Nitrox « Élémentaire »

Juin 2009

NOTES

Introduction

La Commission Mélanges de la FSGT remercie Laurent Cruchaudet, à l'origine de ce support de cours qui, nous l'espérons, sera utile à nos moniteurs nitrox.

Nous serions heureux de recevoir toutes vos remarques et suggestions à l'adresse suivante : mel@plongee.fsgt.org.

NOTES

Objectifs

Apporter les connaissances nécessaires pour plonger **en toute sécurité** avec un nitrox unique dont la proportion d'oxygène est comprise entre **22 et 40%**.

A l'issue de la formation, le stagiaire sera capable de :

- Calculer la profondeur plancher d'un mélange
- Calculer la profondeur équivalente à l'air
- Calculer sa décompression avec le mélange respiré
- Analyser et marquer sa bouteille

NOTES

Sommaire

- L'air que nous respirons
- Qu'est-ce que le nitrox ?
- Avantages et inconvénients
- Profondeur Equivalente à l'Air
- Les tables nitrox
- La crise hyperoxique
- La profondeur plancher
- Les ordinateurs nitrox
- Organisation d'une plongée nitrox
- Réglementation
- Historique

N O T E S

L'air que nous respirons

NOTES

L'air que nous respirons

L'air que nous respirons est composé de :

- azote (N_2) ➔ 78,09%
- oxygène (O_2) ➔ 20.95%
- argon (Ar) ➔ 0,93%
- gaz carbonique (CO_2) ➔ 0.035% (variable)
- gaz divers (néon, hélium, etc.)

Par commodité, nous utiliserons pour nos calculs :

- azote (N_2) ➔ 79% (argon assimilé à l'azote)
- oxygène (O_2) ➔ 21%

N O T E S

L'air que nous respirons

L'oxygène (21%)

- Incolore et inodore
- Métabolisé par l'organisme *(fournit l'énergie nécessaire à notre vie)*
- Peut devenir dangereux s'il est respiré dans certaines conditions
- Devient réactif en présence de graisse *(si non "compatible oxygène")* et de chaleur

NOTES

L'air que nous respirons

L'azote (79%)

- Incolore, inodore et très soluble (*dans les tissus de l'organisme*)
- Pas métabolisé par l'organisme (*à saturation, on en expire autant qu'on en inspire* ➔ *gaz neutre*)
- Fonction principale ➔ tempérer les effets de l'oxygène (*diluant*)
- Peut avoir des effets narcotiques à pression partielle élévée (*4 bar ou plus*)
- Est à l'origine des accidents de décompression (*en plongée à l'air ou au nitrox*)

N O T E S

Qu'est-ce que le Nitrox ?

NOTES

Qu'est-ce que le nitrox ?

Le mot NITROX

Nitrox est la contraction de «NITRogen» *(azote en anglais)* et d'«OXygen». Il désigne un mélange d'oxygène et d'azote à des pourcentages différents de l'air.

D'autres appellations (déconseillées)

- Anglo-saxons ➔ EAN (Enriched Air Nitrox)
- Safe-Air *(le nitrox est considéré comme plus sûr)*
- Nitrox 1 ➔ nitrox à 32% d'O_2
- Nitrox 2 ➔ nitrox à 36% d'O_2

N O T E S

Qu'est-ce que le nitrox ?

Désignation

Par convention, on désigne un nitrox par le pourcentage d'oxygène contenu dans le mélange. Exemple :

- Nitrox 32 ➔ 32 % d'O_2 et 68 % de N_2

Abréviations

- Nx 32
- EAN 32 (déconseillée)

NOTES

Qu'est-ce que le nitrox ?

Saturation à l'azote

La quantité dissoute dans l'organisme dépend directement de la PpN_2 respirée, qui est selon Dalton proportionnelle :

- A la pression absolue
- Au % de N_2 dans le mélange

Avec le nitrox

% de N_2 moindre ➔ quantité de N_2 dissoute diminuée

Deux choix possibles

- Décompression écourtée
- Décompressions identique *(plus de sécurité)*

NOTES

Avantages et inconvénients

NOTES

Avantages du nitrox

- Augmentation de la courbe de sécurité *(c.a.d. du temps sans paliers)*
- Diminution des paliers
- Meilleure décompression *(plongées répétitives / yoyo, personnes à risque)*
- Réduction de l'intervalle surface *(successives)*
- Diminution de la fatigue après une plongée
- Meilleure clarté d'esprit en profondeur
- Légère diminution de la consommation (*contesté*)
- Responsabilisation du plongeur due à la planification nécessaire

NOTES

Inconvénients du nitrox

L'inconvénient majeur est lié au gaz qui en fait son avantage. L'oxygène est fait pour être respiré à une certaine pression partielle et ce avec une marge de tolérance très étroite. En sortant des limites, il y a des risques d'accident.

- Limitation de la profondeur *(par rapport à l'air)*
- Plus coûteux que l'air
- Maniement d'oxygène pur délicat *(requiert expérience et prudence)*
- Matériel spécifique au delà de 40% d'O_2
- Demande un temps de planification *(environ 5 minutes avant chaque plongée)*

N O T E S

Calcul de la décompression

NOTES

Profondeur équivalente à l'air

Permet d'utiliser les tables «air» pour calculer la décompression avec du nitrox

Équivalence en terme de PpN_2 ➔ saturation en azote :

- Avec de l'air ➔ $PpN_2 = PA \times 79\%$
- Avec du Nitrox ➔ $\%N_2$ moindre ➔ PpN_2 moindre

Calcul de la PAE *(Pression Absolue Équivalente)*

- $PpN_2 = PA \times \%N_2 = PAE \times 79\%$
- $PAE = PA \times \%N_2 / 79\%$
- PAE ➔ PEA

Remarque

La PEA est toujours inférieure à la profondeur réelle lue sur vos instruments

N O T E S

Profondeur équivalente à l'air

Exemple

Une plongée à 30 m avec un nitrox 40 :

PAE = 4 x 60 / 79 = 3,04 bar ➔ PEA = 21 m

Exercices

Quelle est la PEA d'une plongée à 40 m avec un nitrox 32 ?

PAE = 5 x 68 / 79 = 4,3 bar ➔ PEA = 33 m

Je veux plonger à 27 m avec une PEA de 20 m. Quel nitrox utiliser ?

PAE = 3,7 x (%N_2 du Nx) / 79 = 3 bar

(%N_2 du Nx) = 3 x 79 / 3,7 = 64% ➔ nitrox 36

NOTES

Tables nitrox pré-calculées

Tableau des PEA *(voir annexe)*

- Tableau donnant directement la PEA en fonction de la profondeur réelle et du nitrox utilisé
- Les anglo-saxons l'appellent EAD *(Equivalent Air Depth)*

Les tables de plongée au nitrox *(voir annexe)*

- Pas de calcul de la PEA ➔ lecture de la profondeur réelle
- Utilisation identique à celle des tables traditionnelles
- La table doit impérativement correspondre au mélange *(sinon calculer la PEA)*

N O T E S

Ordinateurs nitrox

Comparables aux "ordinateurs air" *(mêmes avantages et mêmes limites)*

Principe général

- Permettent d'être configurés en fonction du % d'O_2 de votre mélange *(Analyse préalable de la bouteille)*
- Tiennent compte du mélange pour le calcul de la décompression
- Alarme sur dépassement de la PpO_2
- Utilisation similaire à l'air *(affichage des paliers…)*

Remarque

L'ordinateur affiche la profondeur réelle et non la PEA

N O T E S

La crise hyperoxique

NOTES

La crise hyperoxique

Oxygène indispensable à la vie, mais il doit être respiré à une PpO_2 précise. Mise en évidence dés le 19ème siècle (Paul Bert)

- Oxygène respiré sous pression = poison
- Deux types d'effets :
  - Troubles **neurologiques** *(dépassement du seuil de tolérance de PpO_2)*
  - Troubles **pulmonaires** *(exposition prolongée à des PpO_2 élevées)*

Études britanniques approfondies en 1943

- Volontaires avec respiration d'oxygène à de fortes pressions partielles
- Détermination de la plage oxygène *(aujourd'hui 0.16 bar < PpO_2 < 1.6 bar)*

Impact sur les plongées au Nitrox

- PpO_2 plus élevée qu'en plongée à l'air ➔ plus de risque
- Notion de profondeur limite ou plancher en fonction du mélange

NOTES

La crise hyperoxique

Crise convulsive généralisée (*comparabe à une crise d'épilepsie*)

- Souvent sans signe annonciateur
- Tolérances variables selon les individus
- Sensibilité différente d'une plongée à l'autre

Facteurs favorisants

- L'effort
- L'essoufflement
- L'anxiété
- La fatigue
- L'eau très froide (< 9°C) ou très chaude (> 29°C)
- Certains médicaments *(notamment ceux contenant de la pseudo-éphédrine)*
- Un matériel de plongée défectueux *(détendeurs)*

N O T E S

La crise hyperoxique

Symptômes *(avec de la chance…)*

- Accélération de la fréquence cardiaque et respiratoire *(sans effort particulier)*
- Sensation de malaise général
- Vertiges, nausées
- Troubles du comportement *(hallucinations, panique, dépression, euphorie, désorientation)*
- Troubles visuels *(vision "en tunnel", points lumineux, déformations)*
- Troubles auditifs *(bourdonnements, sifflements)*
- Crampes musculaires
- Contractions involontaires des muscles de la face *(principalement lèvres et paupières)*

NOTES

La crise hyperoxique

Phase TONIQUE *(environ 1 min)* • **Contractions généralisées des muscles du corps.** • **Extension en apnée.** • **Blocage de la glotte.**	Conduite à tenir • **Ne pas remonter durant cette phase en raison du risque de surpression pulmonaire dû au blocage de la glotte.** • **Maintien de la victime au même niveau. d'immersion avec maintien de son embout en bouche.** • **Ne pas descendre.**
Phase CLONIQUE *(environ 2 min)* • **Convulsions.** • **Morsure de la langue.** • **Émission d'urine**	Conduite à tenir • **Entamer si possible la remontée à la vitesse contrôlée (assistance).** • **Visualiser et éventuellement provoquer une bonne expiration de la victime (remontée de la victime, tête en hypertension).**
Phase RESOLUTIVE *(environ 10 min)* • **Relâchement musculaire.** • **Reprise progressive de la conscience.** • **État confus et agité.** • **Récupération pouvant durer plusieurs heures** • **Amnésie de la crise.**	Conduite à tenir • **Remonter en continuant de lui maintenir l'embout en bouche.** • **En surface, effectuer des signes de détresse.** • **Manœuvres de secourisme sur le bateau.**

NOTES

La crise hyperoxique

Prévention

- Ne jamais dépasser la profondeur limite ou "plancher"
- Ne jamais dépasser une PpO_2 de 1,6 bar et préférer une PpO_2 de 1,5 voire 1,4 bar
- Limiter la durée de plongée à cette PpO_2 *(45 min max avec une PpO_2 de 1,6 bar)*
- Savoir reconnaître les signes précurseurs et remonter
- Si facteurs de risque *(effort, eau froide ou chaude)*, choisir une PpO_2 limite plus faible

N O T E S

La profondeur maximale ou plancher

NOTES

La profondeur maximale ou plancher

Profondeur maximale d'évolution en fonction de la PpO_2 maximale admissible

$$PpO_2 = PA \times \%O_2$$

$$PA = PpO_2 / \% O_2$$

Exemple

Quelle est la profondeur maximale d'évolution avec un nitrox 36 et une PpO_2 maximale fixée à 1,6 bar ?

PA = 1,6 / 0,36 = 4,44 bar ➔ 34 m

Remarque

Plus le % d'O_2 est important, plus la profondeur maximale d'évolution est faible

NOTES

Organisation d'une plongée au nitrox

NOTES

rganisation d'une plongée au nitrox

Préparation avant la plongée

- Analyser sa bouteille
- Marquer sa bouteille (*obligatoire*)
  - Les initiales de l'utilisateur
  - La date de la mesure
  - Le type de mélange
  - Le % d'O2 mesuré
  - La profondeur plancher d'utilisation du mélange

LC	27/06/2009
Nx 36	MAX 34m

- Calcul de la PEA ou configuration de l'ordinateur

N O T E S

Réglementation

NOTES

Réglementation

Arrêté du 9 juillet 2004

Relatif aux règles techniques et de sécurité dans les établissements organisant la pratique et l'enseignement des activités sportives et de loisir en plongée autonomes autres que l'air.

- Limites d'utilisation des mélanges (PpO_2)
- Confection et analyse des mélanges *(marquage)*
- Usage des recycleurs
- Procédures de décompression
- Espaces et conditions d'évolution
- Le directeur de plongée
- Le guide de palanquée
- Équipement des plongeurs
- Matériel d'assistance et de secours

NOTES

Historique

NOTES

Historique

- 1775 Antoine Lavoisier découvre que l'oxygène est indispensable à la vie
- 1878 Henry Fleuss réalise un scaphandre sous-marin utilisant un mélange entre 50 et 60% d'oxygène, la plongée dure 1 heure
- 1879 Henry Fleuss convainc Siebe Gorman & Co de construire le premier appareil en circuit fermé
- 1908 John Haldane développe les premières tables et des procédures de décompression
- 1912 Dräger développe un scaphandre à casque autonome et première utilisation du nitrox en Allemagne
- 1926 Premier système de plongée à circuit ouvert
- 1943 Développement du détendeur Cousteau-Gagnan

NOTES

Historique

- 1950 Utilisation du nitrox en plongée professionnelle
- 1953 Divulgation au public des tables de plongée à l'air de l'US Navy
- 1959 Publication par l'US Navy des procédures pour plonger au nitrox
- 1970 La NOAA diffuse son manuel de plongée au nitrox
- 1979 Deuxième édition (enrichie) du manuel NOAA pour la plongée nitrox
- 1993 Présentation des premiers logiciels PC pour la planification de plongée au nitrox et fabrication des premiers ordinateurs de plongée permettant de programmer le % d'O2 du mélange respiré

NOTES