



LA QUALIFICATION PLONGEUR NITROX CONFIRME

CONDITIONS DE CANDIDATURE

- Ce n'est pas un brevet mais une qualification
- Il faut :
 - avoir une licence FFESSM en cours de validité
 - être âgé de 16 ans au moins
 - être titulaire du niveau 2 minimum ou un niveau équivalent
 - être plongeur Nitrox ou avoir une qualification équivalente
 - avoir effectué au moins 10 plongées à l'air dans la zone de 30-40 m validées sur le carnet de plongée
 - avoir effectué 6 plongées au Nitrox dont au moins 4 pendant la formation
 - avoir un certificat médical de moins d'un an



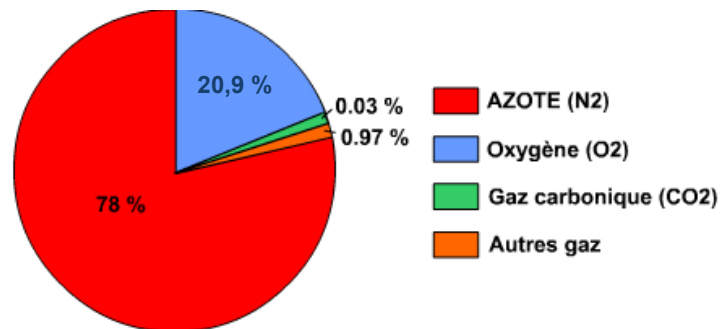
LA QUALIFICATION PLONGEUR NITROX CONFIRME

- **Plongeur Nitrox Confirmé**
 - Utilisation de tous les mélanges Nitrox
 - Utilisation de l'oxygène pur en décompression
 - Même prérogative qu'à l'air concernant l'organisation et le déroulement de la plongée



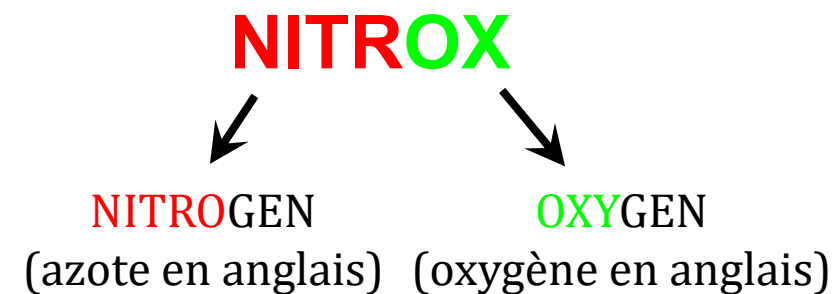
RAPPEL - C'EST QUOI LE NITROX ?

• Composition de l'air



Pour simplifier

- 20,9% d'O₂
- 79% de N₂



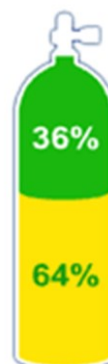
Nitrox = Mélange enrichi en oxygène (O₂ > 20,9 %)

• Convention pour la désignation des mélanges nitrox : X/Y ou EANX

- X pourcentage d'oxygène
- Y pourcentage d'azote

Un Nitrox 36/64 ou EAN36 contient :

- 36 % d'oxygène
- 64% d'azote



EAN pour Enriched Air Nitrox

RAPPEL - AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS DU NITROX

- **Avantages liés à la plongée au nitrox**

En augmentant la quantité d'O₂, on réduit la quantité d'azote, ainsi le nitrox permet :

- de diminuer la saturation
- de diminuer les paliers ou, en faisant les paliers air quand même, plus de sécurité
- de diminuer la fatigue post-plongée
- de diminuer les risques d'accident de désaturation pour un même profil qu'à l'air
- de diminuer le risque de narcose
- de diminuer le délai avant de prendre l'avion
- de réduire la consommation d'environ 10%

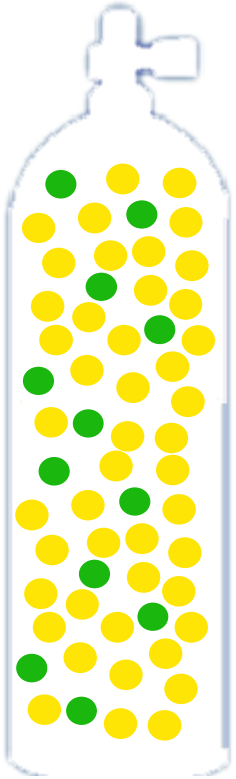


- **Inconvénients liés à la plongée au nitrox**

- au delà d'une certaine profondeur l'O₂ devient toxique, plus la quantité d'O₂ est élevée, plus cette profondeur est faible (Hyperoxie)
- la fabrication du mélange demande une grande attention et un matériel spécifique
- le matériel doit être spécifique nitrox
- la plongée est plus chère



RAPPEL – LA LOI DE DALTON



- Pression du mélange = somme de la pression de chaque gaz qui le compose (somme des pressions partielles)

$$P_{\text{air}} = P_{\text{pO}_2} + P_{\text{pN}_2}$$

P_{pO_2} : pression partielle de l'oxygène

P_{pN_2} : pression partielle de l'azote

P_{p} d'un gaz = % de ce gaz x Pression du mélange

- Si la pression augmente alors les P_{p} augmentent

RAPPEL – LA LOI DE DALTON

- Pression partielle d'O₂ en bars en fonction de la profondeur en mètres

Pression partielle d'O ₂ (bars) en fonction de la profondeur					
Profondeur (m)	Pression ATA (bars)	PpO ₂ Air	PpO ₂ Nitrox 32/68	PpO ₂ Nitrox 36/64	PpO ₂ Nitrox 40/60
0	1	0,21	0,32	0,36	0,40
5	1,5	0,32	0,48	0,54	0,60
10	2	0,42	0,64	0,72	0,80
15	2,5	0,53	0,80	0,90	1,00
20	3	0,63	0,96	1,08	1,20
25	3,5	0,74	1,12	1,26	1,40
30	4	0,84	1,28	1,44	1,60
35	4,5	0,95	1,44	1,62	1,80
40	5	1,05	1,60	1,80	2,00
45	5,5	1,16	1,76	1,98	2,20
50	6	1,26	1,92	2,16	2,40
55	6,5	1,37	2,08	2,34	2,60
60	7	1,47	2,24	2,52	2,80
65	7,5	1,58	2,40	2,70	3,00

- Au delà d'une certaine profondeur l'oxygène devient toxique (hyperoxie)
 - Seuil d'hyperoxie retenu par le code du sport : **Pp d'O₂ maxi = 1.6 b**
- ⇒ Le mélange Nitrox utilisé nous limitera à une profondeur maximum à ne pas dépasser correspondant à 1,6b atteint.
- La FFESSM préconise une PpO₂ max de 1,5 b, c'est même 1,4 b dans certains pays.

RAPPEL - LA PMU (MOD)

- La PMU : Profondeur Maximum d'Utilisation (MOD : Maximum Operating Depth en anglais)

$$P_{abs\ max} = P_{pO_2\ max} / \%O_2\ \text{du Nitrox}$$

Exemple avec un nitrox 40/60, on ne dépassera pas :

$$\text{Profondeur max : } 1,6 / 40\% = 1,6 / 0,4 = 4b \text{ soit } \mathbf{30\ m}$$

Profondeur Maxi / % d'O2				
Profondeur en m	AIR	Nitrox 32/38	Nitrox 36/64	Nitrox 40/60
0				
10				
20				
30			-34	-30
40		-40		
50				
60				
70	-66			

RAPPEL – MÉLANGE LE PLUS ADAPTÉ

Afin de planifier sa plongée on peut prévoir le mélange le mieux adapté à la profondeur du site :

$$P_{abs\ max} = P_{pO_2\ max} / \%O_2\ \text{du Nitrox}$$

Donc
$$\%O_2\ \text{du nitrox} = (P_{pO_2\ max} / P_{abs\ max}) \times 100$$

Exemple : mélange le mieux adapté pour une plongée à 32m ($P_{pO_2\ max} = 1,6b$)

$$\%O_2\ \text{du nitrox} = (1,6 / 4,2) \times 100 = 38,1\%$$

Nous choisirons donc un nitrox 38/62

RAPPEL – LA PROFONDEUR EQUIVALENTE

- Le calcul de la profondeur équivalente permet de plonger au nitrox avec des tables de décompression prévues pour l'air.
- La profondeur équivalente en plongée nitrox est la profondeur pour laquelle, avec de l'air, on aurait la même pression partielle d'azote

On calcule la pression absolue équivalente air :

$$\text{Pabs Équivalente} = \text{Pabs Réelle} \times (\% \text{ N}_2 \text{ nitrox} / \% \text{ N}_2 \text{ Air})$$

Soit **$\text{Pabs Équivalente} = \text{Pabs Réelle} \times (\% \text{ N}_2 \text{ nitrox} / 0,79)$**

On en déduit la profondeur équivalente air.

RAPPEL – PROFONDEUR ÉQUIVALENTE

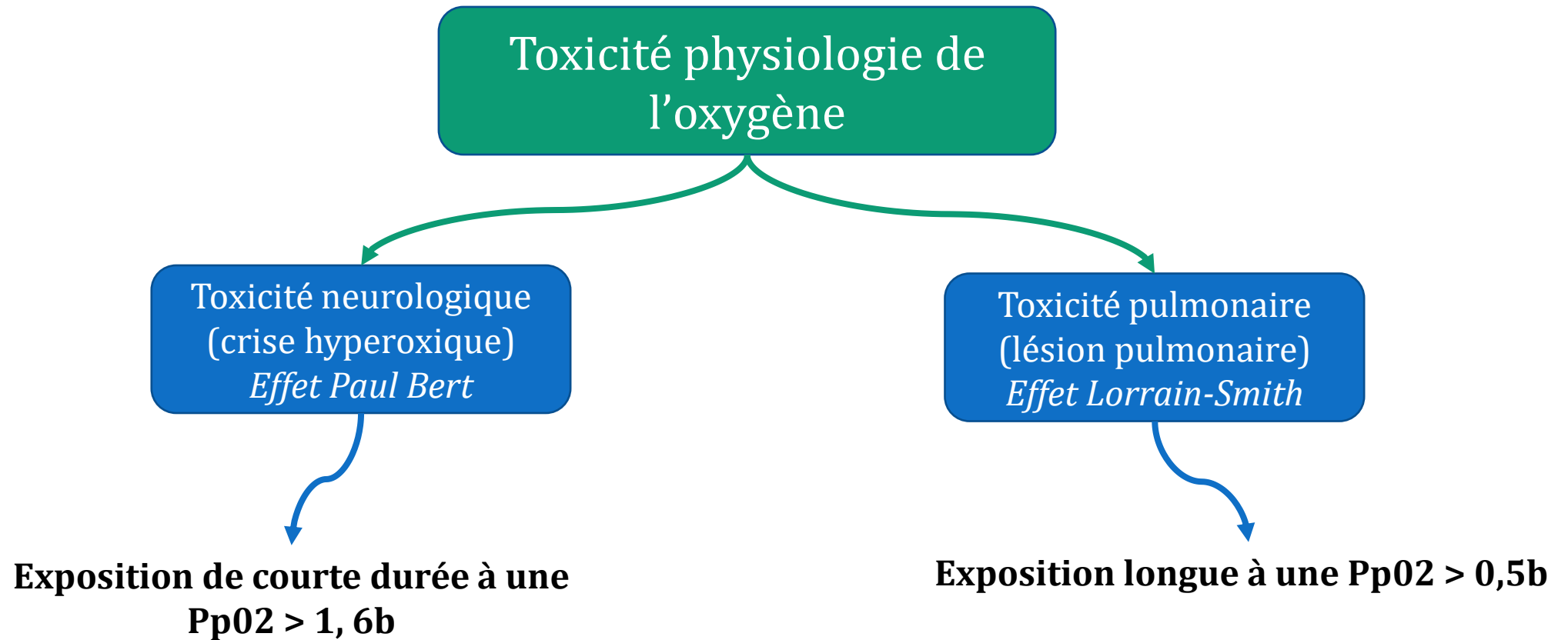
Exemple : profondeur équivalente pour une plongée à 30m avec un Nitrox 40/60

- pression à 30m = 4b
 - profondeur équivalente : $4 \times 60\%/79\% = 4 \times 0.6/0.79 = 3b$ soit 20m
- ⇒ Plonger avec un 40/60 à 30m revient à plonger à 20m à l'air

Pour calculer les paliers, on utilise la profondeur équivalente dans la table air.

TABLEAU DES PROFONDEURS EQUIVALENTES AIR			
Profondeur réelle (m)	Profondeurs équivalentes air pour MN90		
	32/68	36/64	40/60
12	10	8	8
15	12	12	10
18	15	15	12
20	18	15	15
22	18	18	15
25	22	20	18
28	25	22	20
30	25	25	22
32	28	25	
35	30		
38	32		
40	35		

LES RISQUES LIÉS À LA PLONGÉE AU NITROX



TOXICITÉ NEUROLOGIQUE ($P_pO_2 > 1,6B$) - EFFET PAUL BERT

Symptomes	Traitement	Prévention
<p>1 - Phase d'alarme Signes annonciateurs (10% des cas seulement)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Accélération de la fréquence cardiaque - Nausées, vertiges - Crampes, convulsions de la face - troubles visuels et auditifs (bourdonnement) - Euphorie, trouble du comportement <p>2 - Phase tonique (30" à 2') Contraction musculaire généralisée en extension associée à une apnée</p> <p>3 - Phase clonique (2 à 3') Convulsions (morsure de la langue, perte d'urine)</p> <p>4 - Phase de dépression (10 à 15') Retour progressif à la conscience, confusion, endormissement Sans souvenir de la crise</p> <p>Perturbation des cellules du système nerveux central pouvant entraîner des décharges incontrôlées d'impulsions nerveuses</p>	<p>L'agitation de l'accidenté présente un risque pour le sauveteur pendant la phase tonique et la phase clonique</p> <p>Risque de surpression pulmonaire pendant les phases tonique et clonique, => ne rien faire sinon maintenir la profondeur</p> <p>Attention à :</p> <ul style="list-style-type: none"> - la perte d'embout pendant la phase clonique - ne pas remonter pendant la phase tonique <p>=> Évacuation médicale si non respect des paliers</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Reconnaître les signes annonciateurs => remonter immédiatement - Respecter la limite de P_pO_2 maxi donc la profondeur maxi en fonction du mélange (ex : 30m avec un nitrox 40/60). - Limiter la durée de la plongée en fonction de la P_pO_2 (<i>table NOAA</i>) - Préconiser une P_pO_2 à 1,5b ou 1,4b et diminuer la durée surtout en cas de plongée en eau froide - Bien vérifier le % d' O_2 de son mélange

TOXICITÉ NEUROLOGIQUE ($P_pO_2 > 1,6B$) – EFFET PAUL BERT

- Durée d'exposition autorisée en fonction de la P_pO_2 déterminée en utilisant les table du NOAA
- Règles à respecter
 - Intervalle de surface à l'air
 - Intervalle de surface 2h minimum

Table non adaptée aux plongées multigaz

⇒ Utilisation du compteur SNC

TABLE DU NOAA		
National Oceanic and Atmospheric Administrations		
Pressions partielles d'O2 et durées limites d'expositions pour les plongées Nitrox		
PRESSION EN BARS ATA	SIMPLE EXPOSITION EN MN	DUREE D EXPOSITION MAX SUR 24H
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



TOXICITÉ NEUROLOGIQUE ($P_pO_2 > 1,6B$) – EFFET PAUL BERT

- **Compte SNC ou horloge O_2 (CNS clock)**

$$\%SNC = \frac{\text{durée de la plongée}}{\text{durée d'exposition (NOAA)}} \times 100$$

A l'issue d'une ou plusieurs plongées

- $50\% < \%SNC < 79\% \Rightarrow$ intervalle de surface de 45' minimum
- $80\% < \%SNC < 99\% \Rightarrow$ intervalle de surface de 2h minimum
- $\%SNC > 100\% \Rightarrow$ intervalle de surface de 12h minimum

Approche non reconnue par toutes les fédérations de plongée bien quelle soit prise en compte par la plupart des ordinateurs de plongée gérant le Nitrox.

Le %SNC diminue de moitié toutes les 90 min (50% au bout de 90 min, 75% au bout de 180 min, 87,5% au bout de 270 min...)

TOXICITÉ NEUROLOGIQUE ($P_pO_2 > 1,6B$) – EFFET PAUL BERT

- **%SNC après une plongée de 25 min au EAN30 à 35m ?**

- P_pO_2 à 35m = $4,5b \times 30\% = 1,35b$
- Durée totale table NOAA pour 1,35b => 165 min

$$\%SNC = \frac{25}{165} \times 100 = 15,16\%$$

- **%SNC après une plongée de 35 min au EAN30 à 40m et 10 min de palier à l' O_2 pur ?**

- P_pO_2 à 40m = $5b \times 30\% = 1,5b$
- P_pO_2 à 6m = $1,6 \times 100\% = 1,6b$
- Durée totale table NOAA pour 1,5b => 120 min et pour 1,6b => 45 min

$$\%SNC = \left(\frac{35}{120} + \frac{10}{45} \right) \times 100 = 51,38\%$$

TOXICITÉ NEUROLOGIQUE ($P_pO_2 > 1,6B$) – EFFET PAUL BERT

- Tables de calcul du %

CNS “CLOCK” EXPOSURE TIME TABLE



Partial Pressure of Oxygen (PO ₂)	Maximum Exposure Time in Minutes		— ACTUAL BOTTOM TIME IN MINUTES —											
	Single Dive Limit	24-Hour Limit	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60
0.6	720	720	1%	1%	2%	3%	3%	4%	5%	6%	6%	7%	8%	8%
0.7	570	570	1%	2%	3%	4%	4%	5%	6%	7%	8%	9%	10%	11%
0.8	450	450	1%	2%	3%	4%	6%	7%	8%	9%	10%	11%	12%	13%
0.9	360	360	1%	3%	4%	6%	7%	8%	10%	11%	13%	14%	15%	17%
1.0	300	300	2%	3%	5%	7%	8%	10%	12%	13%	15%	17%	18%	20%
1.1	240	270	2%	4%	6%	7%	9%	11%	13%	15%	17%	19%	20%	22%
1.2	210	240	2%	4%	6%	8%	10%	13%	15%	17%	19%	21%	23%	25%
1.3	180	210	2%	5%	7%	10%	12%	14%	17%	19%	21%	24%	26%	29%
1.4	150	180	3%	6%	8%	11%	14%	17%	19%	22%	25%	28%	31%	33%
1.5	120	180	3%	6%	8%	11%	14%	17%	19%	22%	25%	28%	31%	33%
1.6	45	150	3%	7%	10%	13%	17%	20%	23%	27%	30%	33%	37%	40%

See reverse side for important warnings • Consult SSI NITROX DIVER MANUAL for detailed instructions on use of this table.

© 1996 CONCEPT SYSTEMS, INC. • Reorder N° 2506EAN (FEET) - or - 2506M-EAN (METRES)

SSI2 • EAD/CLOCK Size • 1096 • Armo #1965

Tableau du compteur du SNC pour le Nitrox 32/68

PROF. (m)	PRESSION (ATA)	PpO ₂ (bar)	POURCENTAGE DU COMPTEUR SNC DE TOXICITE POUR le Nitrox 32/68 (Tables FFESSM)											
			Durée de la plongée (minute)											
			10	20	30	40	50	60	70	80	90	100	110	120
8	1,8	0,58	1,4	2,8	4,2	5,6	6,9	8,3	9,7	11,1	12,5	13,9	15,3	16,7
11	2,1	0,67	1,8	3,5	5,3	7,0	8,8	10,5	12,3	14,0	15,8	17,5	19,3	21,1
13	2,3	0,74	2,2	4,4	6,7	8,9	11,1	13,3	15,6	17,8	20,0	22,2	24,4	26,7
15	2,5	0,80	2,2	4,4	6,7	8,9	11,1	13,3	15,6	17,8	20,0	22,2	24,4	26,7
19	2,9	0,93	3,3	6,7	10,0	13,3	16,7	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	36,7	40,0
22	3,2	1,02	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0	29,2	33,3	37,5	41,7	45,8	50,0
24	3,4	1,09	4,2	8,3	12,5	16,7	20,8	25,0	29,2	33,3	37,5	41,7	45,8	50,0
27	3,7	1,18	4,8	9,5	14,3	19,0	23,8	28,6	33,3	38,1	42,9	47,6	52,4	57,1
30	4	1,28	5,6	11,1	16,7	22,2	27,8	33,3	38,9	44,4	50,0	55,6	61,1	66,7
34	4,4	1,41	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75,0	83,3	91,7	
36	4,6	1,47	8,3	16,7	25,0	33,3	41,7	50,0	58,3	66,7	75,0	83,3	91,7	
38	4,8	1,54	22,2	44,4	66,7	88,9								
40	5	1,60	22,2	44,4	66,7	88,9								



TOXICITÉ PULMONAIRE - EFFET LORRAIN-SMITH

- **Effet Lorrain-Smith**

Irritation des alvéoles pulmonaires par l'O₂ entraînant un dysfonctionnement de l'échange d'oxygène au niveau des poumons entraînant une hypoxie.


- **Conditions d'apparition**

- Apparition lente et progressive lors de longues expositions à une PpO₂ > 0,5b (entre 2 et 6h)
- Disparaît si PpO₂ < 0,5b

Ne concerne pas la plongée à l'air mais doit être prise en compte pour :

- l'oxygénothérapie hyperbare
- les plongées / paliers prolongés en hyperoxie
- les plongées à saturation

TOXICITÉ PULMONAIRE - EFFET LORRAIN-SMITH

Symptomes	Traitement	Prévention
 <p>Toux d'intensité croissante avec la durée d'exposition</p> <p>Œdème pulmonaire</p> <p>Broncho pneumonie réversible</p> <p>Les symptômes les plus sévères apparaissent après 8 à 10h d'exposition (toux incoercible, dyspnée)</p>	<p>Les symptômes disparaissent lors du retour à une respiration à l'air</p>	<p>Limiter la durée de la plongée en fonction à 2h maximum quelque soit le % du mélange (préconisation FFESSM)</p>

TOXICITÉ PULMONAIRE - EFFET LORRAIN-SMITH

- **UPTD ou OTU**

- La dose maximal d'oxygène admissible par jour est définie par une unité de mesure UPTD (Unit of pulmonary toxic dose) ou OTU (Oxygen Toxic Unit)
- 1 OTU (ou UPTD) = exposition durant 1 min à 1 b d'O₂
- Max admis en France (plongée loisir) : 850 OTU / jour
(1 440 OTU/jour pour les pays anglo-saxons)

IANTD OTU / CNS O2 TRACKING TABLE

PO2	1 Min		5 Min		10 Min		20 Min		30 Min		40 Min		50 Min		60 Min	
	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	OTU - CNS	
0.60	0.26	0.14	1.31	0.69	2.63	1.39	5.26	2.78	7.89	4.17	10.52	5.58	13.15	6.94	15.78	8.33
0.65	0.37	0.18	1.84	0.98	3.68	1.95	7.36	3.10	11.04	4.65	14.73	6.20	18.41	7.75	22.09	9.30
0.70	0.47	0.18	2.34	0.88	4.67	1.75	9.35	3.51	14.02	5.26	18.70	7.02	23.37	8.77	28.05	10.53
0.75	0.56	0.20	2.81	0.98	5.63	1.96	11.25	3.92	16.88	5.86	22.50	7.84	28.13	9.50	33.75	11.78
0.80	0.65	0.22	3.27	1.11	6.54	2.22	13.09	4.44	19.63	6.57	26.18	8.89	32.72	11.11	38.27	13.33
0.85	0.74	0.25	3.72	1.23	7.44	2.47	14.88	4.94	22.31	7.41	29.75	9.88	37.19	12.30	44.63	14.81
0.90	0.83	0.28	4.15	1.39	8.31	2.79	16.62	5.56	24.93	8.33	33.24	11.11	41.55	13.89	49.86	16.67
0.95	0.92	0.30	4.58	1.52	9.16	3.03	18.33	6.06	27.49	9.09	36.65	12.12	45.81	15.15	54.98	18.18
1.00	1.00	0.33	5.00	1.67	10.00	3.33	20.00	6.67	30.00	10.00	40.00	13.33	50.00	16.67	60.00	20.00
1.05	1.08	0.37	5.41	1.85	10.82	3.70	21.65	7.41	32.47	11.11	43.29	14.81	54.12	18.52	64.94	22.22
1.10	1.16	0.42	5.82	2.08	11.63	4.17	23.27	8.33	34.90	12.50	46.54	16.67	58.17	20.83	69.80	25.00
1.15	1.24	0.44	6.22	2.19	12.43	4.39	24.87	8.77	37.30	13.16	49.73	17.54	62.16	21.90	74.60	26.32
1.20	1.32	0.48	6.61	2.36	13.22	4.76	26.44	9.52	39.67	14.29	52.89	19.05	66.11	23.81	79.33	28.57
1.25	1.40	0.51	7.00	2.56	14.00	5.13	28.00	10.26	42.00	15.38	56.00	20.51	70.00	25.04	84.01	30.77
1.30	1.48	0.56	7.39	2.78	14.77	5.56	29.54	11.11	44.31	16.67	59.09	22.22	73.86	27.78	88.63	33.33
1.35	1.55	0.61	7.77	3.03	15.53	6.06	31.07	12.12	46.50	18.18	62.13	24.24	77.67	30.30	93.20	36.36
1.40	1.63	0.67	8.14	3.33	16.29	6.67	32.58	13.33	48.88	20.00	65.15	26.67	81.44	33.33	97.73	40.00
1.45	1.70	0.72	8.52	3.62	17.04	7.25	34.07	14.49	51.11	21.74	68.14	28.99	85.18	36.23	102.2	43.48
1.50	1.78	0.83	8.89	4.17	17.78	8.33	35.55	16.67	53.33	25.00	71.11	33.33	88.88	41.67	106.6	50.00
1.55	1.85	1.11	9.26	5.58	18.51	11.11	37.02	22.22	55.53	33.33	74.05	44.44	92.56	55.56	111.1	66.67
1.60	1.92	2.22	9.62	11.11	19.24	22.22	38.48	44.44	57.72	66.67	76.96	88.89	96.20	111.1	115.4	133.3

OTU's ARE TRACKED IN UNITS. CNS O2 IS TRACKED IN PERCENT OF CLOCK. IF DIVE EXCEEDS 60 MINUTES, SUBTRACT 60 FROM TOTAL DIVE TIME, RE-ENTER CHART FOR TIME IN EXCESS OF 60 MINUTES AND ADD THAT VALUE TO 60 MINUTE VALUE.
 COPYRIGHT 2003 IAND, INC. / REPETITIVE DIVER, INC. WWW.IANDT.COM C-3201

PpO2 maximale lors de plongée.	UPTD ou OTU par ' d'immersion
0.50 bar	0.00
0.55 bar	0.15
0.60 bar	0.27
0.65 bar	0.37
0.70 bar	0.47
0.75 bar	0.56
0.80 bar	0.65
0.85 bar	0.74
0.90 bar	0.83
0.95 bar	0.92
1.00 bar	1.00

PpO2 maximale lors de plongée.	UPTD ou OTU par ' d'immersion
1.05 bar	1.08
1.10 bar	1.16
1.15 bar	1.24
1.20 bar	1.32
1.25 bar	1.40
1.30 bar	1.48
1.35 bar	1.55
1.40 bar	1.63
1.45 bar	1.70
1.50 bar	1.78
1.55 bar	1.85
1.60 bar	1.92



TOXICITÉ PULMONAIRE - EFFET LORRAIN-SMITH

- **OTU après une plongée de 25 min au EAN30 à 35 m le matin et une plongée de 45 min à 20 m au EAN40 l'après-midi ?**

- **Matin :** $P_pO_2 \text{ à } 35 \text{ m} = 4,5b \times 30\% = 1,35b$

$$\text{OTU} : 1,55 \times 25 = 38,75$$

- **Après-midi :** $P_pO_2 \text{ à } 20 \text{ m} = 3b \times 40\% = 1,2b$

$$\text{OTU} : 1,32 \times 45 = 59,4$$

Total OTU pour la journée = 98,15 loin du maxi admissible par jour !

TOXICITÉ PULMONAIRE - EFFET LORRAIN-SMITH

- OTU admissibles sur plusieurs jours Compteur**

Pour des plongées Nitrox sur plusieurs jours, utilisation des tables REPEX pour définir l'OTU max admissible.

Table REPEX

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	

TOXICITÉ PULMONAIRE - EFFET LORRAIN-SMITH

- OTU après 3 jours de croisières avec une plongée de 40 min au EAN30 à 35 m le matin, une plongée de 60 min à 20 m au EAN40 l'après-midi et une plongée de 60 min à 10 m le soir au EAN40 ?

- Matin : P_pO_2 à 35 m = 4,5b x 30% = 1,35b

OTU : 1,55 x 40 = 62

- Après-midi : PPO_2 à 20 m = 3b x 40% = 1,2b

OTU : 1,32 x 60 = 79,2

- Soir : PPO_2 à 10 m = 2b x 40% = 0,8b

OTU : 0,65 x 60 = 39

Total OTU J1 : 180,2 < 850

Total OTU J2 : 180,2 < 700

Total OTU J3 : 180,2 < 620

Total des 2 1^{er} jours = 360,4 < 1400

Total pour les 3 jours : 540,6 < 1 860



LES MOYENS DE DÉCOMPRESSION

- **Tables ou ordinateur air**

- Utilisation des paramètres de plongée air avec un mélange Nitrox
 - ⇒ Sécurité accrue (paliers plus longs que ceux préconisés au Nitrox)
- Ne pas dépasser 2h d'immersion
- Ne prend pas en compte les seuils de toxicité de l'oxygène (%SNC et OTU)

- **Tables ou ordinateur air avec calcul profondeur équivalente**

- Nécessite de calculer la profondeur équivalente
- Permet de profiter des avantages du Nitrox
- Ne pas dépasser 2h d'immersion
- Ne prend pas en compte les seuils de toxicité de l'oxygène (%SNC et OTU)



LES MOYENS DE DÉCOMPRESSION

- **Tables Nitrox**

- Tables fonction du mélange utilisée : 32/68, 30/70...
- Utilisation des tables Nitrox comme les tables air en fonction de la profondeur et de la durée de la plongée
- Permet de profiter des avantages du Nitrox



LES MOYENS DE DÉCOMPRESSION

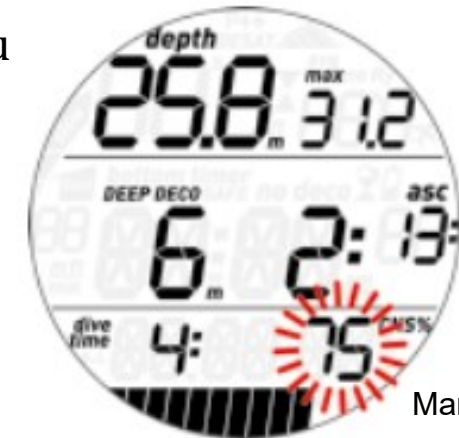
- **Ordinateur Nitrox**

- Un ordinateur Nitrox affiche la profondeur réelle
- Il calcule les pressions partielles d'azote auxquelles le plongeur est soumis durant la plongée pour afficher la décompression adaptée.
- Il doit être configuré avant chaque plongée, avec :
 - Le type de nitrox utilisé : %O₂
 - La pression partielle d'O₂ maximale à ne pas dépasser (1.4b, 1,5b ou 1,6b)
 - ⇒ indique la profondeur maximale à ne pas dépasser
- Des alarmes se manifestent en cas de dépassement de la profondeur maxi ou de la PpO₂maxi
- Gestion de la charge toxique d'O₂ (%SNC)
- Permet la gestion du multigaz en plongée

Scubapro G2

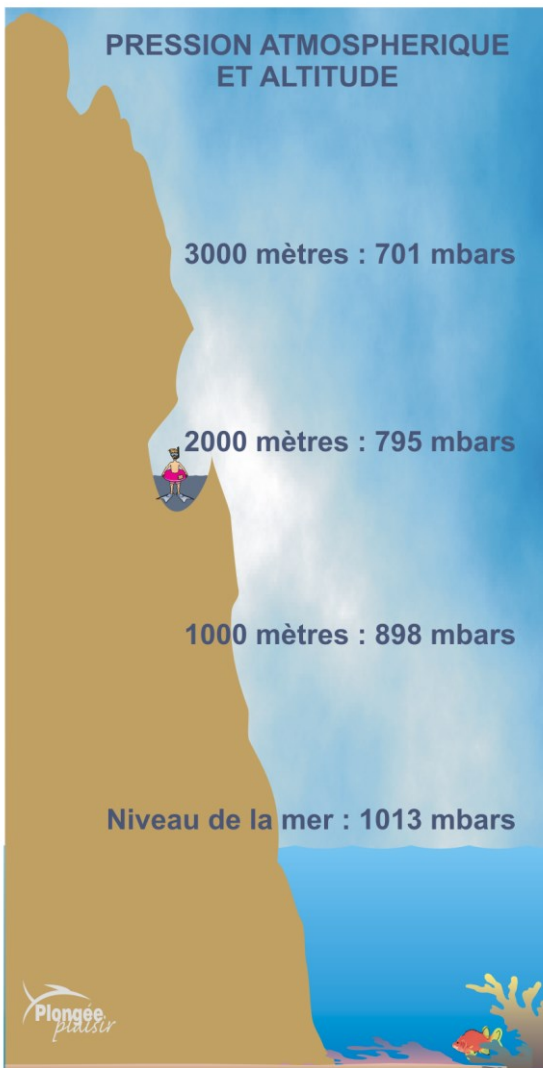


Suunto Vyper



Mares Puck pro

LA PLONGÉE EN ALTITUDE AU NITROX



- La pression atmosphérique est différente en fonction de l'altitude
 - Environ 1b au niveau de la mer, soit 3b à 20m => *Pression x 3*
 - Environ 0,7b à 3 000 m soit 2,7b à 20m => *pression x 3, 8*
- Plonger à 20m dans un lac à 3 000m d'altitude, reviens à plonger à 28m en mer !

$$\frac{\text{Pression ambiante lac (en bar)}}{\text{Pression atmosphérique du lac (en bar)}} = \frac{\text{Pression ambiante mer (en bar)}}{\text{Pression atmosphérique mer (en bar)}}$$

- Calcul de la profondeur fictive pour pouvoir utiliser les tables de décompression à l'air

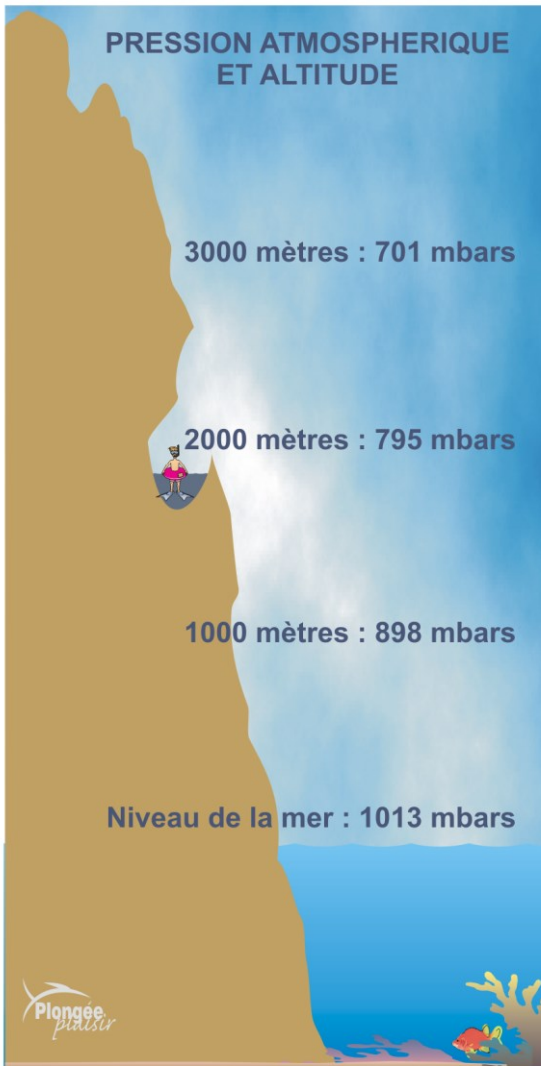
$$\text{Profondeur fictive (en mètre)} = \frac{\text{Profondeur lue (en mètre)}}{\text{Pression atmosphérique du lac (en bar)}}$$

La profondeur des paliers est aussi à recalculer.

LA PLONGÉE EN ALTITUDE AU NITROX

- Calcul de la vitesse de remontée

$$\text{Vitesse de remontée lac (en m/min)} = \text{vitesse remontée table} \times \frac{\text{Pression atmosphérique du lac (en bar)}}{\text{Pression atmosphérique mer(en bar)}}$$



LA PLONGÉE EN ALTITUDE AU NITROX

- **Calculer la profondeur équivalente lors d'une plongée à 22m dans un lac à 1 000m avec un EAN36 pour pouvoir utiliser une table MN90**

- Profondeur fictive = $\frac{22 \text{ m}}{0,898b} = 24,5 \text{ m}$ Vitesse de remontée = $17 \times \frac{0,898b}{1b} = 15,2 \text{ m/min}$
- PAE = $3,45b \times \frac{0,64}{0,79} = 2,79b$ soit 18m

- **Calculer la PMU dans un lac à 1 000m avec un EAN36**

- PMU EAN36 : $\frac{1,6b}{36\%} = 4,44b$ soit 35m en lac.

L'utilisation du Nitrox en altitude :

- Permet de plonger plus profond avec le même mélange par rapport à la mer
- Permet d'utiliser un mélange plus riche

Penser à calibrer l'analyseur d'O₂.

LA PLONGÉE EN ALTITUDE AU NITROX

- Les ordinateurs de plongée prennent en compte l'altitude (*généralement besoin d'un paramétrage manuel*)

Tableau 4.4. Réglages du paramètre d'altitude

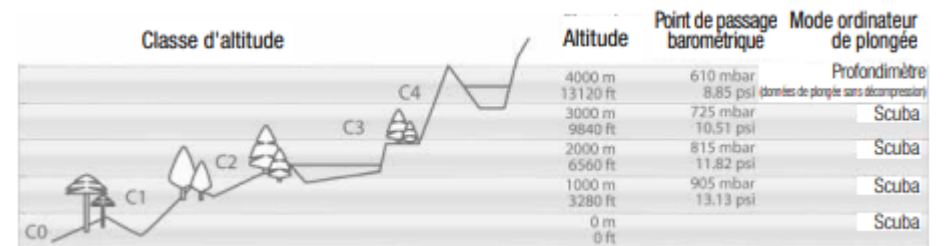
Valeur du paramètre d'altitude	Symbole affiché	Plage d'altitude
A0	~~~~~	0-300 m / 0-1000 ft
A1	▲	300-1500 m / 1000-5000 ft
A2	▲▲	1500 - 3000 m (5000 - 10 000 ft)

Suntoo Vyper



Mares Puck pro

- **A0** : depuis le niveau de la mer jusqu'à environ 700 m/2300 pieds
- **A1** : depuis environ 700 m/2300 pieds jusqu'à environ 1500 m/4900 pieds
- **A1** : depuis environ 1500 m/4900 pieds jusqu'à environ 2400 m/7900 pieds
- **A3** : depuis environ 2400 m/7900 pieds jusqu'à environ 3400 m/12100 pieds
- Nous ne vous conseillons pas de plonger à des altitudes supérieures à 3700 m/12100 pieds. Si vous deviez cependant le faire, réglez votre Puck Pro en mode **profondimètre** (« bottom timer ») et trouvez les tables de plongée en altitude correspondantes.



Scubapro G2



LA DÉCOMPRESSION À L'O₂ ET PLONGÉE MULTIGAZ

La qualification plongeur Nitrox confirmé permet de plongée avec plusieurs gaz et d'effectuer des paliers à l'oxygène pur.

- **Avantages du palier à l'O₂ pur**
 - Permet d'éliminer plus rapidement l'azote
 - Réduction de 1/3 de la durée des paliers (arrondie à la minute supérieure)
 - Besoin **d'effectuer au moins 5 min de palier** pour prendre en compte la réduction de la durée du palier
 - Ne change pas le GPS

Attention à la profondeur (6m max pour un 100%, 10 m max pour un 80%)

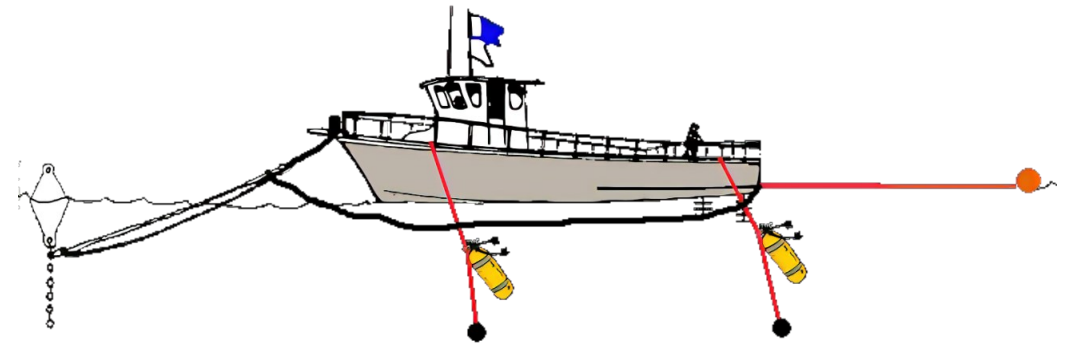
LA DÉCOMPRESSION À L'O₂ ET PLONGÉE MULTIGAZ

La qualification plongeur Nitrox confirmé permet de plongée avec plusieurs gaz et d'effectuer des paliers à l'oxygène pur.

- **Technique de palier à l'O₂ pur**

- Pendeur sous le bateau
- Narghilé avec bouteille sur le bateau
- Utilisation d'un pony (bouteille que le plongeur emporte avec lui)

} Nécessite de retrouver le bateau



LA DÉCOMPRESSION À L'O₂ ET PLONGÉE MULTIGAZ

- **Procédure de changement de mélange en cours de plongée**
 - En surface :
 - Ouvrir le robinet pour permettre la mise sous pression puis refermer le robinet **SANS PURGER**
 - Par convention, la bouteille avec le % d'O₂ le plus élevé se fixe à droite
 - Le changement s'effectue toujours à 2 plongeurs qui se surveillent mutuellement
 - Stabilisation à la profondeur préconisée pour le mélange
 - Changement de détendeur
 - Paramétrage de l'ordinateur de plongée **APRES** le changement



1 seul bloc de déco: à droite ou au centre



2 blocs de déco : le % d'O₂ le plus élevé à droite (on commence par le bloc de gauche)

LA DÉCOMPRESSION À L'O₂ ET PLONGÉE MULTIGAZ

- En cas de changement de gaz impossible, utilisation du mélange de fond pour effectuer le ou les paliers jusqu'au palier avec le mélange suivant
 - ⇒ L'idéal est que le volume du mélange précédent permette d'effectuer les paliers en cas de problème

LA DÉCOMPRESSION À L'O₂ ET PLONGÉE MULTIGAZ

Le matin, vous souhaitez effectuer 1 plongée à 55m à l'air avec réalisation des paliers à l'oxygène pur. Retour avec 30b minimum dans chaque bloc.

1. Déterminer la durée maximum possible de la plongée et les paliers à effectuer
2. Calculez le %SNC. Quel intervalle devez-vous appliquer si vous souhaitez plonger l'après-midi ?
3. Calculez l'OTU

Consommation : 20l/min – Composition de l'air 21% O₂ / 79% N₂

Bloc dispo : 15l air, 6l EAN80/20 et 6l 100% O₂ gonflés à 200b

1. Durée max des paliers à 6 m : $\left(\frac{6 \text{ l} \times 170\text{b}}{20 \text{ l/min} \times 1,6\text{b} (6\text{m})} \right) = 31,8 \text{ min}$ maximum de palier

Comme plongée à l'O₂, durée des palier = 2/3 si > 5 min.

Donc palier possible indiqué dans la table MN90 de $\frac{31 \text{ min}}{2/3} = 46,5 \text{ min}$. D'après la table MN90 à 55m, durée max de plongée pour un palier <46min : 20min.

Vérification de la consommation à 55m : 20 l/min x 6,5b = 130l/min

-Air dispo : 170b x 15l = 2550l soit 2550/130 = 19' de plongée possible.

Donc durée max de la plongée 20 min et durée des paliers 1' à 9m, 5' à 6m et 18' à 3m

2. PpO₂ à 55m : 6,5b x 0,21 = 1,365b

PpO₂ à 6m : 1,6b x 1 = 1,6b

%SNC : $\left(\frac{(19'+1')}{150} + \frac{(5'+18')}{45} \right) \times 100 = 64,4\%$ donc 45' d'intervalle de surface min.

3. OTU: (20' x 1,63) + (23' x 1,92) = 76,76



LA DÉCOMPRESSION À L'O₂ ET PLONGÉE MULTIGAZ

L'après midi, vous souhaitez plonger à 30m au Nitrox 40/60, 3h30 après la plongée du matin. Vous devez remonter avec 50b dans le bloc.

1. Déterminer la durée maximum possible de la plongée et les paliers à effectuer
2. Calculez le %SNC.
3. Calculez l'OTU

Consommation : 20l/min – Composition de l'air 21% O₂ / 79% N₂

Bloc dispo : 15l EAN40 gonflé à 200b

1. GPS : K, intervalle de surface 3h30, majoration de 11'

Quantité de Nitrox disponible : (15l x 150b) = 2 250 l soit une durée de plongée possible de : $\frac{2\ 250\text{l}}{(4\text{b} \times 20\text{l}/\text{min})} = 28\ \text{min}$

Calcul de la PEA : $4\text{b} \times \left(\frac{60\%}{79\%}\right) = 3,03\text{b}$ soit 21m

D'après la table MN90 à 22m, durée plongée possible 28' + 11' de majoration soit 39' de plongée. En prenant 40', on a 2' de palier à 3m à réaliser.

2. PpO₂ à 30m : $4\text{b} \times 0,4 = 1,6\text{b}$

%SNC résiduel : $64,4\% \times 25\% = 16,1\%$

%SNC de la plongée : $\left(\frac{28' + 4'}{45}\right) \times 100 = 71\%$

%SNC : 87%

3. Plongée du matin : 77 OTU

OTU après-midi : $32' \times 1,92 = 61,44$

OTU : 138



PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Le matériel**

- Depuis 2008, le matériel (bouteille et détendeur) doivent être compatible oxygène quelque soit la valeur du Nitrox.

L'oxygène « explose » en présence de graisse

- Utilisation exclusive avec des mélanges nitrox
- Le matériel nitrox doit être repéré clairement :
 - bouteille identifiée (jaune et vert) avec NITROX inscrit
 - détendeur vert et jaune et pas de vis de la robinetterie différent

Ne pas mélanger les équipements air et Nitrox



PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Les procédures à appliquer**

Une plongée Nitrox doit se planifier :

- définir la profondeur réelle prévue pour la plongée
- déterminer la MOD pour le mélange utilisé ou déterminer le mélange adapté pour la plongée
- déterminer la profondeur équivalente
- déterminer la durée des paliers éventuels
- regarder la courbe de sécurité du nitrox utilisé

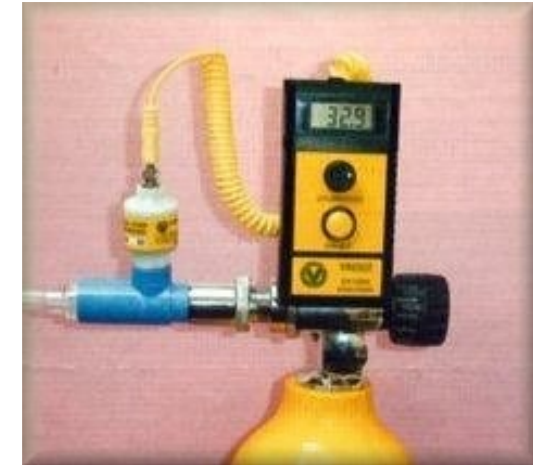
PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Les procédures à appliquer**

Avant la plongée, vérifier **PERSONNELLEMENT** la pression du mélange et faire **PERSONNELLEMENT** l'analyse de son mélange (obligation légale)

- 1) Etalonner l'analyseur d'O₂ utilisation
- 2) Ouvrir le robinet du bloc lentement
 - l'oxygène est inflammable et explosif
 - l'analyseur d'O₂ est sensible et fragile
- 3) Attendre la stabilisation de la valeur

Ne pas fumer près des blocs remplis au nitrox



PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX



- **Les procédures à appliquer**

- Le FABRICANT du mélange doit obligatoirement indiquer :

Sur la bouteille :

- le pourcentage d'oxygène mesuré
- la composition théorique du mélange gazeux
- la date de l'analyse
- son nom

} 1^{ère} analyse

Dans le registre du club :

- l'identifiant de la bouteille
- le contenu (Nitrox, Trimix, Air ...)
- la date de l'analyse
- son nom
- la pression mesurée
- Le pourcentage d'O₂ mesuré

PRÉPARER UNE PLONGÉE AU NITROX

- **Les procédures à appliquer**

- L'UTILISATEUR du mélange doit indiquer obligatoirement sur la bouteille :
 - la pression de la bouteille
 - le pourcentage d'oxygène mesuré
 - la composition du mélange gazeux
 - la profondeur maximum d'utilisation
 - la date de l'analyse
 - son nom ou ses initiales

2^{ème} analyse

Il peut être amené à indiquer dans le registre du club :

- la date de l'analyse
- le nom du plongeur
- la pression du bloc
- Le pourcentage d'O₂ mesuré
- la profondeur maxi autorisée avec le mélange

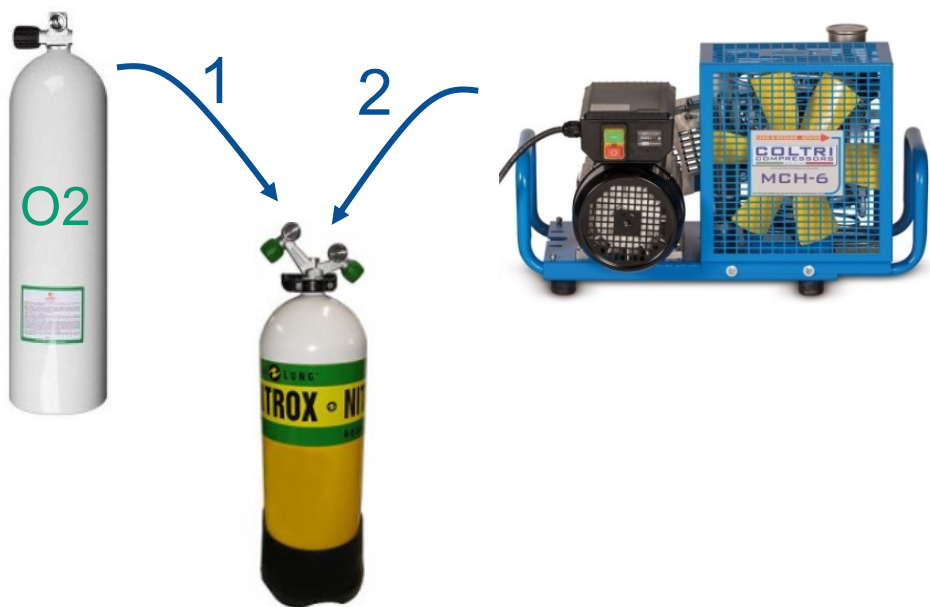


LA FABRICATION DU NITROX

3 techniques principales pour la fabrication des mélanges Nitrox

- **Technique par adjonction de gaz (méthode par pression partielle ou décantation)**

- Mélange réalisé à partir d'une quantité d'oxygène pur à laquelle est ajouté de l'air
- Matériel spécifique car contact avec de l'O₂ pur
- Temps d'homogénéisation long (recommander d'attendre 24h)
- Seule technique possible pour réaliser des mélanges > 40% d'O₂



Exemple pour une 32/68 pour un bloc vide pour une pression finale de 200b

$$P_{O_2} = \frac{(\%O_2 - 21)}{79} \times \text{Pression final}$$

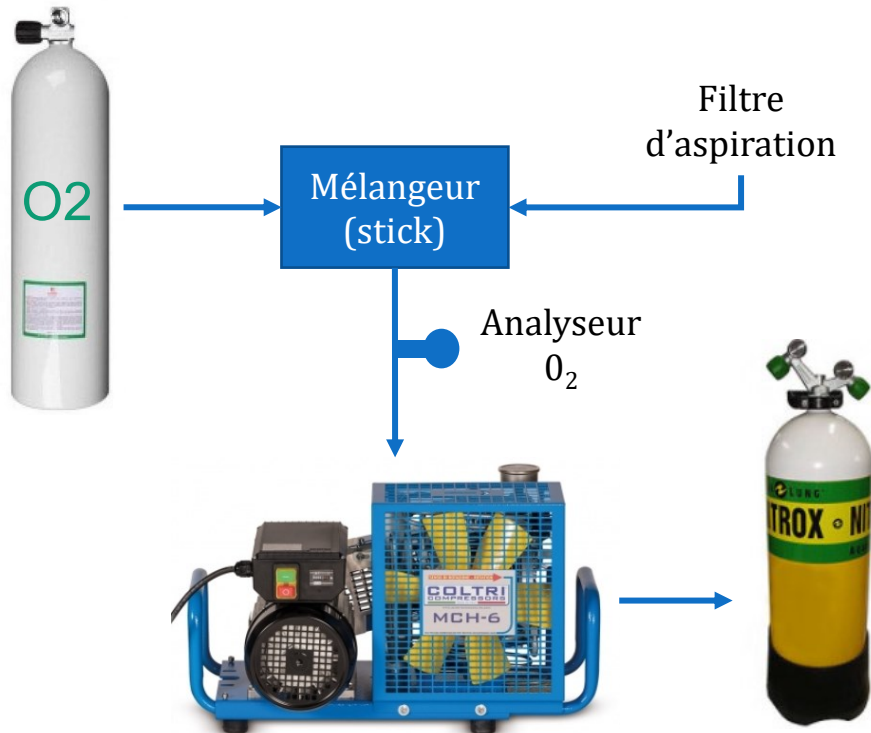
$$P_{O_2} = \frac{(32 - 21)}{79} \times 200 = 27,8b$$

Pour obtenir un EAN32 avec cette méthode à partir d'un bloc vide, il faut gonfler le bloc à 27,8 b avec de l'O₂ pur puis compléter avec de l'air jusqu'à 200b.

- Utilisation d'abaque pour déterminer les différentes pressions.
- Besoin d'un surpresseur lorsque la pression du bloc O₂ est faible.

LA FABRICATION DU NITROX

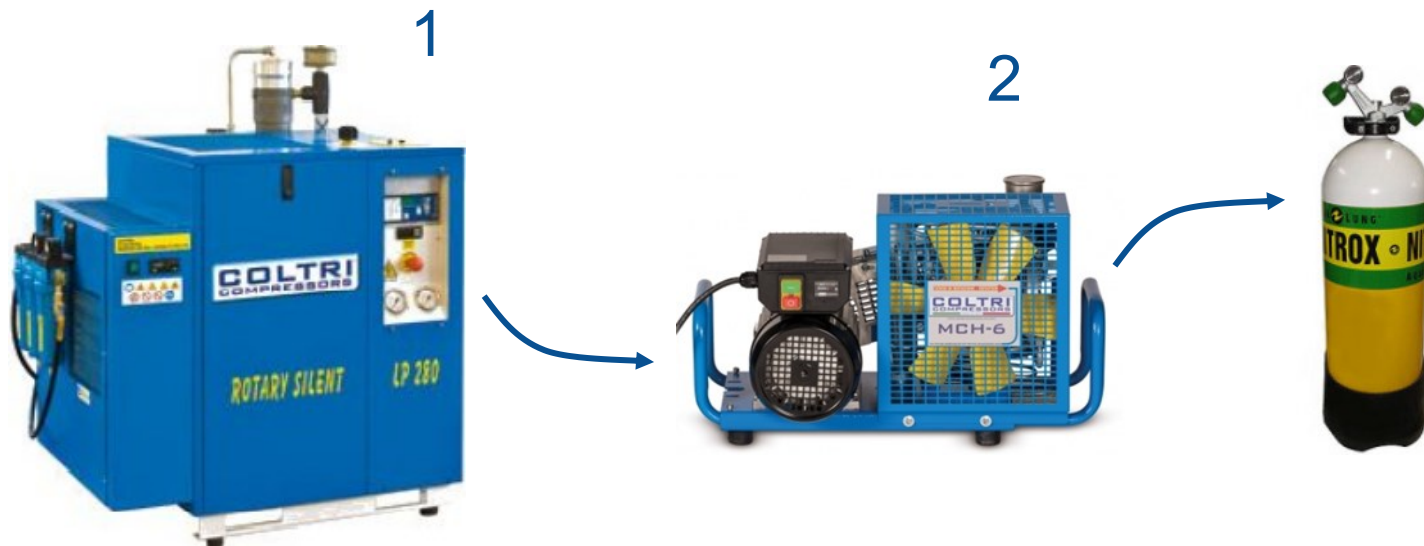
- **Technique par mixage continu des 2 gaz (méthode par injection directe ou par stick)**
 - Injection de l'oxygène dans le flux d'air du compresseur en fonction du mélange souhaité (réglage par détendeur)
 - Matériel spécifique car contact avec de l'O₂ pur
 - Mélange possible jusqu'à 40% (pour les mélanges supérieurs, ajout d'O₂ préalablement via la technique par adjonction direct de gaz)
 - Mélange utilisable immédiatement (homogénéisation durant le remplissage)



- Coût de l'installation relativement bas => technique utilisée par de nombreux clubs et SCA
- Abaques existants pour la réalisation de mélanges > 40% à partir de blocs chargés en O₂
- Utilisation complète du bloc d'O₂

LA FABRICATION DU NITROX

- **Fabrication au moyen d'une station de gonflage spécifique à membrane (méthode par dénitrogénéation)**
 - Utilisation d'un compresseur spécifique équipée d'une membrane permettant de filtrer l'azote
 - Une molette de réglage permet de filtrer plus ou moins d'azote en fonction du mélange souhaité
 - Mélange possible jusqu'à 40%



- Coût de l'installation élevé
- Fabrication possible de grande quantité de Nitrox (pas de bloc d'oxygène nécessaire)



PRÊT À PLONGER !