



PLONGEE NITROX

Sommaire (1ère Partie)



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Réglementation

- Les qualifications,
- Prérogative du plongeur Nitrox confirmé,
- Équivalences FFESSM / CMAS,
- Arrêté du 9 juillet 2004,

Utilisation des tables

- Palier O² pur,

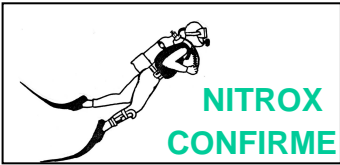
Nitrox altitude

Notions

- Table NOAA
- Table de toxicité O² du SNC /min
- Compteur SNC
- Effet Lorrain-Smith
 - OTU
 - UPTD
 - Table Repex

Exercices

Fin de la première séance



PLONGÉE NITROX Réglementation



Les qualifications NITROX FFESSM (ce n'est pas un brevet)

- **Qualification de plongeur Nitrox Confirmé**
 - **Niveau 2 minimum,**
 - **10 plongées dans la zone des 30-40 m,**
 - **Avoir effectué 6 plongées, Nitrox dont 4 au moins pendant la formation,**
 - **Utilisation de tous les mélanges Nitrox et de l'oxygène pur,**



PLONGEE NITROX Réglementation



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

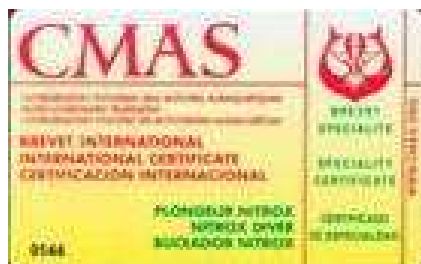
Prérogatives du plongeur Nitrox Confirmé

- Elles ne peuvent dépasser celles de son niveau technique définies par arrêté du 22 juin 98,
- Utilisation de tous les mélanges Nitrox jusqu'à 100% O₂,
- Utilisation de l'oxygène pur en décompression,
- Condition de pratique en exploration définies dans l'arrêté du 9 juillet 2004,

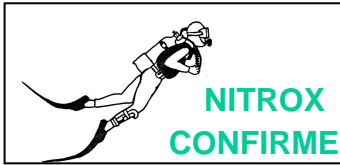
Espace d'évolution	Niveau de prérogative des plongeurs	Compétence minimum du guide de palanqué	Effectif maximum de la palanquée. Guide non compris
Espace médian (*) 0 - 20 m	P1 + qualification Nitrox	P 4 + qualification nitrox confirmé	4
Espace médian (*) 0 - 20 m	P2 + qualification Nitrox	autonomie	3
Espace lointain (*) 20 - 40 m	P2 + qualification Nitrox	P 4 + qualification nitrox confirmé	4
Au-delà des 40 mètres	P3, P4 + qualification Nitrox confirmé	autonomie	3

(*) Dans des conditions favorables, les espaces médian et lointain peuvent être étendus à la profondeur des mélanges utilisés.

Equivalences FFESSM / CMAS



Qualification FFESSM	Qualifications CMAS
Plongeur Nitrox	Nitrox Diver
Plongeur Nitrox confirmé	Advanced Nitrox diver
	Nitrox Instructor
Moniteur Nitrox confirmé	Advanced Nitrox Instructor



PLONGEE NITROX Paliers à l'oxygène Pur

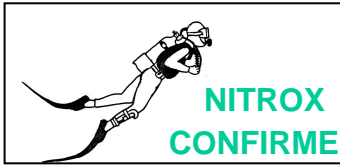


On applique la règle des MN90 :

- Considérer les 2/3 de la durée du palier à l'air,
- Arrondir le palier à la minute supérieure,
- Si la durée du palier à l'oxygène pur est inférieur à 5 min, la ramener à la durée initialement prévue à l'air,
- A éviter les paliers à l'oxygène pur à 6 m à cause de la PPO² 1.6bar

Exemples :

- Durée du palier : 8 min à 3m
 - $8 \times \frac{2}{3} = 5,3$ min
 - Durée du palier à l'oxygène pur : 6 min
- Durée du palier 6 min à 3 m
 - $6 \times \frac{2}{3} = 4$ min < 5 min
 - Durée du palier à l'oxygène pur : 5 min



PLONGEE NITROX

Nitrox Altitude



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Plongée en altitude:

- Utilisation de la méthode classique de la profondeur fictive,
- Pour éviter des erreurs de calcul, deux tables de correspondances ont été calculées,
- Méthodologie:
 - Détermination de la profondeur réelle de la plongée,
 - Détermination de l'altitude locale (ou P atm),
 - Lire la profondeur fictive,
 - Choisir la table de décompression correspondant à cette profondeur fictive,
- Rappel :
 - La pression atmosphérique baisse de 0,1 b tous les 1000 m,
- Utilisation de la notion de profondeur fictive
 - Prof. Fictive = Prof. Réelle / Pression atmosphérique en bar,
 - Exemple : plongée à 15 m à 2000 m : $PF = 15 / 0,8 = 18,75$ m

Altitude	Pression
300-500 m	950 mb
500-1000 m	900 mb
1000-1500 m	850 mb
1500-2000 m	800 mb
2000-2500 m	750 mb
2500-3000 m	700 mb

Paliers et vitesse de remontée en altitude:

- Les paliers se font en altitude à une profondeur différente :
 - Profondeur réelle Palier = Profondeur Palier x P. Atm,
 - Exemple : Profondeur du palier à 3 m sur un lac à 2000 m d'altitude
 - P réelle Palier = $3 \times 0,8 = 2,4$ m
- Vitesse de remontée:
 - La vitesse de remontée est plus lente :
 - V réelle = $15 \text{ m/min} \times P \text{ atm}$
 - Exemple : Vitesse de remontée sur un lac à 2000 m
 - V réelle = $15 \times 0,8 = 12 \text{ m/min}$
 - La durée de la remontée est identique qu'en considérant la profondeur fictive,



PLONGEE NITROX

Nitrox Altitude



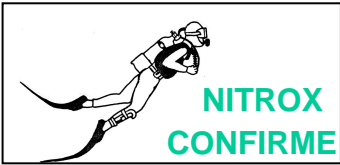
François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Profondeurs fictives en fonction de l'altitude (pression atmosphérique)

Profondeur Réelle(m)	300-500m 950mb	500-1000m 900mb	1000-1500m 850mb	1500-2000m 800mb	2000-2500m 750mb	2500-3000m 700mb
5	9	9	9	9	12	12
6	9	9	9	12	12	15
7	9	9	12	12	15	15
8	9	12	12	15	15	18
9	12	12	15	15	18	18
10	12	15	15	15	18	21
11	15	15	15	18	18	21
12	15	15	18	18	21	24
13	15	18	18	21	21	24
14	18	18	21	21	24	27
15	18	18	21	24	24	27
16	18	21	21	24	27	30
17	21	21	24	24	27	30
18	21	24	24	27	30	30
19	21	24	27	27	30	33
20	24	24	27	30	30	33
21	24	27	27	30	33	36
22	24	27	30	30	33	36
23	27	27	30	33	36	39
24	27	30	30	33	36	39
25	27	30	33	36	39	42
26	30	30	33	36	39	42
27	30	33	36	39	42	45
28	30	33	36	39	42	45
29	33	36	36	39	45	48
30	33	36	39	42	45	48
31	36	36	39	42	45	51
32	36	39	42	45	48	51
33	36	39	42	45	48	51
34	39	39	42	45	51	54
35	39	42	45	48	51	57
36	39	42	45	48	54	57
37	42	45	48	51	54	60
38	42	45	48	51	54	60
39	42	45	48	54	57	60
40	45	48	51	54	57	
41	45	48	51	54	60	
42	45	48	54	57	60	
43	48	51	54	57		
44	48	51	54	60		
45	48	54	57	60		
46	51	54	57	60		
47	51	54	60			
48	54	57	60			
49	54	57	60			
50	54	57				

Paliers pour les plongées au Nitrox en altitude

Altitude	Pression	Prof(tables)	Prof(réelle)
300-500m	950mb	3	2,85
500-1000m	900mb	3	2,7
1000-1500m	850mb	3	2,55
1500m-2000m	800mb	3	2,4
2000-2500m	750mb	3	2,25
2500-3000m	700mb	3	2,1



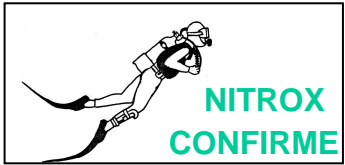
PLONGEE NITROX Notions



Deux notions nouvelles:

- Le compteur SNC (CNS Clock) = **Paul Bert**
 - **Table NOAA**
- Les UPTD et OTU = **Lorrain-Smith**
 - **Unit Pulmonary Toxicity Dose**
 - **Oxygen Toxic Unity**

Utilisées dans les ordinateurs de plongée.



PLONGEE NITROX Table NOAA



Utilisation de la table du NOAA

- Plongée simple: on vérifie la limite dans la table,
- Plongée successive: on vérifie la limite dans la table,

Expositions limites pour la plongée au Nitrox

Manuel NOAA 1991

Pression partielle d'oxygène Pp O ₂	Durée maximale en minutes pour une seule plongée/jour.	Durée maximale en minutes pour plusieurs plongées/jour.
0.6 bar	720	720
0.7 bar	570	570
0.8 bar	430	430
0.9 bar	360	360
1.0 bar	300	300
1.1 bar	240	270
1.2 bar	210	240
1.3 bar	180	210
1.4 bar	150	180
1.5 bar	130	180
1.6 bar	45	150

La valeur augmente avec la profondeur ou avec la concentration d'oxygène.

Une seule plongée

Cumul de plongées



PLONGEE NITROX Table d'exposition NOAA



Table d'exposition de la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration)

Cette table définit une durée maximum d'exposition à l'oxygène pur.

NATIONAL OCEANIC AND ATMOSPHERIC ADMINISTRATION PRESSIONS PARTIELLES D'OXYGENE ET DUREES LIMITE D'EXPOSITION POUR DES PLONGEES AU NITROX		
ATA	Simple exposition (mn)	Durée maximale d'exposition pendant 24 h (mn)
1,6	45	150
1,5	120	180
1,4	150	180
1,3	180	210
1,2	210	240
1,1	240	270
1	300	300
0,9	360	360
0,8	450	450
0,7	570	570
0,6	720	720

Source : FFESSM - Manuel de plongée Nitrox – J.L. BLANCHARD et J.Y. KERSALE -



PLONGEE NITROX

Table de toxicité O² du SNC /min



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Pp 02	% SNC par min	Pp 02	% SNC par min	Pp 02	% SNC par min
0.6	0.14	1.02	0.35	1.42	0.68
0.62	0.14	1.04	0.36	1.44	0.71
0.64	0.15	1.06	0.38	1.46	0.74
0.66	0.16	1.08	0.40	1.48	0.78
0.68	0.17	1.10	0.42	1.50	0.83
0.70	0.18	1.12	0.43	1.52	0.93
0.72	0.18	1.14	0.43	1.54	1.04
0.74	0.19	1.16	0.44	1.56	1.19
0.76	0.20	1.18	0.46	1.58	1.47
0.78	0.21	1.20	0.47	1.60	2.22
0.80	0.22	1.22	0.48	1.62	5.00
0.82	0.23	1.24	0.51	1.65	6.25
0.84	0.24	1.26	0.52	1.67	7.69
0.86	0.25	1.28	0.54	1.70	10.00
0.88	0.26	1.30	0.56	1.72	12.50
0.90	0.28	1.32	0.57	1.74	20.00
0.92	0.29	1.34	0.60	1.77	25.00
0.94	0.30	1.36	0.62	1.78	31..25
0.96	0.31	1.38	0.63	1.80	50.00
0.98	0.32	1.40	0.65	1.82	100.00
1.00	0.33	Technical Diving International 1996			



PLONGEE NITROX Compteur SNC



La notion de Compteur SNC (Système Nerveux Central)

Approche Anglo-Saxonne (CNS clock)

**% du compteur SNC = Durée d'exposition à une Pp O² donnée
Durée maximale donnée par la table NOAA**

Taux d'exposition

- On peut ramener cette table à un taux d'exposition.
- Par exemple :
 - 120 min à 1,5 bar correspond à 100 % d'exposition.
 - 60 min à 1,5 bar correspond à 50 % d'exposition.
- Le taux d'exposition ne doit donc pas dépasser 100 %
- **Exemple** : Plongée de 20 min à 30 m avec Nitrox 40/60
- 1ère Méthode: Calcul par table NOAA
 - PPO² à 30 m avec Nitrox 40/60 = 4 x 0,4 = 1,6 bar
 - Durée max. d'exposition à 1,6 b correspond à: 45 min (table NOAA)
 - %SNC = 20/45 = 44 %
- 2ème Méthode: Calcul par table de toxicité O² du SNC/min
 - PPO² à 30 m avec Nitrox 40/60 = 4 x 0,4 = 1,6 bar
 - Durée max. d'exposition à 1,6 b correspond à: 2,22%/min (table de toxicité O² du SNC/min)
 - %SNC = 20*2,22= 44%



PLONGEE NITROX

Tableau pourcentage du compteur SNC



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Tableaux des CNS clock calculés à partir des tables du NOAA.

- Tableau Air
- Tableau Nitrox 40/60
- Tableau Nitrox 36/64
- Tableau Nitrox 32/68

POURCENTAGE DU COMPTEUR SNC DE TOXICITE POUR LE NITROX 40/60 (Tables FFI)													
PROF. (m)	PRESSION (ata)	Pp O2 (bar)	Durée de la plongée (mn)										
			10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
11	2,1	0,84	2,8	5,6	8,3	11,1	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8	30,6
13	2,3	0,92	3,3	6,7	10,0	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	36,7
16	2,6	1,04	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0	29,2	33,3	37,5	41,7	45,8
19	2,9	1,16	4,8	9,5	14,3	19,0	23,8	28,6	33,3	38,1	42,9	47,6	52,4
23	3,3	1,32	6,7	13,3	20,0	26,7	33,3	40,0	46,7	53,3	60,0	66,7	73,3
26	3,6	1,44	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75,0	83,3	91,7
27	3,7	1,48	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75,0	83,3	91,7
30	4	1,60	22,2	44,4	66,7	88,9	111,1	133,3	155,6	177,8	200,0	222,2	244,4

POURCENTAGE DU COMPTEUR SNC DE TOXICITE POUR L'AIR													
PROF. (m)	PRESSION (ata)	Pp O2 (bar)	Durée de la plongée (mn)										
			10,0	20,0	30,0	40,0	50,0	60,0	70,0	80,0	90,0	100,0	110,0
6	1,6	0,34	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3
8	1,8	0,38	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3
10	2	0,42	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3
12	2,2	0,46	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3
15	2,5	0,53	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3
18	2,8	0,59	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3
20	3	0,63	1,8	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,0	15,8	17,5	19,3
22	3,2	0,67	1,8	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,0	15,8	17,5	19,3
25	3,5	0,74	2,2	4,4	6,7	8,9	11,1	13,3	15,6	17,8	20,0	22,2	24,4
28	3,8	0,80	2,2	4,4	6,7	8,9	11,1	13,3	15,6	17,8	20,0	22,2	24,4
30	4	0,84	2,8	5,6	8,3	11,1	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8	30,6
32	4,2	0,88	2,8	5,6	8,3	11,1	13,9	16,7	19,4	22,2	25,0	27,8	30,6
35	4,5	0,95	3,3	6,7	10,0	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	36,7
38	4,8	1,01	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0	29,2	33,3	37,5	41,7	45,8
40	5	1,05	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0	29,2	33,3	37,5	41,7	45,8
42	5,2	1,09	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0	29,2	33,3	37,5	41,7	45,8
45	5,5	1,16	4,8	9,5	14,3	19,0	23,8	28,6	33,3	38,1	42,9	47,6	52,4
48	5,8	1,22	5,6	11,1	16,7	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	50,0	55,6	61,1
50	6	1,26	5,6	11,1	16,7	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	50,0	55,6	61,1
52	6,2	1,30	5,6	11,1	16,7	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	50,0	55,6	61,1
55	6,5	1,37	6,7	13,3	20,0	26,7	33,3	40,0	46,7	53,3	60,0	66,7	73,3
58	6,8	1,43	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75,0	83,3	91,7
60	7	1,47	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75,0	83,3	91,7
62	7,2	1,51	22,2	44,4	66,7	88,9	111,1	133,3	155,6	177,8	200,0	222,2	244,4
65	7,5	1,58	22,2	44,4	66,7	88,9	111,1	133,3	155,6	177,8	200,0	222,2	244,4



PLONGEE NITROX Le compteur SNC



Utilisation du %SNC

Utilisation

- Choisir la profondeur maxi de la plongée pour le mélange considéré.
 - Choisir la durée et la profondeur immédiatement supérieure ou égale.
 - Choisir la PPO2 immédiatement supérieure ou égale.
 - Ne pas oublier de considérer la 1ère plongée à l'air si seule la 2ème plongée est au NITROX.
 - Plafond du SNC à 80% à ne pas dépasser pour être en sécurité.
-
- Considérer le %SNC sur une journée de plongée, le %SNC retourne à 0 % le matin suivant.
 - Si le %SNC dépasse 50 %, il est préconisé de rester en surface au moins 45 min.
 - Si le %SNC dépasse 80 %, il est préconisé de rester 3 h en surface avant de replonger.
 - Si la durée maximale journalière est atteinte, ou après 3 plongées, rester 12h en surface.



PLONGEE NITROX Le compteur SNC



Les %SNC se cumulent sur une plongée

Exemple; Changement de mélange : Plongée à 25 m pendant 60 min avec un Nitrox 40/60.
Puis paliers à l'oxygène pur.

- $PPO_2 = 1.4$ bar
 - Profondeur équivalente : 16,5 m
 - 5 min de palier à 3 m (Pas de réduction de temps car inférieur à 5 min)
 - Durée jusqu'au palier (15 m/min): $(25-3) / 15 = 1,5$ min
 - %SNC jusqu'au palier : $61,5 / 150 = 41$ %
 - %SNC du palier : $5 / 180 = 2,8$ %
- %SNC Total: $41 + 2,8 = 43,8$ %**

Dans tous les cas de décompression à O₂ pur le compteur SNC continue évidemment de tourner.

Plongées consécutives ou successives

Les %SNC s'ajoutent d'une plongée à l'autre.

Exemple : 2ème Plongée de 50 min à 20 m avec un Nitrox 40/60, une heure après la précédente : Mon %SNC résiduel après 1 h = $0,5556 * 60 = 33,33\%$

- $PPO_2 = 3 \times 0.4 = 1,2$ bar
- Profondeur équivalente : 12,5 m
- Pas de palier, durée de la remontée : $20/15 = 1,4$ min
- Durée totale d'exposition : $50 + 1,4 = 51,4$ min
- %SNC = $51,4 / 210 = 24,5$ %

Pour la journée, le %SNC sera : $33,33 + 24,5 = 57,83$ %



PLONGEE NITROX Le compteur SNC



Le %SNC baisse de 50 % par tranche de 90 min en surface à l'air.

Les intervalles de surfaces doivent être effectués à l'air libre, sans respiration de mélanges enrichis en O²

• Planification de la plongée en fonction du %SNC

Exercice:

- Plongée le matin à 10h de 30 min à 30 m avec un Nitrox 40/60
 - Paliers, groupe de sortie, %SNC, heure de sortie ?
- Plongée à 13h à 19 m avec un Nitrox 40/60.
 - Quelle durée maxi. pour ne pas dépasser 100 % SNC ,
ou ne pas faire de palier ?



PLONGEE NITROX Le compteur SNC

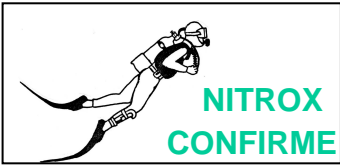


Résultats

- 1ère plongée de 30 min à 30 m avec Nitrox 40/60 :
 - $PPO^2 = 4 \times 0.4 = 1,6$ bar
 - Profondeur équivalente : 20 m
 - Pas de palier, durée de la remontée : $30/15 = 2$ min
 - Durée totale d'exposition : $30 + 2 = 32$ min
 - %SNC = $32 / 45 = 71,2$ %
 - Heure de sortie : 10h32 - GPS : F

- 2ème plongée à 13h, 19 m avec Nitrox 40/60 :
 - $PPO^2 = 2,9 \times 0.4 = 1,16$ bar
 - Profondeur équivalente : 11,75 m
 - %SNC autorisé pour la plongée : $100 - 71,2 = 28,8$ %
 - Durée autorisée : $28,8$ % = $Durée / 240 \rightarrow$ Durée = 69 min
 - Si pas de palier, alors Durée de remontée = 1,3 min.
 - Soit une durée de plongée possible de 67,7 min.
 - Majoration : 29 min (GPS : F, intervalle: 2h, Azote résid. 0,94)
 - Courbe de sécurité à 11,75 m : 135 min.

Durée maxi de la plongée : 67,7 min



PLONGEE NITROX Effet Lorrain-Smith



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

UPTD



Unit Pulmonary Toxicity Dose

CPTD



**Cumulative Pulmonary Toxicity Dose
(l'O₂ respire en normobar = 1 UPTD)**

OTU



**Oxygen Toxicity Unit
1 UPTD = 1 OTU**

REPEX



**Repetitive Exposure (aux limites de
l'oxygène.)**



PLONGEE NITROX Effet Lorrain-Smith OTU



Prévention des accidents spécifiques

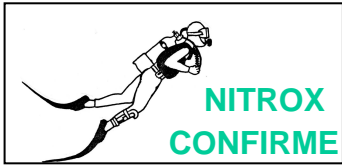
Effet Lorrain-Smith : Calcul des OTU (Oxygen Toxicity Unit)

Définitions et limites

- Une OTU = 1 bar d'oxygène pendant 1 min,
- Prendre la PPO² immédiatement supérieur ou égale,

Limites généralement admissent

- En cas de traitement les anglo-saxons admettent une dose maximale d'UPTD de 1440 par jour,
- En France la dose maximale admissible se situe à 600 (Dr GARDETTE) lors d'activités opérationnelles,
- Durée maximale recommandée à une PpO² de 1,6 b ==> 4 h,
- La FFESSM recommande de ne pas dépasser 2h quelque soit la PPO²,



PLONGEE NITROX Effet Lorrain-Smith OTU



Seuils maximum admissibles

- Calculer la dose OTU reçue
- Vérifier que le seuil n'est pas dépassé

L'UPTD: (Unit Pulmonary Toxicity Dose)

1 UPTD = 100% d'O₂ pendant 1 min à 1 ATA

- Formule de calcul:

- Dose (UPTD) = Durée (min) x Kp
- où $Kp = ((PPO_2 - 0,5) / 0,5)^{0,83}$

Exemple d'application:

Cas d'une plongée de 120 min à 20m
avec un Nitrox 40/60.

$PPO_2 = 1,2$ b

Dose (UPTD) = 120 x 1,32 = 158,4

Cas d'une plongée de 120 min à 30 m
avec un Nitrox 40/60

$PPO_2 = 1,6$ b

Dose (UPTD) = 120 x 1,93 = 231,6

PpO ₂ (ATA)	Kp	PpO ₂ (ATA)	Kp
0,50	0,00	1,30	1,48
0,55	0,15	1,35	1,55
0,60	0,26	1,40	1,63
0,65	0,37	1,45	1,70
0,70	0,47	1,50	1,78
0,75	0,56	1,55	1,85
0,80	0,65	1,60	1,93
0,85	0,74	1,65	2,00
0,90	0,83	1,70	2,07
0,95	0,92	1,75	2,14
1	1	1,80	2,21
1,05	1,08	1,85	2,28
1,10	1,16	1,90	2,35
1,15	1,24	1,95	2,42
1,20	1,32	2,00	2,49
1,25	1,40		



PLONGEE NITROX Effet Lorrain-Smith OTU



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Table Repex

Exemple:

Plongée de 1 h à 28 m au Nitrox 40/60

- $PPO^2 = 3,8 \times 0.40 = 1,52 \text{ b}$
- Unité OTU / minute = 1,85
- Nombre total OTU pour la plongée :
 $1,85 \times 60 = 111 \text{ OTU}$

2ème plongée le même jour : 1h20 à 20 m
au Nitrox 40/60

- $PPO^2 = 3 \times 0.40 = 1,20 \text{ b}$
- Unité OTU / minute = 1,32
- Nombre total OTU pour la plongée :
 $1,32 \times 80 = 106 \text{ OTU}$
- Nombre Total OTU pour la journée :
 $111 + 106 = 217 \text{ OTU}$

La limite étant 850 OTU

le seuil est respecté

Numéro des jours consécutifs de plongée	Dose maximale d'OTU par jour	Dose cumulée maximale d'OTU
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	300	3600
13	300	3900
14	300	4200
15-20	300	



PLONGEE NITROX Effet Lorrain-Smith OTU



Exemples d'application:

Jour 1 matin: plongée 30 m pendant 1 h (40/60)

Jour 1 am: plongée 20 m pendant 1 h 30 (40/60)

Jour 2 on souhaite plonger à 35 m pendant 1 h (32/68)

Calcul des OTU:

Jour 1 Matin: $PPO^2 = 1,6 \text{ b} \implies Kp = 1,93$

Dose (OTU) = $60 \times 1,93 = 115,8$

Jour 1 am: $PPO^2 = 1,2 \text{ b} \implies Kp = 1,32$

Dose (OTU) = $90 \times 1,32 = 118,8$

Total Jour 1 \implies **234,6** Pas de problème pour la journée car le seuil est à 850

Calcul des OTU:

Jour 2: $PPO^2 = 1,44 \text{ b} \implies Kp = 1,7$

Dose (OTU) = $60 \times 1,7 = 102$

Total Jour 2 \implies **102**

Total cumulé des deux jours \implies **234,6 + 102 = 336,6**

Pas de problème pour la journée et pas de problème pour le cumul car le seuil est à **1440**



PLONGEE NITROX Effet Lorrain-Smith OTU



Autres effets

- **Hypoxie:**

- Liée à une mauvaise manipulation lors du gonflage du bloc,
Mélange dangereux,

- Les procédures doivent éviter ce genre de problèmes,

- **Effets vaso-constricteurs de l'oxygène, notamment lors des paliers effectués à l'O2 pur,**

- Diminution du taux de perfusion conduisant à allonger les périodes de désaturation,

- **Nitrox lors des recompressions thérapeutiques**

- Oxygène pur à 2,8 b

- Nitrox 50/50 jusqu'à 4 b



PLONGEE NITROX



EXERCICE :

Soit un plongeur qui s'immerge pendant 25'
à une profondeur de 40 m
avec un mélange nitrox 32.

François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

- Calculer la $P_p O_2$ maximum de la plongée
- Calculer la toxicité O_2 du SNC

Résolution de l'exercice

10h00



10h29

SNC ?

2

Nitrox 32



40 m

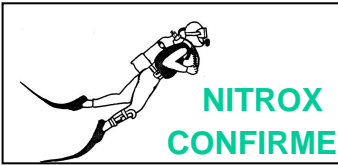
25'

1

Pp O₂ du nitrox 32 = ???

$$40 \text{ m} = 5 \text{ b}$$

$$Pp \text{ O}_2 = 5 \times \frac{32}{100} = 1.6 \text{ b}$$



Calcul par la table NOAA



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Soit un plongeur qui s'immerge pendant 25' à une profondeur de 40 m avec un mélange nitrox 32.

→ 1^{ère} Méthode Calcul par la Table NOAA :

Diviser le temps de plongée par le temps maximum d'exposition simple possible à la Pp O₂ et multiplier par 100

Table NOAA pour une Pp O₂ de 1.6 donne 45'

$$\frac{25'}{45'} = 55.5\%$$

55.5 % du temps possible autorisé



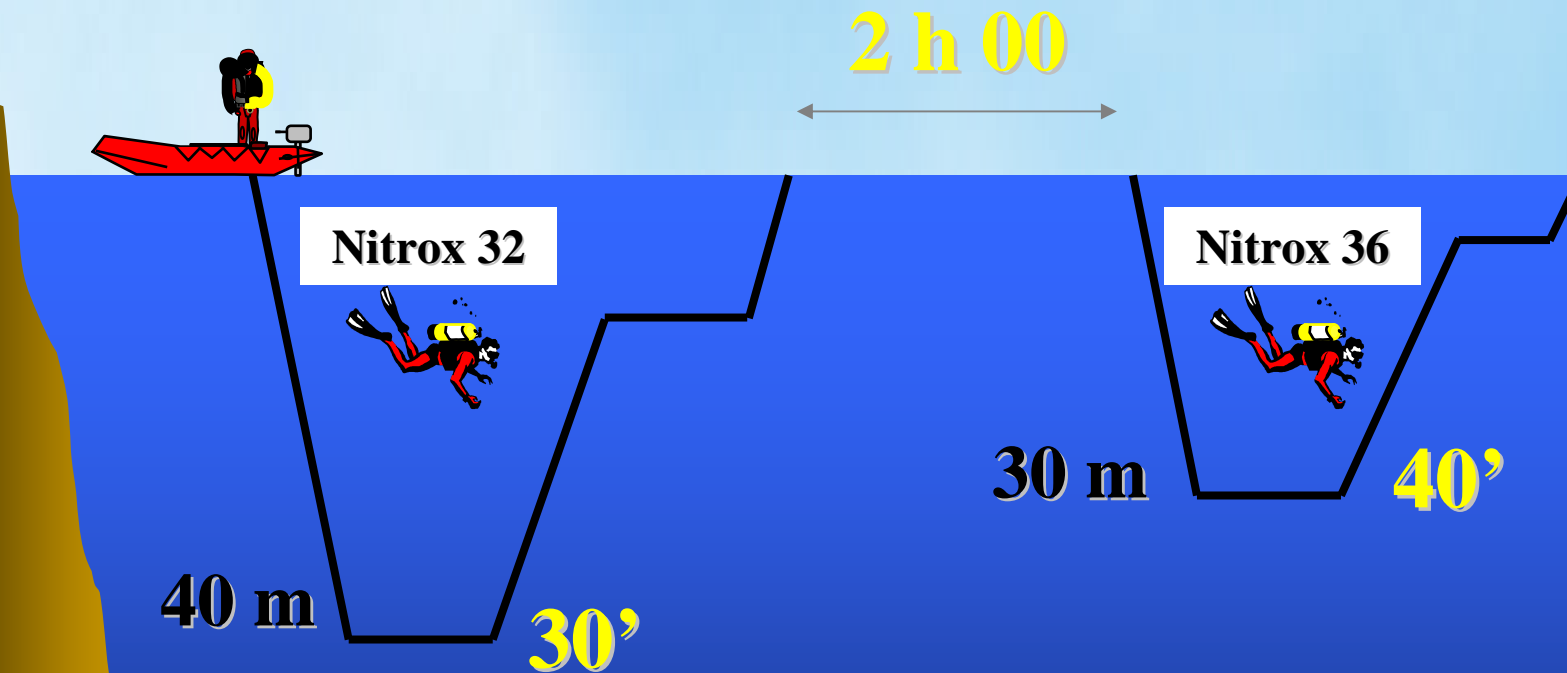
EXERCICE 2 :

Soit un plongeur qui s'immerge pendant 30' à une profondeur de 40 m avec un mélange nitrox 32.

Après 2h00 passé en surface, il replonge pendant 40' à une profondeur de 30 m avec un mélange nitrox 36.

- **Calculer la Pp O₂ maximum des plongées**
- **Calculer la toxicité O₂ du SNC**

Résolution de l'exercice 2



1 Pp O₂ du nitrox 32 et 36 = ???

2 SNC ? : table NOAA et table SNC clock



Résolution de l'exercice 2



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

On calcul les Pp O²

$$Pp O^2 = P.Abs \times \frac{\% O^2}{100}$$

$$P.Absolute \text{ à } 40 \text{ m} = 5 \text{ b}$$

$$Pp O^2 = 5 \times \frac{32}{100} = 1.6 \text{ b}$$

$$Pp O^2 \text{ 1}^{\text{ère}} \text{ plongée} : 5b \times 32/100 = 1.6b$$

$$Pp O^2 \text{ 2}^{\text{ème}} \text{ plongée} : 4b \times 36/100 = 1.44b$$



Résolution de l'exercice 2



On regarde dans les Tables NOAA et SNC clock les valeurs correspondantes

Pour la 1^{ère} plongée :

On recherche les valeurs de toxicité d'O² dans la table NOAA.

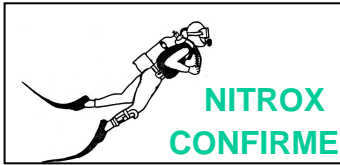
$$Pp O^2 1.6b \Rightarrow 30'/45' \times 100 = 66.66\%$$



On compare avec la table SNC clock

$$Pp O^2 1.6b \Rightarrow 2.22 \times 30' = 66.60\%$$





Résolution de l'exercice 2



Pour la 2^{ème} plongée :

2h00 en surface = 1 x 90' donc 50% en moins soit

$$66,66 \% : 50/100 = 33,33 \%$$

Table NOAA :

PpO₂1.44 soit PpO₂1.5 on cherche sur la table

$$40'/120 \times 100 = 33.33\%$$

Table SNC :

$$1.44 \text{ donne } 0.71 \times 40' = 28.4\%$$

Total des 2 plongées :

$$33.33\% + 33.33\% = 66.66\% \text{ (ok car inférieur à 80\%)}$$



PLONGEE NITROX Fin de la première partie



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Je vous remercie
de votre attention
F.Gilardin





PLONGEE NITROX

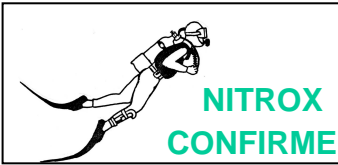
Sommaire 2ème partie



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226



- **Sommaire:**
 - **Procédures**
 - Avant la plongée planifier la plongée
 - **Utilisation Opérationnelle de l'O² et sécurité**
 - Rappel des avantages du Nitrox
 - Réalisation pratiques des mélanges
 - Personnel spécialement formé
 - Analyse des mélanges
 - Equipements
 - Procédures
 - Production des mélanges et analyses
 - Principe d'organisation
 - **Le matériel pour la plongée Nitrox**
 - Rappels
 - Les analyseurs d'oxygène
 - Les surpresseurs
 - **Fabrication**
 - Méthode de fabrication des mélanges sur oxygénés
 - Mélange par pression partielle
 - Mélange par flux continu
 - Mélange par volume
 - Mélange par poids
 - Filtres et lyre de transfert
 - La fiche de gonflage et d'analyse et cahier de gonflage
 - Formation des techniciens Nitrox
 - Formules et calculs
 - Les ordinateurs
 - Coût du Nitrox
 - Annexes: Procédures de dégraissage
 - Sécurité oxygène
 - Danger de l'O²
 - Consignes de sécurité O²
 - Les circuits O²
 - Les règles de remplissage
 - Bibliographie
 - Quizz



PLONGÉE NITROX Procédures



Il faut impérativement respecter une procédure.

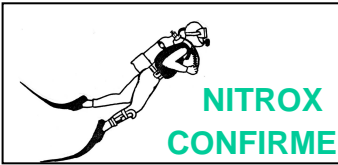
- **Utiliser du matériel spécifique Nitrox.**
- **Manipuler ce matériel avec des mains propres (attention aux graisses), et avec précaution.**
- **Vérifier PERSONNELLEMENT la pression et faire PERSONNELLEMENT l'analyse de son mélange.**

Avant la plongée:

Planifier la plongée

Définir:

- **La profondeur maximale permise avec ce Nitrox**
- **La profondeur réelle maxi autorisée avec le mélange**
- **La profondeur équivalente**
- **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)**



PLONGEE NITROX

Utilisation opérationnelle de l'O² et sécurité



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226



Rappels des avantages du Nitrox

- Meilleure sécurité en utilisant les tables à l'air.
- Pour une profondeur donnée on peut rester plus longtemps sans avoir de paliers à faire.
- En s'autorisant la même durée de plongée où la même durée de paliers, pouvoir descendre plus profond.
(Attention cependant à l'hyperoxie)

Réalisation pratique des mélanges

- Calcul des mélanges
 - Fonction de la profondeur d'évolution
 - Du profil de décompression souhaité
 - Des limites permises par le mélange.
- Exemple: Plongée à 33 m
 - Limite que l'on se donne $PpO_2 = 1,6 \text{ b}$
 - Le pourcentage maximal d'O² dans le mélange sera de $1,6/4,3 = 37,2 \%$
 - On choisira donc un mélange 37/63 ou 36/64
- C'est le point le plus délicat, compte tenu de la teneur élevée d'oxygène.

==> Il existe des procédures spéciales de:

- Fabrication
 - Manipulation
 - Stockage
- Deux techniques sont principalement utilisées:
- L'adjonction de gaz
 - Le mixage en continu

Le matériel doit-être repéré par des couleurs spécifiques, et réservé uniquement pour cet usage.



PLONGEE NITROX

Utilisation opérationnelle de l'O² et sécurité



Personnel spécialement formé

Attention cependant:

==> Le contrôle du mélange doit être également assuré par l'utilisateur final

Formation des « utilisateurs de mélanges »

- Nécessité d'utiliser un matériel spécifique.
- Si la concentration d'oxygène < 40 %
 - Matériel du commerce dégraissé
 - Voir du matériel standard « non dégraissé » (étude NASA 1997)
- Si la concentration en oxygène est > 40 %
 - Matériel spécifique oxygène

Analyse des mélanges

- Après vérification de la fiche du bloc.
- Le plongeur doit analyser **personnellement** la concentration de son mélange.
 - Utilisation d'un analyseur d'oxygène (calibré par une personne compétente qui garde trace de l'étalonnage)
 - Précision de +/- 5% (de la mesure) **Exemple: Un mélange dit 40/60 doit être dans la fourchette 38/62 à 42/58**

Equipements

- Tout doit-être adapté aux normes du mélange et dégraissé.
 - Blocs et détendeurs
 - Direct system
 - Stab
 - Vêtement sec
 - etc



PLONGEE NITROX

Utilisation opérationnelle de l'O² et sécurité



PRODUCTION DES MELANGES ET ANALYSES

- Un mélange préconisé: le 40/60 (profondeur maximale d'utilisation 30 m)
 - Deux autres mélanges sont couramment utilisés dans le monde:
 - 32/68 (EAN32)
 - 36/64 (EAN36)
- Rappel: EANxx signifie Enriched Air Nitrox
- La production de mélanges nécessite un matériel:
 - Spécifique
 - Coûteux
 - Qui doit être manipulé par un technicien spécialement formé.
 - On peut aussi acheter son mélange dans le commerce.
 - Le coût est encore élevé selon les procédures, mais devrait diminuer rapidement.
 - L'analyse est réalisée au moyen d'un analyseur d'oxygène.
 - Elle est réalisée au moins 24 h après la réalisation du mélange (temps nécessaire à une bonne mixité des gaz).
 - Elle doit se faire avec une précision de 2% au moins.
 - Elle doit être à nouveau réalisée par le plongeur lui-même avant l'immersion.

Principes d'organisation

- Vérification du mélange par les utilisateurs
- Plongée planifiée et strictement respectée
- Prévoir décompression avec narghilé et bouteilles relais
- Fiche de palanquée spécifique
- Si O² au palier, privilégier la remontée bateau (orientation) avec barre de palier
- Prévision de consommation à calculer
- Rotation des palanquées en fonction du matériel

Vérification avant mise à l'eau





PLONGEE NITROX

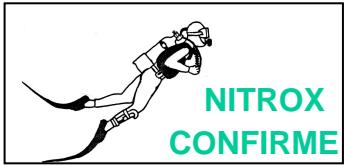
Matériel pour la plongée Nitrox



Rappels:

Les risques de l'oxygène

- L'oxygène explose en présence de graisse
- Taux d'oxygène inférieur à 40 % ($\pm 2,5$ %)
 - Utilisation du matériel standard (détendeur/Stab, ...)
 - 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, vêtement étanche, 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 repérée NITROX



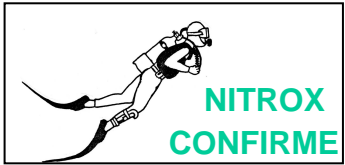
PLONGEE NITROX

Matériel pour la plongée Nitrox



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226





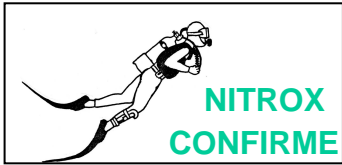
PLONGEE NITROX

Matériel pour la plongée Nitrox



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226





PLONGEE NITROX

Matériel pour la plongée Nitrox



LES ANALYSEURS D'OXYGENE

- Deux types:

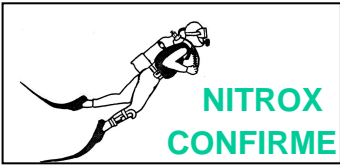
- Les analyseurs à sonde galvanique

- Appareils fragiles
- On mesure une DDP entre 2 pôles
- La durée de vie est de 3 à 4 ans
- La mesure commence par un calibrage de l'O² de l'air



- Les analyseurs galvanométriques



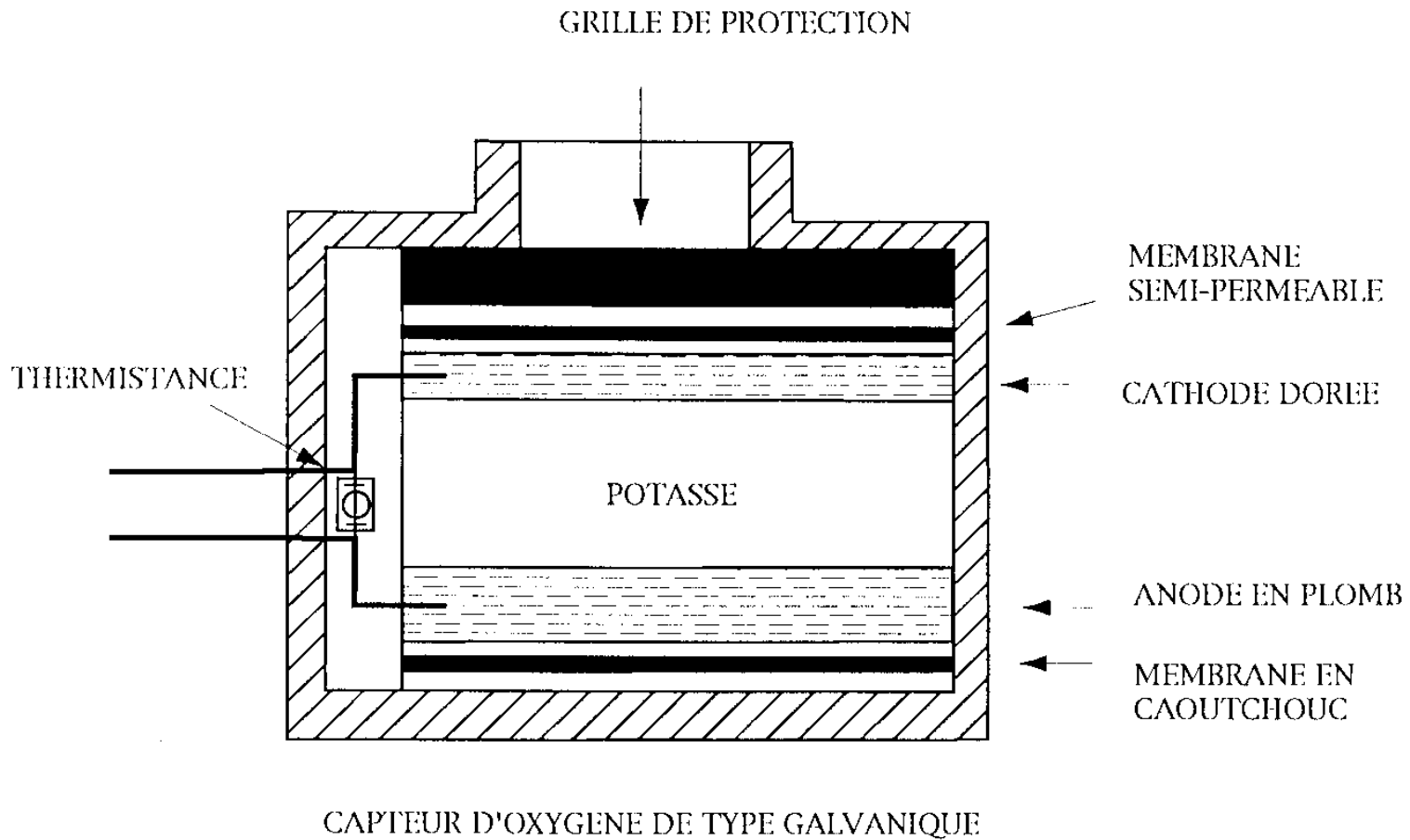


PLONGEE NITROX

Matériel pour la plongée Nitrox

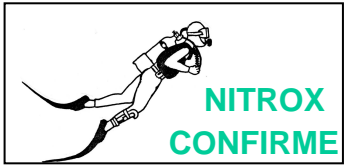


Analyseur à sonde galvanique



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226





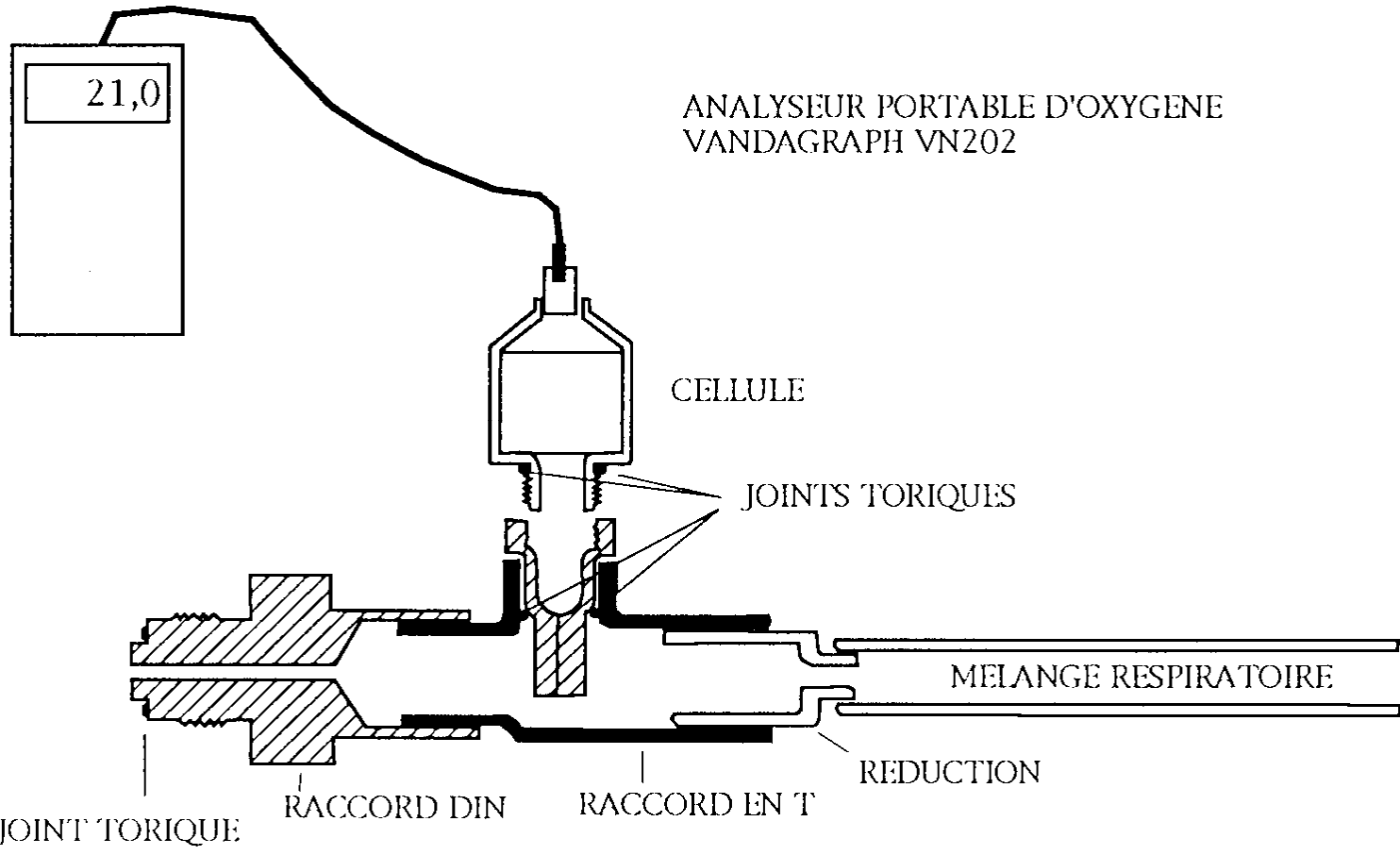
PLONGEE NITROX

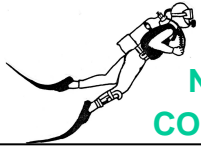
Matériel pour la plongée Nitrox



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Analyseur à sonde galvanique





NITROX
CONFIRME

PLONGEE NITROX

Matériel pour la plongée Nitrox

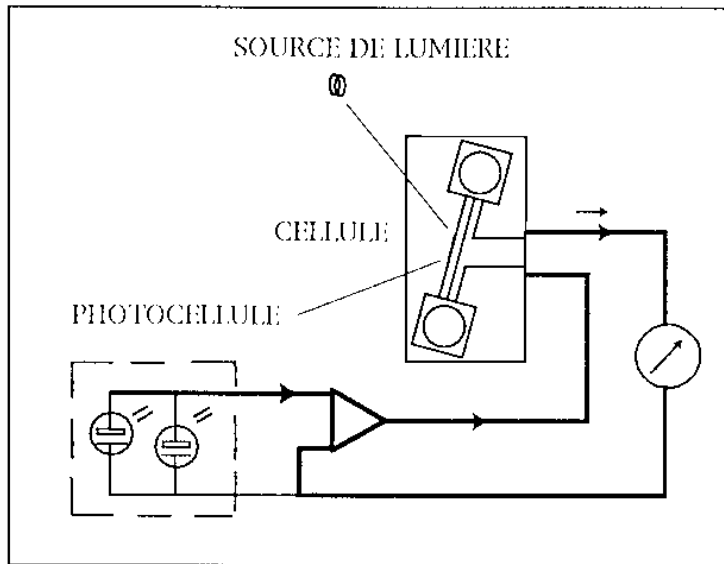


François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

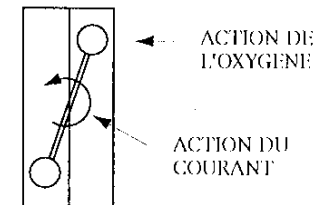
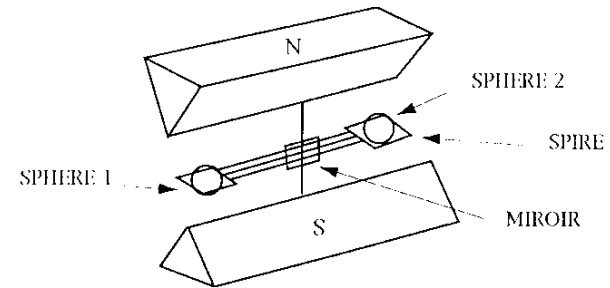
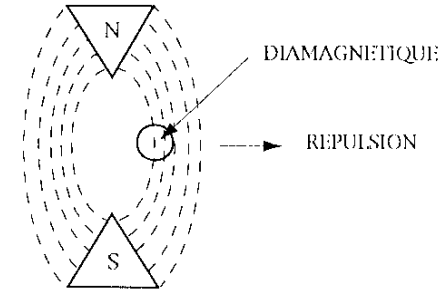


Analyseur galvanométrique

- L'O₂ est le plus paramagnétique des gaz
- Le gaz à mesurer passe dans un champ magnétique



SCHEMA DU PRINCIPE DE FONCTIONNEMENT DU SERVOMEX





PLONGEE NITROX

Matériel pour la plongée Nitrox



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226



Analyseur Oxygène O2EII réf 61103C

- FACILE A UTILISER :**
 Une conception ergonomique, une poignée confortable et une lanière fournie font de l'analyseur O2EII l'appareil le plus pratique du marché.
- FACILE A RELEVER :**
 Une fois que le résultat se stabilise sur votre écran, vous le validez et vous pouvez fermer le robinet pour économiser votre mélange.
- FACILE A ENTREtenir :**
 La cellule à une excellente durée de vie, et elle se change très facilement (réf 61104)



I. Tenez l'appareil dans la main gauche, pressez le bouton latéral pour l'allumer. (il s'éteint tout seul au bout de 10 minutes).



II. En utilisant le tableau de compensation O2, réglez le taux initial avec la molette située à gauche de l'écran.



III. Ouvrez le robinet en laissant s'échapper un flux régulier de nitrox.



IV. Appliquez le dôme de prélèvement directement sur la sortie du robinet.



V. Une fois les indications stabilisées sur le cadran, appuyez sur le bouton latéral pour fixer le résultat.

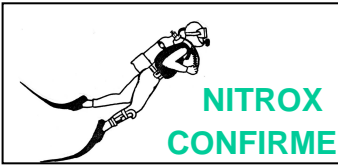
VI. Votre résultat est fixé sur l'écran et pour l'effacer il suffit de ré-appuyer sur le bouton latéral.

Notez vos analyses sur l'autocollant réf 60805:



CARACTERISTIQUES TECHNIQUES:

Plage:	0,1-100%	Garantie électronique:	3 ans
Précision:	(+/-)1% du chiffre (+/-)0,2% O2	Garantie cellule:	1 an (100%)
Durée de vie cellule:	jusqu'à 4 ans	Résolution:	0,1 % O2
Pile:	9 volts	Ecran:	LCD 4 chiffres
T° d'utilisation:	de -5 à 50 °C	Dimensions:	130 x 55 x 70 mm
Temps de réponse:	moins de 15 secondes	Poids:	225 grammes



PLONGEE NITROX

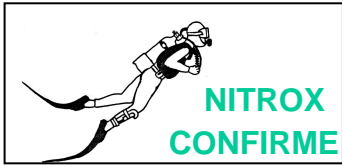
Matériel pour la plongée Nitrox



Les surpresseurs

- Rôles
 - Comprimer les gaz sans huile et avec une élévation minimale de température.
- Les marques:
 - Haskell
 - Corblin
- Inconvénients:
 - Bruyant et très forte consommation d'air comprimé.





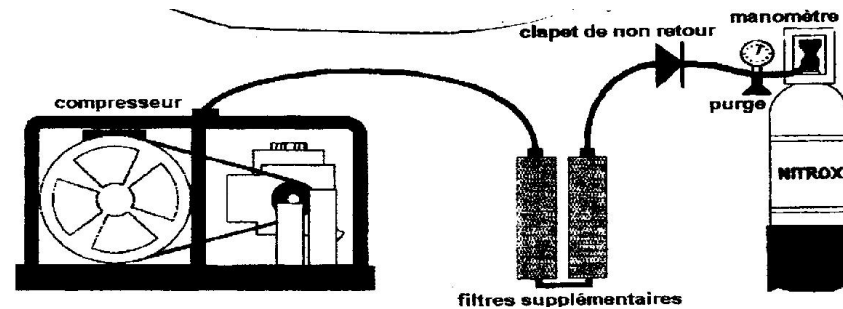
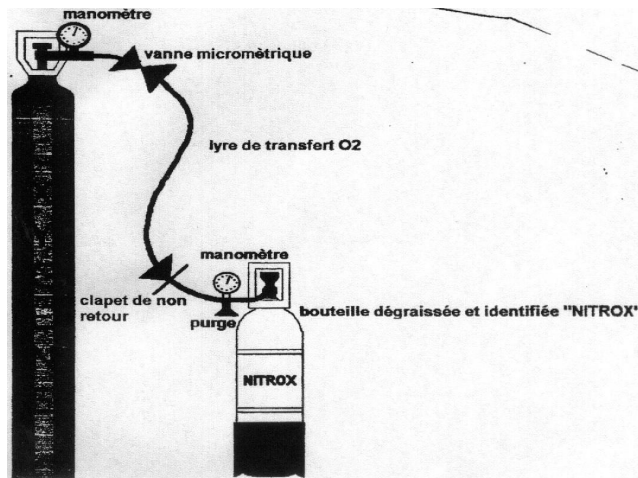
PLONGEE NITROX

Fabrication



Méthode de fabrication des mélanges suroxygénés

- Mélange par pression partielle
- Mélange par flux continu
- Mélange par volume continu
- Mélange par poids





PLONGEE NITROX

Fabrication



Mélange par pression partielle

- Le plus courant
- Avantage de pouvoir utiliser les tampons d'oxygène jusqu'à une basse pression.
- Attention aux traces d'huile, quand on ajoute de l'air ou du Nitrox à la suite de l'oxygène.
==> utilisation d'un surpresseur HASKEL
- Transfert à 5 b/min max pour éviter les échauffements. Flexibles spéciaux
- Attendre 24 h pour l'homogénéisation.

Mélange par Pressions Partielles

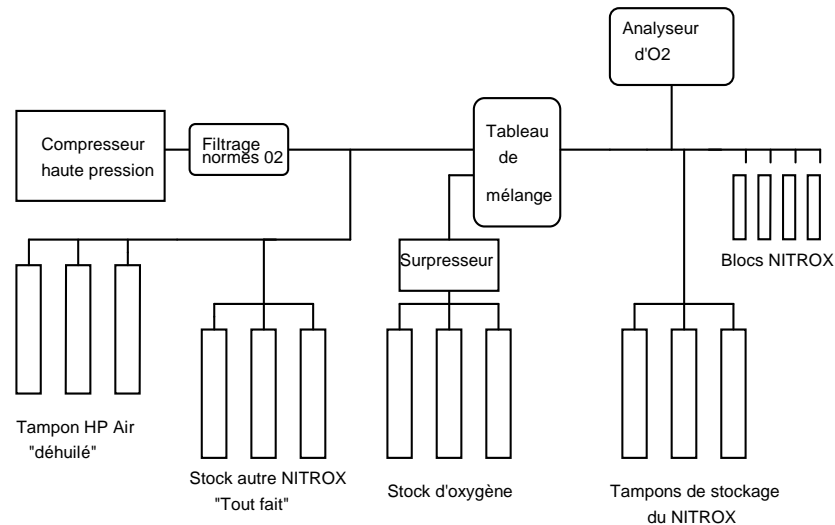
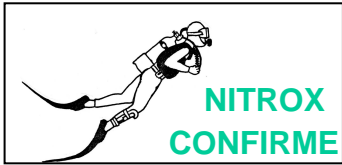


Tableau de mélange

- Vannes 1/4 de tour
- Manomètres
- Clapets anti-retour





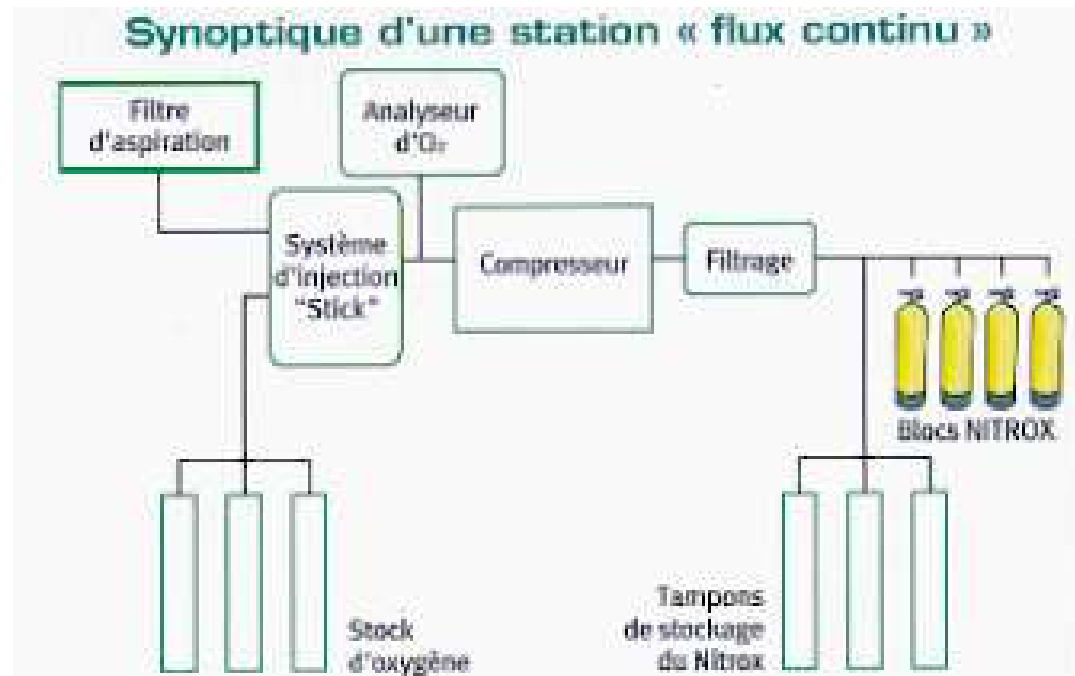
PLONGEE NITROX

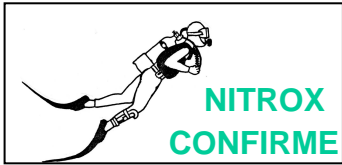
Fabrication



Mélange par flux continu

- Très utilisé aux USA.
- Avantage, pas besoin d'attendre 24 h pour l'homogénéisation.
- Ajustement de la concentration en temps réel.
- On peut utiliser les réserves d'O₂ jusqu'au bout car on injecte à la pression atmosphérique.
- Utilisation d'O₂ liquide ==> Coût bas





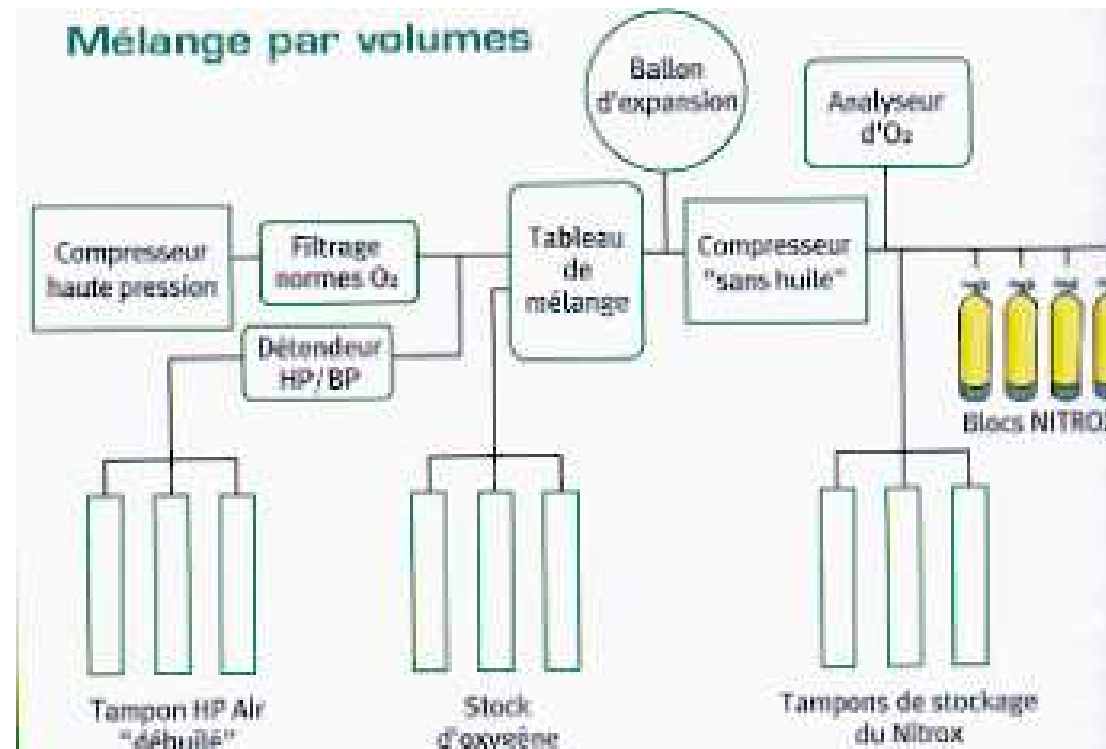
PLONGEE NITROX

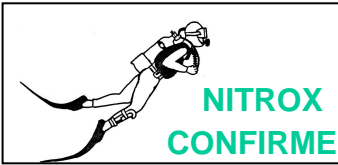
Fabrication



Mélange par volume

- Méthode peu utilisée.
- On travaille à la pression atmosphérique.
- Nécessité d'avoir une grande chambre d'expansion.
- La compression intervient après.
- On peut utiliser les réserves d'O₂ jusqu'au bout car on injecte à la pression atmosphérique.
- Avantage: mélange de grande précision





PLONGEE NITROX Fabrication

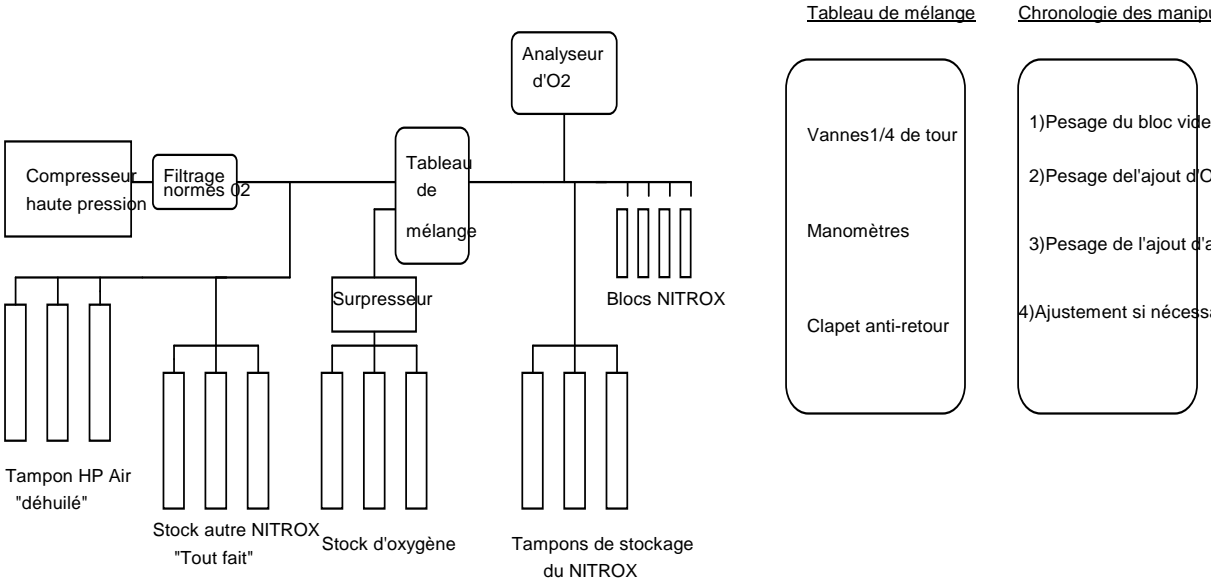


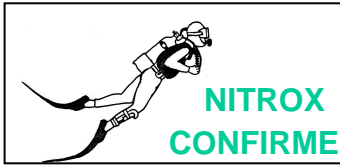
François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

Mélange par poids

- Méthode complexe à mettre en œuvre (calcul).
- Le bloc est pesé.
- Nécessité de correction liées au coefficient de compressibilité car nous ne sommes pas en présence de gaz parfaits.
- La méthode devient d'autant plus délicate à mettre en œuvre, que l'on travaille à pression élevée.
- Pas facile à utiliser en plongée sportive.

Mélange par poids





PLONGEE NITROX

Fabrication



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226

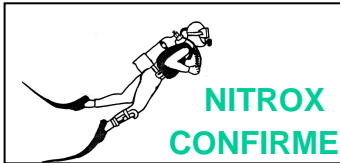


Les filtres

- Il faut un haut degré de filtration des huiles du compresseur
- C'est soit un filtre global à la sortie du compresseur
- Soit un filtre individuel à l'extrémité de chaque flexible de remplissage des blocs

La lyre de transfert

- C'est un segment constitué d'une portion de circuit avec une vanne
- Elle permet de relier le bloc à une B50



PLONGEE NITROX



LA FICHE DE GONFLAGE ET D'ANALYSE

- Elle est obligatoirement servie à l'issue du gonflage.
- Elle est attachée ou collée au bloc
- Elle doit comporter les éléments suivants:
 - Date de fabrication du mélange
 - Nom du technicien qui a assuré le gonflage et sa signature.
 - La nature du Nitrox (concentration nominale et mesurée)
 - La profondeur maximale permise avec ce Nitrox
 - La pression de chargement du bloc

LE CAHIER DE GONFLAGE

- Il reprend les mêmes éléments que sur la fiche.
- Il est signé par le technicien qui a assuré le gonflage.





PLONGEE NITROX

Formules et calculs



Première méthode de calcul :

- Pour définir la pression d'O² à mettre dans un bloc vide, on peut choisir sans réfléchir d'appliquer la formule suivante :

$$PO_2 = (\%O_2 - 21) \times P_{fin} / 79$$

- PO₂ est la pression qu'il faut mettre dans une bouteille pour obtenir le NITROX désiré
- %O₂ est le pourcentage de O₂ dans le NITROX désiré
- P_{fin} est la pression totale à la fin du gonflage (en général 200b)

Puis on complète avec de l'air jusqu'à obtention de la pression P_{fin} désirée.

Exemple :

On veut 200 bar de NITROX 40/60,

Il faut mettre : $(40 - 21) \times 200 / 79 = 48$ bar d'O₂

Puis : $200 - 48 = 152$ bar d'air filtré

Remarque le volume n'intervient pas (définition des pressions partielles la pression qui règnerait si le gaz occupait seul tout le volume quelque soit ce volume)

Deuxième méthode de calcul - "J'ai, je veux" :

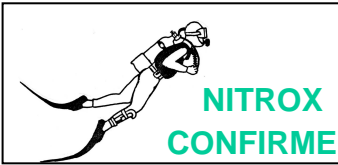
Tout l'azote va venir :

- De ce qu'il y a dans la bouteille à l'origine
- De l'air que l'on rajoute

Alors que l'O₂ vient :

- De ce qu'il y a dans la bouteille à l'origine
- De l'O₂ rajouté,
- De l'air rajouté (21%)

On va donc baser le raisonnement sur la pression d'azote à rajouter et déduire la pression d'O₂ par différence



PLONGEE NITROX

Formules et calculs



Méthode "J'ai, je veux" - Exemple 1 :

J'ai une bouteille vide,

Je veux 200 bar de Nitrox 40/60

- Soit : $200 \times 60\% = 120$ bar d'azote
- Il me faut donc : $120/0,79 = 152$ bar d'air
- Il me manque : $200 - 152 = 48$ bar d'O₂

On retrouve la valeur donnée par la formule précédente.

Méthode "J'ai, je veux" - Exemple 2 :

J'ai une bouteille vide,

Je veux 200 bar de Nitrox 32/68

- Soit : $200 \times 68\% = 136$ bar d'azote
- Il me faut donc : $136/0,79 = 172$ bar d'air
- Il me manque : $200 - 172 = 28$ bar d'O₂

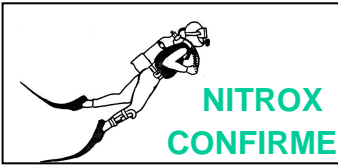
Méthode "J'ai, je veux" - Exemple 3 :

J'ai 36 bar de Nitrox 32/68,

J'ai $36 \times 68\% = 24,5$ bar d'azote

Je veux 200 bar de Nitrox 32/68

- Soit : $200 \times 68\% = 136$ bar d'azote
- Il me manque donc : $136 - 24,5 = 111,5$ bar d'azote
- Il me faut donc : $111,5/0,79 = 141,1$ bar d'air
- Il me manque : $200 - (141,1+36) = 22,9$ bar d'O₂



PLONGEE NITROX

Formules et calculs



Enrichir un mélange :

J'ai 36 bar de Nitrox 32/68,

J'ai $36 \times 68\% = 24,5$ bar d'azote

Je veux 200 bar de Nitrox 38/62

- Soit : $200 \times 62\% = 124$ bar d'azote
- Il me manque donc : $124 - 24,5 = 99,5$ bar d'azote
- Il me faut donc : $99,5/0,79 = 126$ bar d'air
- Il me manque : $200 - (126+36) = 38$ bar d'O₂

Appauvrir un mélange :

J'ai 36 bar de Nitrox 36/64,

J'ai $36 \times 64\% = 23$ bar d'azote

Je veux 200 bar de Nitrox 32/68

- Soit : $200 \times 68\% = 136$ bar d'azote
- Il me manque donc : $136 - 23 = 113$ bar d'azote
- Il me faut donc : $113/0,79 = 143$ bar d'air
- Il me manque : $200 - (143+36) = 21$ bar d'O₂



PLONGEE NITROX Les ordinateurs



Les ordinateurs de plongée

- Permettent de programmer le mélange.
- La profondeur affichée est toujours la profondeur réelle.
- Les paliers sont toujours affichés de 3 m en 3 m ou en continu.
- Prise en compte de la toxicité de l'Oxygène (Compteur SNC) ou OTU.
- L'ordinateur calcul différemment, il raisonne en paliers successifs.
- Il y a plus de risques d'accidents, ne pas faire de multiples niveaux en plongée Nitrox.
- Jamais dérapier et dépasser la profondeur maximale prévue d'être atteinte sinon tout le monde remonte.
- A 1.50m de différence on peut changer les paramètres du simple au double.
- Il faut assurer d'effectuer sa plongée en profil carré.





PLONGEE NITROX ANNEXES



Procédure de dégraissage

Démontage

- Premier nettoyage au pinceau dans un bain de trichloroéthane 111 (élimination des graisses).
- Inspection visuelle sous loupe éclairante. Correction des défauts et retour au stade 1 si nécessaire.
- Second nettoyage dans un bain de Trifluorotrchloroéthane (Fréon) en cuve à ultra sons.
- Troisième nettoyage dans un bain neuf en cuve à ultra sons.

Remontage

- L'opérateur doit avoir de vêtements propres, mains soigneusement lavées, outils dégraissés.
- Immédiatement après le troisième nettoyage, les pièces sont séchées. Les parties en friction sont graissées avec de la graisse Krystox 250 AC pour éviter le grippage.
- Les joints avec de la graisse spéciale oxygène (VOLTALÉF par exemple)





PLONGEE NITROX

Sécurité oxygène



DANGERS DE L'O₂

- C'est le comburant idéal, il est délicat à manipuler
- Interdiction formelle de fumer, de produire des étincelles, des flammes ou de faire du feu à proximité
- Danger d'explosion (graisses, oxydation)
- Danger de combustion (auto-combustion, certains métaux)

SECURITE = METHODE + RIGUEUR

CONSIGNES DE SÉCURITÉ O₂

- Compression adiabatique :

Lorsqu'un gaz est rapidement comprimé sans échange de chaleur sa température s'élève.

Dans notre cas, l'ouverture brutale d'une vanne rapide peut donner à l'O₂ une vitesse de circulation supersonique. Cette vitesse entraînera une compression rapide dès la première restriction qui peut augmenter considérablement la T° du gaz. On peut atteindre rapidement le point d'auto inflammation de l'O₂ et des matériaux utilisés (flexibles, joints, etc ...).

Par exemple, si avec une vanne ¼ de tour on gonfle à l'O₂ un bloc vide à 150 bar, on atteindra les 600°C

CONSIGNES DE SÉCURITÉ O₂

- Compression adiabatique :

Pour éviter les risques d'inflammation et d'explosion liés à l'utilisation de l'O₂, il faut respecter les règles suivantes :

- Utiliser de faibles débits, de l'ordre de 5 b/min (mesure à réaliser avec une montre et un manomètre)
- Utiliser des flexibles de petite section
- Utiliser vannes dites « pointeau »

Usage de vannes ¼ de tour strictement interdit



PLONGEE NITROX

Sécurité oxygène



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226



CONSIGNES DE SÉCURITÉ O2

Compatibilité des matériels et des circuits :

Pour éviter les risques d'inflammation et d'explosion liés à l'utilisation de l'O₂, il faut respecter les règles suivantes :

- Utiliser des graisses compatible O₂
- interdites : les graisses avec du Silicone
- autorisées : Fomblin, Voltalef, Krytox
- Utiliser flexibles, joints et pièces métalliques compatibles
- flexibles : polymères, Teflon gainé Inox (PVC interdits)
- Joints toriques : Viton, EPDF (vert, rose, rouille)
- Métaux : Laiton, Cuivre, Inox (aciers interdits)

Propreté et Nettoyage :

Particules : acide phosphorique dilué à 10% ou bac à ultrasons

Rouille : acide phosphorique dilué à 10% ou bac à ultrasons

Huile: détergent à 60°C (TEEPOL)

Silicone: Solvant chloré (non pétrolier) de type trichloreéthane ou perchloréthylène (sont interdits trichloréthylène, fréon, halon, eau oxygénée)

Entretien et vieillissement des matériaux :

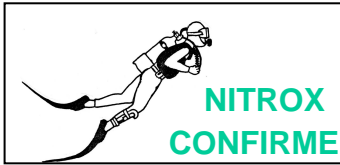
Les matériels utilisés doivent être rigoureusement propres. Pour ce faire ils doivent être régulièrement entretenus, nettoyés et dégraissés.

Les joints doivent être changés régulièrement.

L'ensemble doit être stocké précautionneusement.

Récapitulatif :

- Interdiction de fumer et de feu,
- Compression adiabatique,
- Compatibilité du matériel et des circuits,
- Propreté et nettoyage de l'ensemble,
- Entretien et vieillissement des matériaux.



PLONGEE NITROX

Les circuits O²



Principe général de fabrication (rappel) :

Méthode des pressions partielles ou encore à la lyre de transfert

- On introduit une quantité x d'O² que l'on calcule en fonction de ce que l'on a dans le bloc et de ce que l'on veut avoir en fin du chargement dans le bloc.
- On complète à l'air en passant au travers d'un sur-filtre spécial qui permet d'obtenir une teneur en huile dans l'air inférieure à 0,1 mg/ m³.

Chaque flexible reliant l'un ou l'autre des éléments suivants constitue un segment :

- Vanne, vanne pointeau,
- Filtre,
- Clapet,
- Manomètre,
- Détendeur

Un clapet de surpression ne crée pas de segment.

La vanne ¼ de tour est interdite dans les circuits O₂



PLONGEE NITROX

Les règles de remplissage



Principe de remplissage avec l'O² :

On pressurise l'ensemble des flexibles segment par segment en allant de l'élément fournissant le gaz à remplir (B50 d'O² ou tampons air par exemple) vers l'élément (bloc) à remplir selon le sens naturel de remplissage.

Débits autorisés :

5 à 10 bar par minute pour l'O₂ et l'air

Règles de remplissage

Manipuler toutes les vannes avec 2 ou 3 doigts

Tous les segments sont fermés, on va pressuriser segment par segment:

- Ouvrir la vanne de la B50, puis la fermer
- Ouvrir la vanne pointeau, puis la fermer,
- Ouvrir la vanne de la B50
- Ouvrir la vanne pointeau
- Ouvrir la bouteille à remplir

Compléter à l'air en ajoutant le sur filtre

Être au calme et dégager l'espace pour éviter toute erreur.



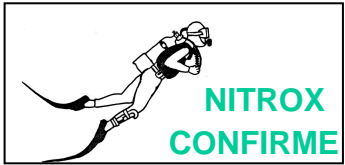
PLONGEE NITROX



Bibliographie

- **Manuel de Plongée au Nitrox**
 - **J.L. BLANCHARD**
J.Y. KERSALE
 - **Ouvrage de référence FFESSM**
- **Jean-francois André Nitrox et recycleur Hipponconsulting**





PLONGEE NITROX



François GILARDIN MF1 N°16573 Moniteur NITROX N°3226



Je vous remercie
de votre attention
F.GILARDIN