

INTRODUCTION



**N
I
T
R
O
X**



Francis THUON
Fabrice SIBELLA



Qualification Plongeur Nitrox FFESSM

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

REGLEMENTATION



**N
I
T
R
O
X**



Francis THUON
Fabrice SIBELLA



la plongée aux mélanges FFESSM

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



NITROX

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Les qualifications NITROX FFESSM

Qualification de Plongeur Nitrox

Niveau 1 minimum et 14 ans minimum
10 plongées dans la zone des 20 m
Utilisation d'un mélange Nitrox 40/60 uniquement

Qualification de Plongeur Nitrox Confirmé

Niveau 2 minimum et 16 ans minimum
8 plongées Nitrox dans la zone des 20 m
10 plongées dans la zone des 30-40 m
Utilisation de tous les mélanges Nitrox et de l'oxygène pur

Moniteur Nitrox Confirmé

Moniteur 1er degré ou équivalent
Qualification Plongeur Nitrox confirmé

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



NITROX

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Prérogatives du plongeur Nitrox

Elles ne peuvent dépasser celles de son niveau technique définies par arrêté du 22 juin 98.

Utilisation du Nitrox 40/60 exclusivement

Condition de pratique en exploration définies dans l'arrêté du 28 août 2000

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.

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Équivalences FFESSM / CMAS

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



NITROX

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Qu'est ce que le NITROX

Nitrox vient de la contraction de
NITRogen (Azote en anglais)
OXYgen (Oxygène en anglais)

Chez les anglo-saxons on l'appelle aussi EAN pour Enriched Air Nitrox



L'air est un Nitrox particulier.
20 % d'oxygène
80 % d'azote

En général, on appelle Nitrox un mélange d'azote et d'oxygène autre que l'air et contenant plus d'oxygène que l'air.

NITROX

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Avantages et Inconvénients du Nitrox

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Avantages du Nitrox

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

En augmentant la quantité d'Oxygène, on réduit la quantité d'azote, ainsi le Nitrox permet :

- de réduire la durée des paliers,
- augmenter la courbe de sécurité,
- d'augmenter la sécurité des plongées sans palier.
- Réduire la consommation d'environ 10 %
- Diminuer les risques d'ADD pour un même profil de plongée qu'à l'air
- Meilleur confort (moins de fatigue).

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Inconvénients du Nitrox

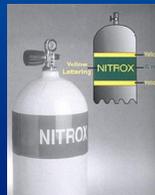
Au delà d'une certaine pression partielle (1,6 b), l'oxygène devient toxique (Hyperoxie)

La fabrication du mélange demande une grande attention et un matériel spécifique

Le matériel doit être compatible oxygène si le pourcentage d'O₂ est supérieur à 40 %.

La bouteille est obligatoirement compatible Oxygène

La plongée est plus chère



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Oxygène !!

Nous l'avons vu dans les inconvénients du nitrox

L'oxygène contenu dans le nitrox peut être dangereux pour notre organisme !



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Les accidents dus à l'oxygène

Toxicité sur le système nerveux central

« l'Effet Paul BERT »

Toxicité pulmonaire
« Effet LORRAIN-SMITH »

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Effet Paul BERT: Définition et apparition

Toxicité sur le système nerveux central

Conditions d'apparition

En général inexistant lors des plongées à l'air

La limite principale pour les plongées Nitrox

Exposition à $PPO_2 > 1,6$ bar en milieu humide

Susceptibilité variable selon l'individu

Susceptibilité variable chez le même individu de manière imprévisible

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Effet Paul BERT: les signes



Signes annonciateurs

- Crise convulsive sans signe avant coureur
- Accélération de la fréquence cardiaque
- Nausées
- Vertiges
- Crampes, douleurs musculaires, convulsions de la face
- Troubles visuels
- Troubles auditifs : bourdonnement
- Euphorie, troubles du comportement

NITROX

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Effet Paul BERT: les signes



Déroulement de la crise

Phase tonique de contracture:
généralisée en extension associée à une apnée (Attention à la surpression pulmonaire)

Phase clonique :

(2 à 3 min) de convulsions, morsure de la langue, perte d'urine

Phase de dépression:

(10 min) de retour progressif à la conscience, confusion

NITROX

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Effet Paul BERT: conduite à tenir

N
I
T
R
O
X



Francis THUON
Fabrice SIBELLA

L'agitation de l'accidenté présente un risque pour le sauveteur pendant la phase tonique

Risque de surpression pulmonaire pendant la phase tonique,

il est recommandé de ne rien faire sinon maintenir la profondeur pendant la phase tonique

Faire attention à la perte d'embout

Remontée lente puis évacuation

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Effet Paul BERT: prévention

N
I
T
R
O
X



Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Reconnaître les signes annonciateurs

Dans ce cas, remonter immédiatement

Respect de la limite de PPO2 de 1,4 bar (1,6 b maxi), c'est à dire 25 m (30 m maxi) avec un Nitrox 40/60.

Ne pas dépasser 2 heures de plongée avec un mélange suroxygéné.

Diminuer ces limites en cas de plongées au froid ou de travail au fond

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Effet Lorrain Smith: définition

Irritation pulmonaire due à l'Oxygène

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Effet Lorrain Smith: apparition

Condition d'apparition:

Apparition lente et progressive

Longues expositions (plusieurs heures)

Disparaît si $PPO_2 < 0,5$ b

Ne concerne pas la plongée à l'air

Prise en compte pour:

l'oxygénothérapie hyperbare

les plongées / palier prolongés en hyperoxie

les plongées à saturation

Association avec certains médicaments
(décongestionnant nasal)

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Effet Lorrain Smith: signes



**N
I
T
R
O
X**

Toux d'intensité croissante avec la durée d'exposition

Œdème pulmonaire

Broncho pneumonie réversible

Diminution réversible de la capacité vitale

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Effet Lorrain Smith: Prévention



**N
I
T
R
O
X**

Limiter les plongées à 2 h maximum

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Convention pour la désignation des mélanges



Nitrox XX / YY

XX pourcentage d'oxygène

YY pourcentage d'azote

Ainsi, un Nitrox 40/60 contient :

40 % d'oxygène

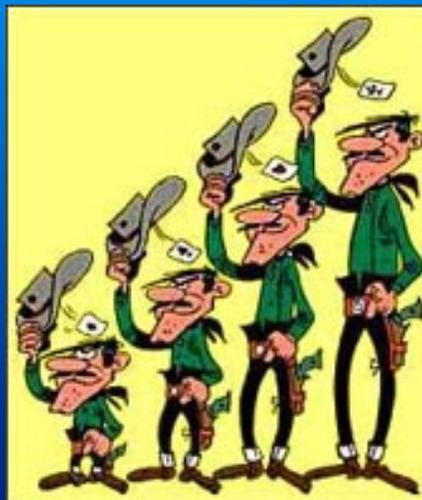
60% d'azote

N
I
T
R
O
X

Rappel de Physique



La loi de Dalton



N
I
T
R
O
X

Rappel de Physique

Pressions partielles

1 litre d'air
à 1 bar.



$$1 \text{ bar} \times 20 \% = 0,2 \text{ bar } O_2$$

$$1 \text{ bar} \times 80 \% = 0,8 \text{ bar } N_2$$

1 bar

La somme des pressions partielles est égale à la pression absolue.

1 litre d'air
à 3 bars.



$$3 \text{ bars} \times 20 \% = 0,6 \text{ bar } O_2 \text{ (} PpO_2 = 0,6 \text{)}$$

$$3 \text{ bars} \times 80 \% = 2,4 \text{ bars } N_2 \text{ (} PpN_2 = 2,4 \text{)}$$

3 bars

20 m (3 bars)

$$Pp \text{ gaz} = P\text{Abs} \times \% \text{gaz}$$

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Rappel de Physique

Toxicité de l'oxygène

1 litre d'oxygène
pur à 1 bar.

$$PpO_2 = 1 \text{ bar}$$

1 litre d'oxygène
pur à 1,6 bars

$$PpO_2 = 1,6 \text{ bar}$$

6 m (1,6 bar)

1 litre d'air
à 8 bars

$$PpO_2 = 8 \times 0,2 = 1,6 \text{ bar}$$

70 m (8 bars)

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Rappel de Physique

Toxicité de l'azote

Surface

50 m (6 bars)

Limite de la
plongée à l'air
60 m (7 bars)



$$PpN_2 = 6 \times 0,8 = 4,8 \text{ bars}$$



$$PpN_2 = 7 \times 0,8 = 5,6 \text{ bars}$$

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Rappel de Physique

Nitrox (nitrogen + oxygen)

1 litre de Nitrox 40
(40% O₂ et 60% N₂)
à 1 bar.



$$1 \text{ bar} \times 40 \% = 0,4 \text{ bar O}_2$$

$$1 \text{ bar} \times 60 \% = 0,6 \text{ bar N}_2$$

1 bar

Profondeur limite ?

PpO₂ maximum : 1,6 bar

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

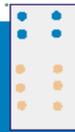
Rappel de Physique

N
I
T
R
O
X

Nitrox (nitrogen + oxygen)

1 litre de Nitrox 40
(40% O₂ et 60% N₂)

à 1 bar.



$$1 \text{ bar} \times 40 \% = 0,4 \text{ bar O}_2$$

$$1 \text{ bar} \times 60 \% = 0,6 \text{ bar N}_2$$

1 bar

$$P.\text{abs} \times 0,4 = 1,6 \text{ bar}$$

$$\text{soit } P.\text{abs} = \frac{1,6}{0,4} = 4 \text{ bars}$$

soit 30 mètres

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Utilisation des tables

N
I
T
R
O
X

Notion de Profondeur Équivalente

Permet d'utiliser avec un mélange Nitrox, des tables prévues pour de l'air

Pression absolue équivalente air:

$$P_{\text{abs}} \text{ Équivalente} = P_{\text{PN}_2} (\text{NITROX}) / \% \text{N}_2 (\text{AIR})$$

$$P_{\text{abs}} \text{ Équivalente} = P_{\text{abs}} \times \% \text{N}_2 (\text{Nitrox}) / \% \text{N}_2 (\text{AIR})$$

Pour obtenir la profondeur, on applique les mêmes règles qu'avec de l'air

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Profondeur équivalente: exemple

Pour une plongée à 30 m de profondeur réelle
Respiration au Nitrox 40/60 :

$$\text{PPN2 (NITROX)} = \text{Pabs} \times \%N2 \text{ (NITROX)}$$

$$= 4 \times 0,60 = 2,4 \text{ bars}$$

Pression absolue équivalente air:

$$\text{Pabs Équivalente} = \text{PPN2 (NITROX)} / \%N2 \text{ (AIR)}$$

$$= 2,4 / 0,8 = \underline{3 \text{ bars}}$$

Donc:

Profondeur équivalente air : 20 m (3 bars)

N
I
T
R
O
X

Profondeur équivalente: tableau synthèse

Tableau des profondeurs équivalentes pour un
Nitrox 40/60 :

Profondeur réelle en mètres	Profondeur équivalente pour un Nitrox 40/60
12	6,50
15	8,75
18	11,00
20	12,50
22	14,00
25	16,25
28	18,50
30	20,00
32	
35	
38	
40	

Zone à éviter
PPO2 > 1,4 b

Zone interdite
PPO2 > 1,6 b

N
I
T
R
O
X

Tables MN 90: UTILISATION

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

- ■ ■ →
- Pas de modification de la durée des paliers « air »
- Pas de modification de la profondeur des paliers « air »
- Pas de modification de la vitesse de remontée
- On rentre dans la table en utilisant la profondeur équivalente
- Ne pas dépasser 2 heures d'immersion
- Il est conseillé de ne pas dépasser 1,4 b de PPO2 (1,6 b maximum)
- Ne prend pas en compte des seuils de toxicité de l'oxygène
- Majorations calculées à partir des profondeurs équivalentes
- Gestion des consécutives, successives et des procédures d'urgences identiques à l'air

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

Courbe de sécurité Nitrox 40/60

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Courbe de sécurité sur la base des MN 90 en utilisant un Nitrox 40/60

Profondeur (m)	Courbe de sécurité à l'air (mn)	Profondeur équivalente Air (m)	Courbe de sécurité a Nitrox 40/60	PPO2 Nitrox 40/60
10	330	5,00	2 Heure Maxi (Effet Lorrain Smith)	0,8
15	75	8,75	2 Heure Maxi (Effet Lorrain Smith)	1
20	40	12,50	75	1,2
25	20	16,25	50	1,4
30	10	20,00	40	1,6



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

LE MATERIEL NITROX

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

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, etc ...)

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

LE MATERIEL NITROX

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Les blocs

Obligation d'avoir un bloc compatible Oxygène

Pour tous les mélanges utilisés

De 21% à 100 %



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

LE MATERIEL NITROX

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Les détendeurs

Si votre pourcentage ne dépasse pas 40 %

Autorisation d'utiliser un détendeur standard

Ou un détendeur NITROX maxi 40 %



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

LE MATERIEL NITROX

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Les détendeurs

Si votre pourcentage d'O₂ dépasse les 40 %

Obligation d'utiliser un détendeur OXYGENE



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

LE MATERIEL NITROX



Stab, tenue étanche, direct system...

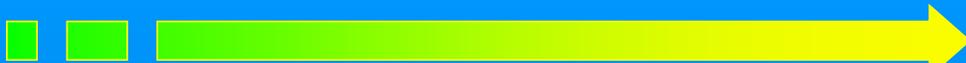
Si votre pourcentage d'O₂ ne dépasse pas 40 %

- Vous pouvez alimenter ces éléments au moyen de votre gaz respiratoire

Si votre pourcentage d'O₂ dépasse les 40 %

- Obligation d'alimenter ces éléments par un bloc ne dépassant pas 40 % d'O₂

LE MATERIEL NITROX



L'analyseur

Pour nous permettre de vérifier le % d'O₂ dans le bloc



Petit matériel Calculette, marqueur, ruban adhésif

LE MATERIEL NITROX

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

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

LE MATERIEL NITROX

Le matériel NITROX a son propre rangement



Pour éviter tout problème de confusion et de contamination

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

ANALYSER SON MELANGE



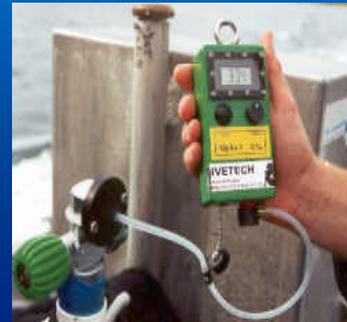
Choisir son mélange

• Vérifier **PERSONNELLEMENT** la pression et faire **PERSONNELLEMENT** l'analyse de son mélange

Noter le taux mesuré et la profondeur réelle maxi autorisée avec ce taux

sur le bloc

sur le registre

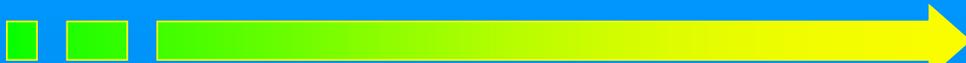


N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

ANALYSER SON MELANGE



Acte personnel et obligatoire avant toute plongée :

1 - Se munir d'un ruban adhésif - d'un marqueur indélébile - d'une calculette.

2 - Se munir de l'analyseur que possède chaque station de gonflage.

3 - Mettre en marche l'appareil et le caler sur 21% d'O₂.

4 - Secouer la sonde de 5 à 10 secondes après la mise en marche.

5 - Ouvrir le robinet de conservation du bloc à faible débit.

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

ANALYSER SON MELANGE

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Acte personnel et obligatoire avant toute plongée :
(suite)

- 6 - Placer la sonde dans l'emplacement prévu ou à la sortie de la robinetterie.
- 7 - Relever le % d'O₂ une fois que celui-ci est stabilisé.
(Prendre %> : ex = 33.7% = 34% (sens de sécurité).
- 8 - Retirer la sonde.
- 9 - Fermer le robinet de conservation.
(Le faire dans cet ordre, dans le cas contraire risque d'endommagement de la sonde : prix d'une sonde 750 €).

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

ANALYSER SON MELANGE

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Acte personnel et obligatoire avant toute plongée :
(suite)

- 10 - Noter sur un morceau de ruban adhésif qui sera collé de façon lisible sur le bloc le NOM DU VERIFICATEUR
% d'O₂
Date
PMU = profondeur maximale d'utilisation.

(Chiffre inférieur : ex 36.20m = 36 m (sens de sécurité).

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

ANALYSER SON MELANGE

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Indications obligatoires

Sur le bloc

Profondeur max. pour le mélange utilisé

Première analyse

Date

Nom ou initiales

Pourcentage d'oxygène mesuré

Deuxième analyse

Date

Nom ou initiales

Pourcentage d'oxygène mesuré

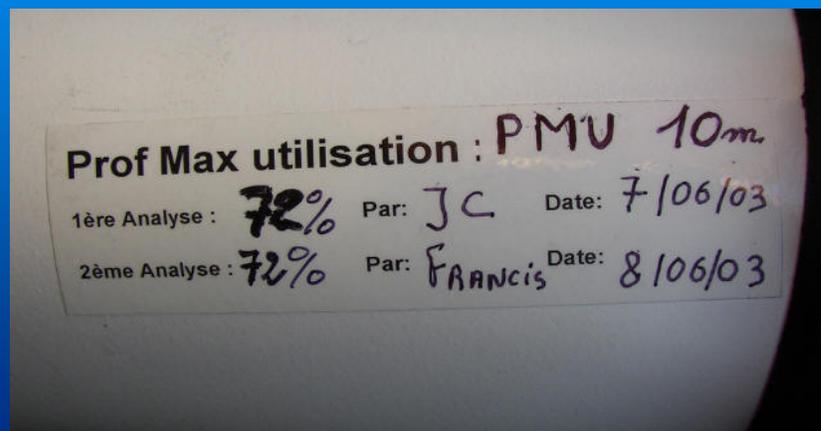
Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003

ANALYSER SON MELANGE

N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

EXEMPLE :



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

ANALYSER SON MELANGE



Indications obligatoires

Sur le registre

Obligatoirement

Identifiant de la bouteille

Contenu (Nitrox, Trimix, Air ...)

Date

Nom du gonfleur

Pression mesurée

Pourcentage d'O2 mesuré

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



N
I
T
R
O
X

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

PLANNIFIER LA PLONGEE



Avant la plongée

la profondeur réelle prévue pour la plongée

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)

Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003



Bibliographie



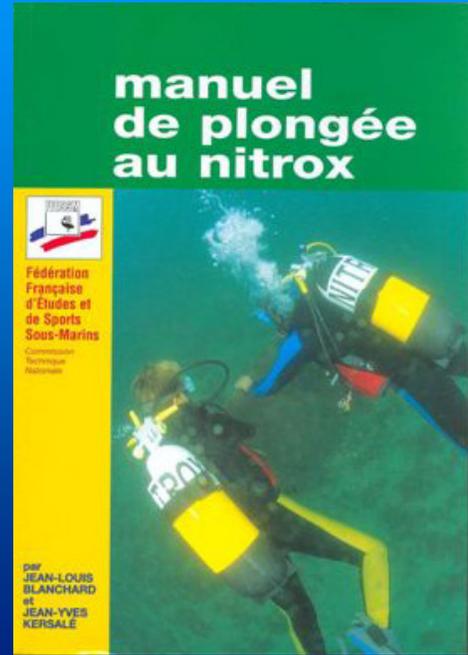
**N
I
T
R
O
X**

Francis THUON
Fabrice SIBELLA

Manuel de Plongée au Nitrox

J.L. BLANCHARD
J.Y. KERSALE

Ouvrage de référence
FFESSM



Plongeur Nitrox, CD Yonne, Décembre 2003