	2x10	99,90 [bar]
EAN 80	313,7 [ltr]	7	44,82 [bar]
EAN 50	304,6 [ltr]	7	43,52 [bar]

CNS: 20,13% OTU: 50,6 DZ: 36,56 [msw]

		Air		EAN 50				EAN 80	
Profondeur	↘	60	24	21	18	15	12	9	6
Temps	3	10	1	2	1	1	3	2	9
Run		13	17	19	20	21	24	26	35

Risques liés à l'O₂



Risques physiques



Risques physiques

- ∞ L'oxygène enflamme les hydrocarbures (graisse, ...)

- ∞ Taux d'oxygène inférieur à 40 % ($\pm 2,5$ %)
 - Utilisation du matériel standard (détendeur, mano, gilet, ...)
 - La bouteille doit être compatible Oxygène
 - L'oxygène pur est d'abord chargé
 - La bouteille est ensuite remplie avec de l'air

- ∞ Taux d'oxygène supérieur à 40 % ($\pm 2,5$ %)
 - Utilisation d'équipements compatibles oxygène (Détendeurs, manomètre, gilet, etc ...)

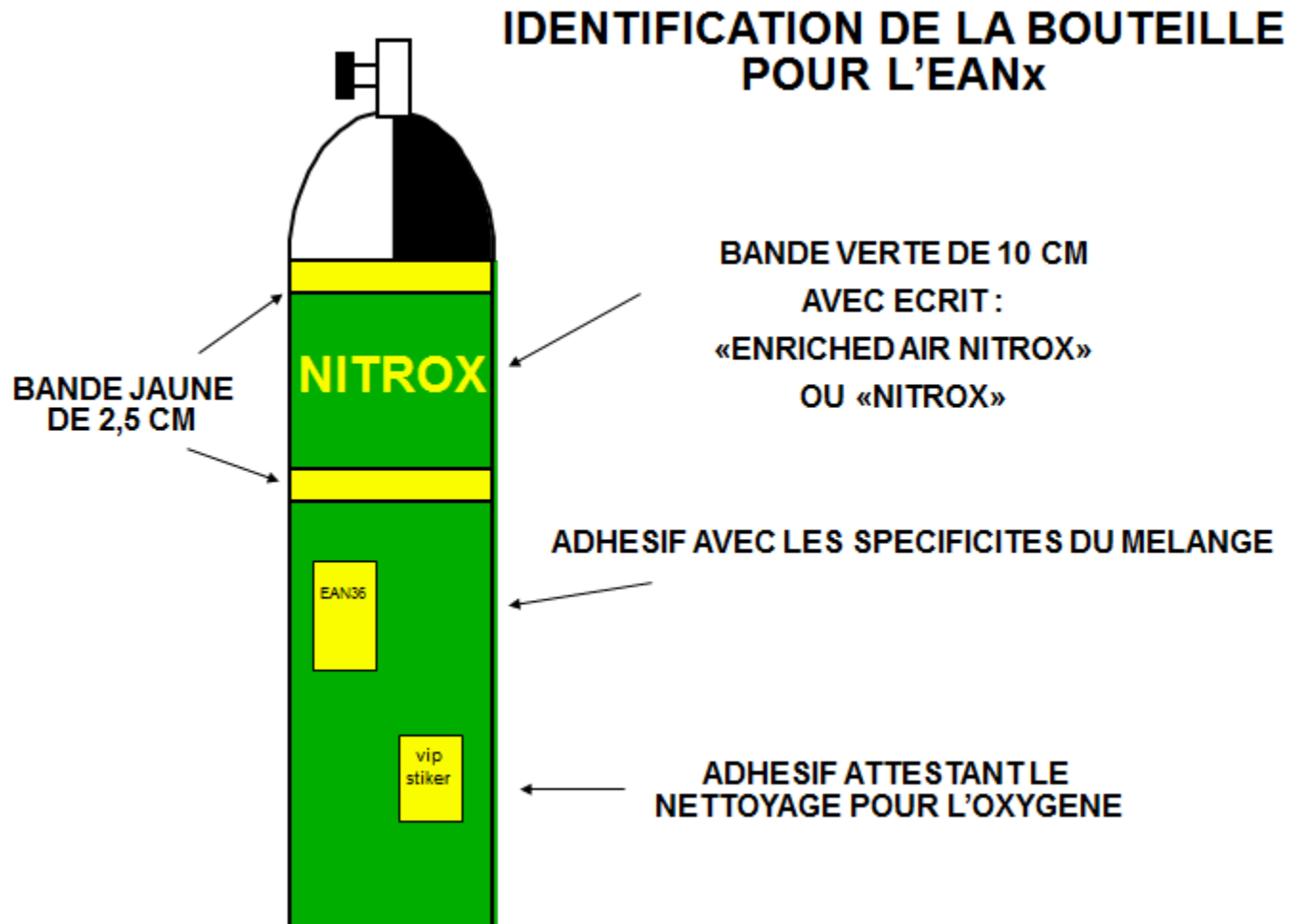


Les équipements compatibles oxygène

- ∞ Utilisation exclusive avec des mélanges Nitrox
- ∞ Les matériels doivent être repérés clairement
- ∞ Ne pas mélanger les équipements Air et Nitrox
- ∞ Ne pas utiliser de bouteille NITROX sur une rampe non compatible et non repérée NITROX
- ∞ Couleur verte – raccords DIN M26



Standard marquage IANTD



Risques physiologiques



Risques physiologiques

1. Neuro-toxicité : Effet Paul Bert
2. Pneumo-toxicité : Effet Lorrain-Smith
3. Hypoxie (info)

Neuroxocité de l'oxygène

Effet Paul Bert – Crise hyperoxique

Lié à la ppO_2

Neurotoxocité de l'oxygène : symptômes

∞ Phase d'alarme : CENTAVIVO

- Convulsions (crise de type épileptique)
- Euphorie
- Nausées
- Tremblements (des lèvres principalement)
- Anxiété
- Vision (effet tunnel-réduction du champ visuel)
- Irritabilité
- Vertiges
- Oreilles (bourdonnements)

Neurotoxocité de l'oxygène : mécanisme

∞ Phase tonique (1')

- Perte de connaissance
- Le corps se raidit
- Glotte fermée



∞ Phase convulsive (clonique) (2-3')

- Spasmes continus
- Morsure de la langue
- Emission d'urine



∞ Phase post convulsive (10-15')

- Relâchement musculaire
- Reprise progressive de la conscience
- Confusion
- Amnésie de la crise



Hyperoxie : traitement

∞ Phase d'alarme

- Remonter de quelques mètres
- Interrompre la plongée si persistance

∞ Phase convulsive

- Maintenir l'embout en bouche
- Ne pas remonter pendant la phase tonique
- Attendre la phase de relâchement avant de remonter
- Évacuer vers une équipe médicale

Hyperoxie : prévention

- ∞ Contrôle de la teneur en oxygène du gaz respiré (Nitrox)
- ∞ Identification précise des bouteilles concernées
- ∞ Respect strict de la profondeur maximale d'évolution
- ∞ Facteurs favorisants :
 - Les efforts physiques
 - Les basses et hautes températures de l'eau.
 - Les expositions répétées à l'oxygène (plongées répétitives)
 - L'hypercapnie
 - La tolérance individuelle

Temps maximal d'exposition à l'O₂ (info)

Temps d'exposition maximale en fonction des ppO₂

Pression partielle d'oxygène	Limite pour 24 h une seule plongée	Limite pour 24 h plusieurs plongées
0.6 bar	720 mn	720 mn
0.7 bar	570 mn	570 mn
0.8 bar	450 mn	450 mn
0.9 bar	360 mn	360 mn
1.0 bar	300 mn	300 mn
1.1 bar	240 mn	270 mn
1.2 bar	210 mn	240 mn
1.3 bar	180 mn	210 mn
1.4 bar	150 mn	180 mn
1.5 bar	120 mn	180 mn
1.6 bar	45 mn	150 mn



1,7 bars = 8'
1,8 bars = 2'

Calcul de la toxicité sur le SNC (info)

$$\infty \text{ \% Toxicité O}_2 \text{ du SNC} = \frac{\textit{Durée de la plongée}}{\textit{Durée maximale de la première plongée}}$$

∞ Exemple :

- ppO₂ = 1,4 bars, soit 150 minutes max
- Si plongée de 30' à cette pression : % toxicité O₂ = $\frac{30}{150} = 20\%$

Décroissance de la toxicité sur le SNC (info)

∞ Intervalles de surface recommandés

- 50% à 79% 45'
- 80% à 99% 2h
- 100% 12h

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

Effet Lorrain-Smith

☞ Toxicité pulmonaire

- ☞ Exposition prolongée (plusieurs heures) avec $ppO_2 > 0,5$ bar
- ☞ Douleurs thoraciques
- ☞ Irritation des bronches
- ☞ Dégradation du surfactant des alvéoles pulmonaires conduisant à un collapsus de celles-ci et production de sérosités
- ☞ Pas pour les plongeurs loisir

OTU (info)

∞ OTU = Oxygen Time Unit

∞ Prévention :

- Maximum = 1500 sur 24h
- Traitement hyperbare = 650 OTU
- Donc pour la plongée : max = 1500 - 650 = 850 OTU / jour

PO ₂ (bar)	OTU/mn
0.5	0
0.6	0.27
0.7	0.47
0.8	0.65
0.9	0.83
1	1
1.1	1.16
1.2	1.32
1.3	1.48
1.4	1.63
1.5	1.78
1.6	1.92

∞ Exemple :

- Temps maximal à ppO₂ = 1,6 ?
- $850 = 1,92 \times t$
- $t = \frac{850}{1,92} = 443' = 7h20$

Limites de la ppO₂ (info)

ppO ₂ (bar)	Effets
< 0,10	Nausées, vomissements, efforts impossibles, cyanose intense, coma ou mort
0,1	Jugement erroné, insensibilité, fatigue, début de cyanose, perte de connaissance
0,12	Sérieux signes hypoxique, début des symptômes au repos
0,16	Hypoxie moyenne, minimum pour un fonctionnement normal, pouls et respiration ↗, attention ↘, mouvements délicats
0,17	Limite minimum de concentration O ₂
0,21	ppO ₂ normale de l'air
0,35	Exposition normale à saturation et signes de l'effet Lorrain-Smith
0,50	Exposition maximale à saturation
1,40	pp recommandée en plongée loisir et maximale si efforts
1,60	Limite max d'utilisation en plongée loisir et sans effort
2,40	60/40 nitrox thérapeutique à 6 bar
3,00	50/50 nitrox thérapeutique à 6 b

En pratique



Choisir son mélange



Planifier sa plongée

∞ Définir

- la profondeur réelle prévue pour la plongée
 - la profondeur réelle maxi autorisée avec le mélange (PMO - MOD)
 - la profondeur équivalente narcose (PEN - END)
 - le temps prévu au fond
 - la durée des paliers éventuels
 - la courbe de sécurité du Nitrox utilisé
- ∞ Ne pas dépasser la profondeur maximale permise en fonction du Nitrox choisi (30 m pour le Nitrox 40/60)

Best Mix

∞ Définir le mélange nécessaire pour évoluer en sécurité à la profondeur planifiée.

∞ Exemple :

- ppO₂ Max = 1,4
- Plongée 30'
- Profondeur = 35 m
 - % O₂ = $\frac{1,4}{4,5} = 0,31 = 31\%$
 - Profondeur équivalente narcose (PEN) = $0,69 \times 4,5 = 3,1$ bars = 21m
 - SNC = $\frac{30}{150} = 0,2 = 20\%$

HL Planner

HLPlanner File Dive Tools Help

New Dive Use single back gas

Dive profile:

Start Depth	Target Depth	Seg. Time	Runtime	O2 [%]	He [%]	END	PP O2
0,00 [msw]	0,00 [msw]	00:00:00	00:00:00	13	36	0,00 [msw]	0,13 [bar]
0,00 [msw]	100,00 [msw]	00:05:00	00:05:00	13	36	60,40 [msw]	1,43 [bar]
100,00 [m...]	100,00 [msw]	00:15:00	00:20:00	13	36	60,40 [msw]	1,43 [bar]

Deco gases:

MOD	O2 [%]	He [%]	Switch at
<input checked="" type="checkbox"/> N2 22,29 [msw]	50	0	22,29 [msw]
<input checked="" type="checkbox"/> N2 10,13 [msw]	80	0	10,13 [msw]
<input checked="" type="checkbox"/> O2 6,08 [msw]	100	0	6,08 [msw]

Deco profile:

Depth	Time	Runtime	Gas	CNS%	OTU
72,00 [msw]	00:00:12	00:23:00	TMX 13/36	12,81	32,36
69,00 [msw]	00:01:00	00:24:00	TMX 13/36	13,16	33,40
66,00 [msw]	00:01:00	00:25:00	TMX 13/36	13,48	34,39
63,00 [msw]	00:01:00	00:26:00	TMX 13/36	13,78	35,31
60,00 [msw]	00:01:00	00:27:00	TMX 13/36	14,06	36,16
57,00 [msw]	00:01:00	00:28:00	TMX 13/36	14,32	36,94
54,00 [msw]	00:01:00	00:29:00	TMX 13/36	14,56	37,66
51,00 [msw]	00:02:00	00:31:00	TMX 13/36	14,98	38,95
48,00 [msw]	00:02:00	00:33:00	TMX 13/36	15,36	40,09
45,00 [msw]	00:02:00	00:35:00	TMX 13/36	15,72	41,09
42,00 [msw]	00:02:00	00:37:00	TMX 13/36	16,06	41,94
39,00 [msw]	00:03:00	00:40:00	TMX 13/36	16,52	42,97
36,00 [msw]	00:03:00	00:43:00	TMX 13/36	16,56	43,75
33,00 [msw]	00:04:00	00:47:00	TMX 13/36	16,56	44,44
30,00 [msw]	00:05:00	00:52:00	TMX 13/36	16,56	44,79
27,00 [msw]	00:06:00	00:58:00	TMX 13/36	16,56	44,80
24,00 [msw]	00:07:00	01:05:00	TMX 13/36	16,56	44,80
21,00 [msw]	00:04:00	01:09:00	EAN 50	20,28	51,65
18,00 [msw]	00:05:00	01:14:00	EAN 50	23,55	59,82
15,00 [msw]	00:07:00	01:21:00	EAN 50	27,05	69,64
12,00 [msw]	00:08:00	01:29:00	EAN 50	30,31	78,98
9,00 [msw]	00:12:00	01:41:00	EAN 80	40,17	100,43
6,00 [msw]	00:41:00	02:22:00	Oxygen	108,92	179,22

Gas consumption:

Gas mix	Volume	Cylinder	Pressure
TMX 13/36	7810,3 [ltr]	2x20	195,26 [bar]
Oxygen	1120,3 [ltr]	7	160,04 [bar]
EAN 50	1042,4 [ltr]	7	148,92 [bar]
EAN 80	386,8 [ltr]	7	55,26 [bar]

CNS: 109,29% OTU: 180,1 DZ: 79,78 [msw]

V Planner

V-Planner 3,91 par Ross Hemingway,
VPM code-programme par Erik C. Baker.

Modèle de décompression: VPM - B

PROFIL DE PLONGÉE

Intervalle de surface = 1 jours 0 hr 0 min.

Altitude = 0m

Conservatisme = + 2

Desc à	60m		(4)	Air	15m/min	Descente.		
Niveau	60m	16:00	(20)	Air	1,46	ppO ₂ ,	60m	ead
Rem. à	33m		(23)	Air	-9m/min	Remontée.		
Palier à	30m		2:00	(25)	Air	0,84	ppO ₂ ,	30m ead
Palier à	27m		2:00	(27)	Air	0,77	ppO ₂ ,	27m ead
Palier à	24m		2:00	(29)	Air	0,71	ppO ₂ ,	24m ead
Palier à	21m		3:00	(32)	Air	0,65	ppO ₂ ,	21m ead
Palier à	18m		3:00	(35)	Air	0,59	ppO ₂ ,	18m ead
Palier à	15m		5:00	(40)	Air	0,52	ppO ₂ ,	15m ead
Palier à	12m		6:00	(46)	Air	0,46	ppO ₂ ,	12m ead
Palier à	9m		10:00	(56)	Air	0,40	ppO ₂ ,	9m ead
Palier à	6m		15:00	(71)	Air	0,34	ppO ₂ ,	6m ead
Palier à	3m		24:00	(95)	Air	0,27	ppO ₂ ,	3m ead
surface			(95)	Air	-9m/min	Remontée.		

Le dégazage commence à 41,3m

OTU pour cette plongée: 41

CNS Total: 17,5%

5262,7 ltr Air

5262,7 ltr TOTAL

Préparer sa bouteille



Mesure du % d'O₂

- ∞ Vérifier **PERSONNELLEMENT** la pression et faire **PERSONNELLEMENT** l'analyse de son mélange
- ∞ Noter le taux mesuré et la profondeur réelle maxi autorisée avec ce taux sur le bloc et sur le registre



Mesure du % d'O₂

☞ Procédure :

- Vérifier que la bouteille est **homogénéisée**
- **Etalonner** l'appareil : doit indiquer 21% au repos
- Ouvrir légèrement la bouteille
- Placer l'analyseur contre la sortie
- Attendre que l'appareil **se stabilise** pour prendre la mesure
- Indiquer sur le bloc :
 - La composition du gaz
 - La profondeur maximale pour ce gaz
 - La date
 - Son nom ou initiales
- Compléter le registre
- **Régler son ordinateur**



Fabrication (info)



Fabrication (info)

∞ Flux continu :

- Méthode la plus courante
- Mélangeur appelé « stick », en amont de l'entrée d'air du compresseur.
- Cette méthode est adaptée pour des mélanges jusqu'à 40 % d'O₂
- Elle permet d'utiliser la bouteille d'oxygène pur jusqu'au dernier bar.



∞ Pressions partielles :

- Consiste à gonfler la bouteille avec de l'oxygène pur et de faire le complément avec de l'air
- La bouteille et la robinetterie doivent donc être parfaitement dégraissées avant le remplissage avec l'oxygène, même dans le cas d'un nitrox 40.
- Temps de gonflage allongé (4-6 bar/min) et temps d'homogénéisation du mélange nécessaire.
- Cette méthode requiert du matériel de transvasement (lyre et manomètres compatibles oxygène pur) et un surfiltre à intercaler entre le compresseur et la bouteille (afin de préserver sa compatibilité oxygène pur).
- Mélanges jusqu'à 100%
- Utilisation jusqu'à une certaine pression résiduelle de la bouteille d'O₂

∞ Séparateur à membrane.

- Les molécules d'oxygène étant plus petites que celles d'azote, la membrane fait office de filtre et sépare en continu l'azote de l'oxygène.
- Ce procédé ne nécessite pas de source d'oxygène pur.
- Maximum 40% O₂

Fabrication (info)



Standards (info)



Nitrox de base - théorie

- ∞ Notions de physiologie; en particulier la toxicité neurologique à l'oxygène et un bref aperçu de la toxicité pulmonaire à l'oxygène
- ∞ Comment minimiser le risque de toxicité à l'oxygène, en particulier, par la détermination de la profondeur maximale opérationnelle : PMO (MOD)
- ∞ Symptômes et signes de la toxicité de l'oxygène
- ∞ Narcose en relation avec l'utilisation du Nitrox
- ∞ Procédures de plongée en utilisant un Nitrox dont la fraction en oxygène ne dépasse pas 40%
- ∞ Aspect de la planification propre à la plongée Nitrox
- ∞ Utilisation du système de profondeur équivalente (profondeur équivalente air (PEA)) avec une table de plongée Air
- ∞ Utilisation d'une table Nitrox
- ∞ Utilisation d'un ordinateur de plongée Nitrox en mode Nitrox et mode Air
- ∞ Contrôle des mélanges
- ∞ Entretien du matériel utilisé pour la plongée Nitrox
- ∞ Marquage de la bouteille Nitrox et Normes Européennes
- ∞ Introduction à la fabrication des mélanges Nitrox

Nitrox confirmé - théorie

- ⌘ Révision : toute la matière de la spécialisation 'plongeur Nitrox de base'
- ⌘ Notions de physiologie avancée, en particulier la toxicité neurologique à l'oxygène et CNS (%)
- ⌘ Calcul du CNS, ses limites et estimation du CNS résiduel – concept des 'air breaks'
- ⌘ Notions avancées de la problématique de décompression (pathologies et risques de décompression (ADD-MDD))
- ⌘ Calcul du best mix (gaz fond et déco)
- ⌘ Problématique de l'équipement (bloc de décompression, narguilé, ...)
- ⌘ Aspect de la planification propre à la plongée à décompression suroxygénée
- ⌘ Utilisation d'une table Air avec décompression O2 (MT 92, USN2008 ou autre ...).
- ⌘ Utilisation d'un ordinateur de plongée Nitrox en mode Nitrox et mode Air – et/ou run time
- ⌘ Introduction à la fabrication des mélanges décompression suroxygénés
- ⌘ Procédure de secours et traitement en cas d'intoxication à l'oxygène

Nitrox de base - pratique

- ∞ Contrôle du matériel et du mélange
- ∞ Marquages, prise en charge du matériel et identification des gaz
- ∞ Planification et détermination PMO (MOD)
- ∞ 2 plongées « épreuves »

Nitrox confirmé - pratique

- ∞ Guide de palanquée Nitrox
- ∞ Utilisation d'une source auxiliaire de gaz suroxygéné (bloc de décompression, narghilé, bloc au pendeur, ...)
- ∞ Utilisation d'un gaz et moyen de décompression suroxygéné.
- ∞ Signalisation et résolution d'un incident avec l'aide d'une palanquée de sécurité
- ∞ Porter assistance à un plongeur en difficulté

Nitrox confirmé - IANTD

- ∞ Flottabilité
- ∞ Configurations TEK - matériels (bouteilles, harnais, détendeurs,)
- ∞ Organes supplémentaires de sécurité
- ∞ Check matériel – bubble check
- ∞ What if
- ∞ Procédures de sécurité
- ∞ Planification
- ∞ Utilisation des parachutes

