

Le Nitrox

Lois principales d'un point de vue pratique

Le nitrox ?

Qu'est-ce que c'est ?

Un petit peu de physique

Des nouveaux accidents ?

De quoi j'ai besoin ?

Préparatifs d'une plongée

Gestion de ma plongée

Point réglementaire

Qu'est-ce que c'est ?

Définition

Avantages

Inconvénients

Définition

Air = 21% O₂ + 79% N₂

Nitrox = ? O₂ + ? N₂

- Nitrox = **Nit**rogen + **Ox**ygen
- Nitrox 40/60 = 40% O₂ + 60% N₂
 - Nitrox 40
 - EAN 40 (Enriched Air Nitrox)
 - Surox 40/60



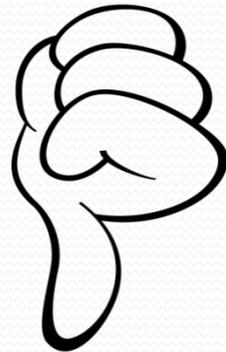
Avantages

- Moins d'azote = moins de saturation + meilleure désat.
- Comparativement avec la même plongée à l'air:
 - Moins de paliers
 - Intervalle de surface plus courts
 - Moins de risque d'accident de décompression
 - Possibilité de prendre l'avion plus rapidement



Inconvénients

- Toxicité de l'oxygène
- Gestion du matériel rigoureuse
- Profondeur de plongée réduite
- Coût de plongée supérieur



Un peu de physique

Généralités

Variation avec la profondeur

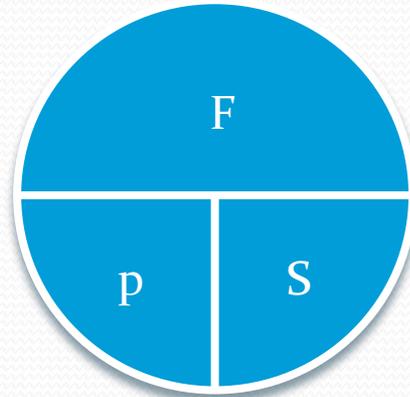
Les pressions partielles

Physique générale

RAPPEL

- Force et pression sont liées:

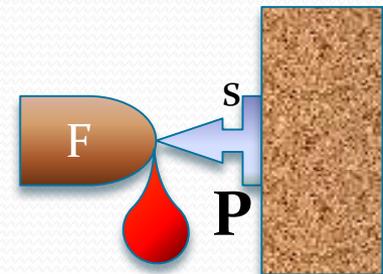
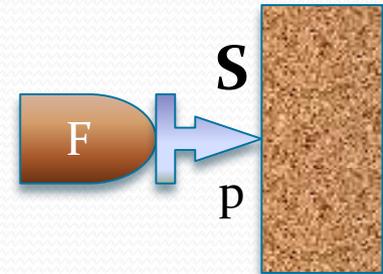
- Faut plonger safe
- Fessée pour sumo



- Quelques exemples:

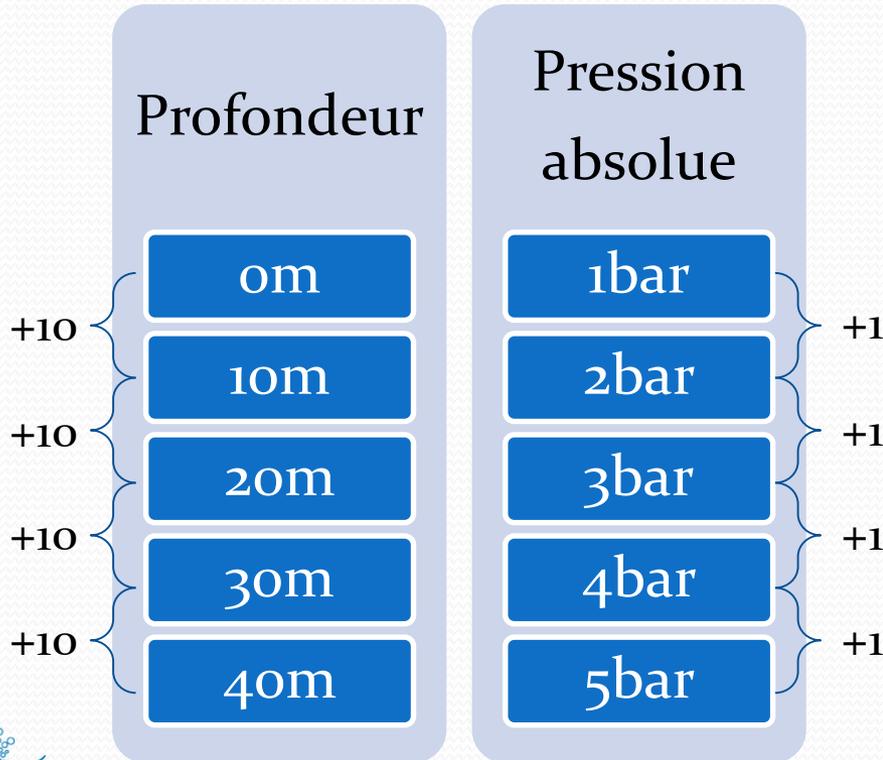
- Enfoncez une punaise dans du liège;
- Marcher avec des raquettes dans la neige

$$pression = \frac{force}{surface}$$



Variation avec la profondeur

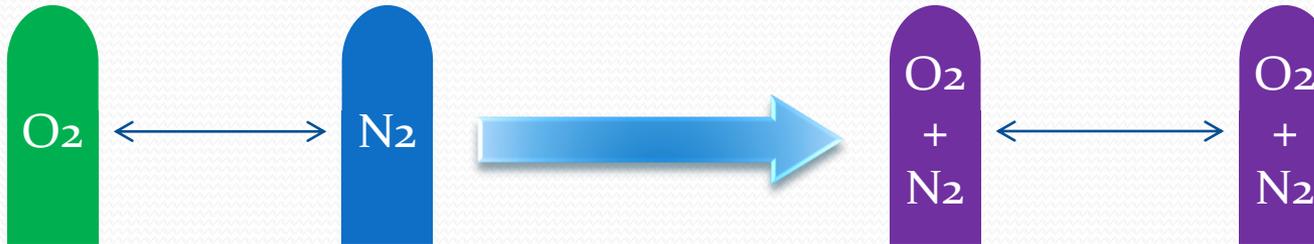
RAPPEL



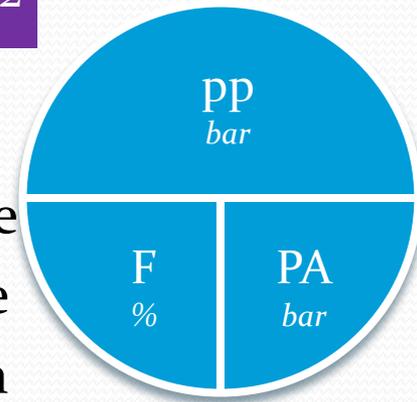
Les pressions partielles

RAPPEL

- La pression totale est la somme des pressions des gaz :
 - De l'air à 5 bar = **1bar d'O₂** + **4bar de N₂** ($0.2 \times 5 + 0.8 \times 5$)
 - Parfum, connecter 2 blocs contenant des gaz différents



- 3 formules en une :
 - Pression partielle = Fraction \times Pression ambiante
 - Fraction = Pression partielle / Pression ambiante
 - Pression ambiante = Pression partielle / Fraction



De nouveaux accidents

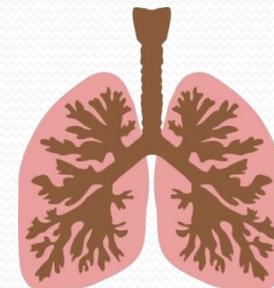
Hyperoxie (neurologique)

Hyperoxie (pulmonaire)

Œdème aiguë du poumon

L'hyperoxie

- Une cause unique : exposition plus ou moins longue à une $ppO_2 > 0.5\text{bar}$
- Toxicité de l'oxygène – Neurologique (Paul Bert) :
 - Touche le système nerveux central
 - Expositions courtes à longues
- Toxicité de l'oxygène – Pulmonaire (Lorrain Smith) :
 - Touche les poumons
 - Expositions longues (rare en plongée loisir)



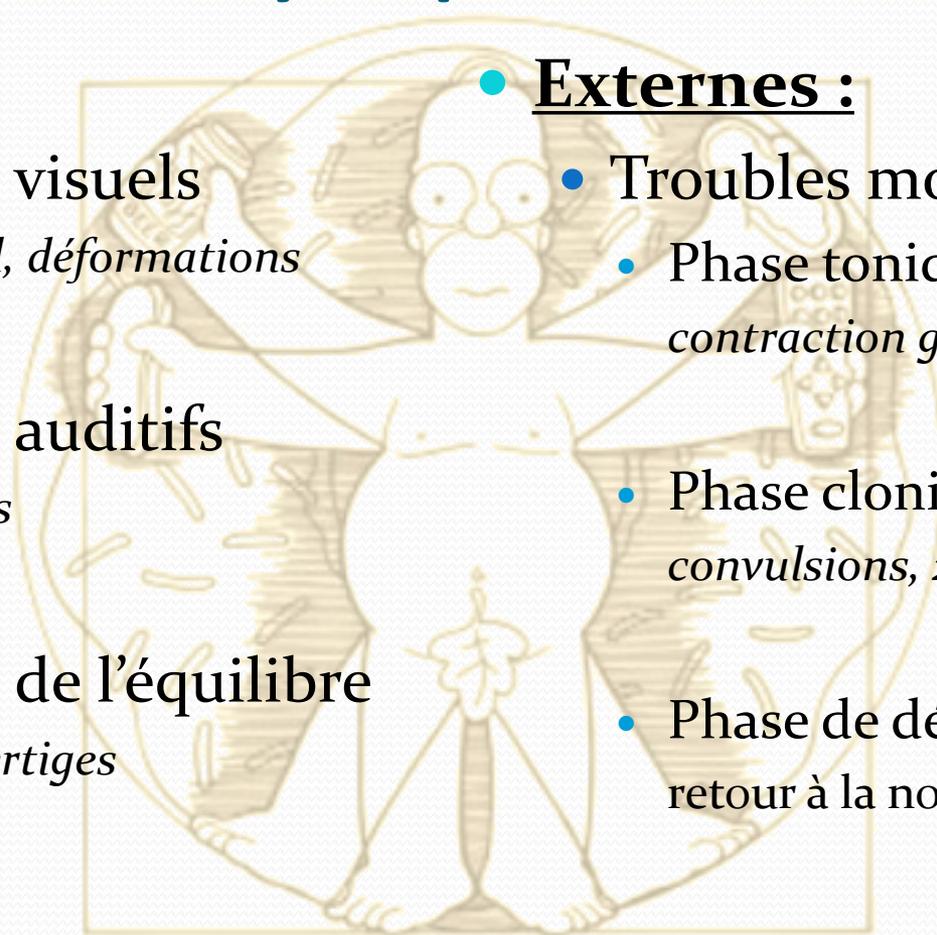
Paul Bert - Symptômes

• Internes :

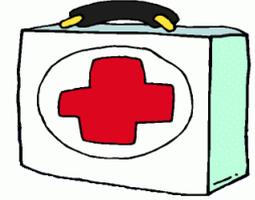
- Troubles visuels
Effet tunnel, déformations
- Troubles auditifs
Acouphènes
- Troubles de l'équilibre
Nausées, vertiges

• Externes :

- Troubles moteurs:
 - Phase tonique
contraction généralisée, 10''
 - Phase clonique
convulsions, 2 à 3'
 - Phase de dépression
retour à la normale, 10'



Paul Bert – Que faire ?



- Retour à la surface impératif, mais :
 - Blocage musculaire pendant la phase tonique :
 - Risque de surpression pulmonaire s'il remonte (apnée)
 - Risque de noyade (mordre son embout)
 - Activité physique conséquente pendant la phase clonique :
 - Risque de coup, d'arracher un détenteur
- **Maintenir à profondeur, faire garder le détenteur en bouche, remonter pendant la phase de retour à la normale, procédure de secours (hormis mise sous O₂)**

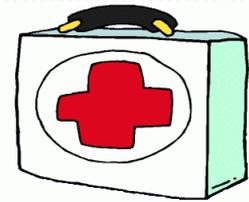
Et Lorrain Smith ?

- **Symptômes :**

- Apparition lente de troubles respiratoires (toux) et d'irritations

- **Conduite à tenir :**

- Retour à la surface immédiat
- Faire des rinçages régulier à l'air
- Noter son **temps d'exposition** (traitement hyperbare)
- Procédure de secours (hormis mise sous O₂)



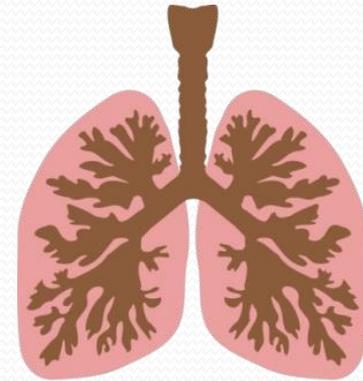
Hyperoxie – Prévention



- Respect de la profondeur maximale, $ppO_{2\max} = 1.6\text{bar}$
- Connaître le mélange que l'on respire
- Limiter ses plongées au Nitrox à **2h max**
- Eviter les décompressions longues à ppO_2 élevée
- Se limiter si conditions difficiles (effort, eau froide)

L'Œdème aigüe du poumon

- Conséquence indirecte de la toxicité pulmonaire de l'O₂, mais d'autres facteurs :
 - Mauvais matériel
 - Effort, fatigue et stress
 - Conditions de plongée particulières (froid)
 - Age, hypertension, etc.



L'Œdème aiguë du poumon

- Symptômes :

- Essoufflement (même sans faire d'effort)
- Toux
- Crachat rosé

- Conduite à tenir :

- Sortir impérativement de l'eau (même s'il reste des paliers)
- Déclencher la procédure de secours
- **Mise sous O₂ impérative.**



De quoi j'ai besoin ?

Le matériel

Gonflage par pression partielles

Gonflage par stick

Gonflage par membrane

De quoi j'ai besoin ?

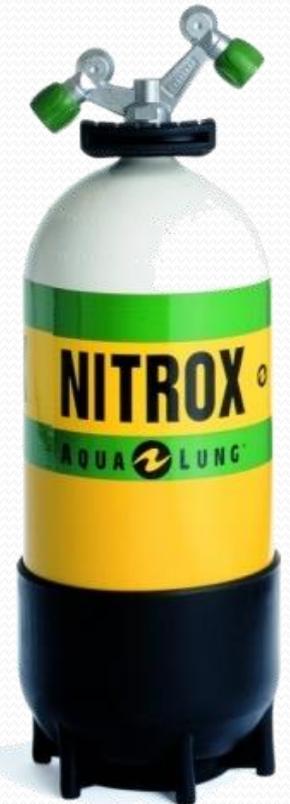
- Un matériel différent... mais pas forcément.
 - Si fraction d'O₂ < 40%, je « peux » garder mon matériel
 - Si fraction d'O₂ > 40%, besoin de matériel spécifique:
 - Partie en contact avec la HP propre de toutes graisses
 - Régime d'inspection des bouteilles spécifique
 - Filetage en connexion avec la bouteille différent (M26 au lieu de G5/8)



- La couleur verte est usuellement utilisée pour le Nitrox

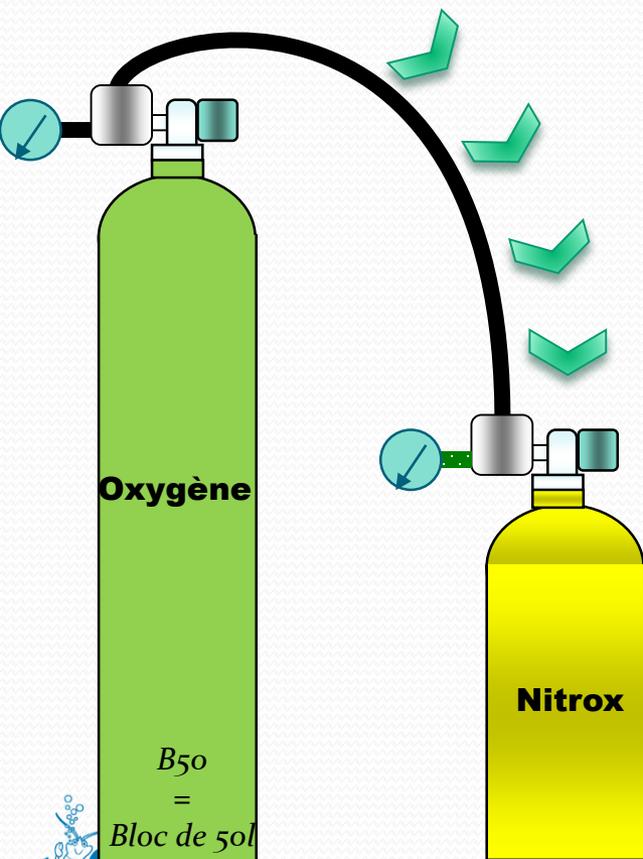
De quoi j'ai besoin ?

- Si j'ai un bloc « oxyclean », tout faire pour qu'il le reste:
 - Utilisation de filtres pour le gonflage air
 - Clairement identifier sa bouteille (marquage)
 - Ne pas mélanger les blocs air et Nitrox
- Idem pour le premier étage :
 - Ne pas mettre sur un bloc air (si en G5/8)
 - Ne pas laisser trainer



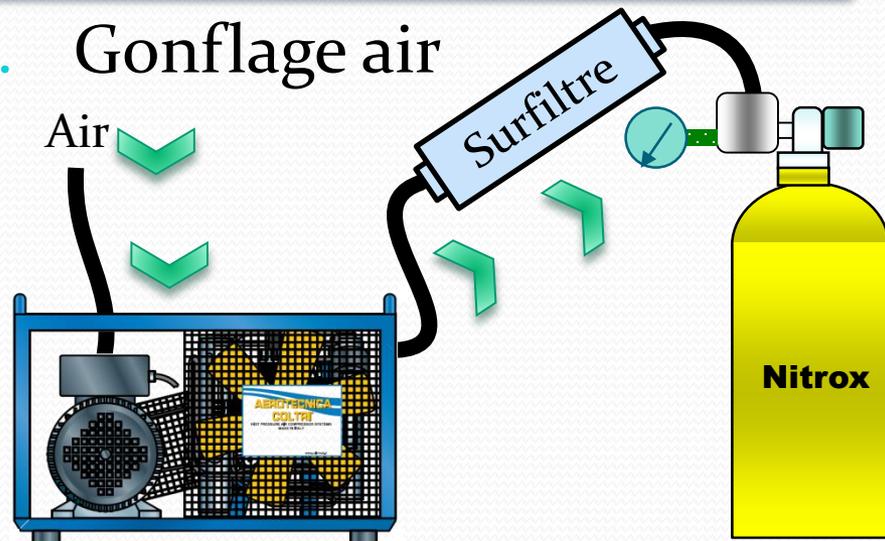
Par pressions partielles

1. Transfert d'O₂



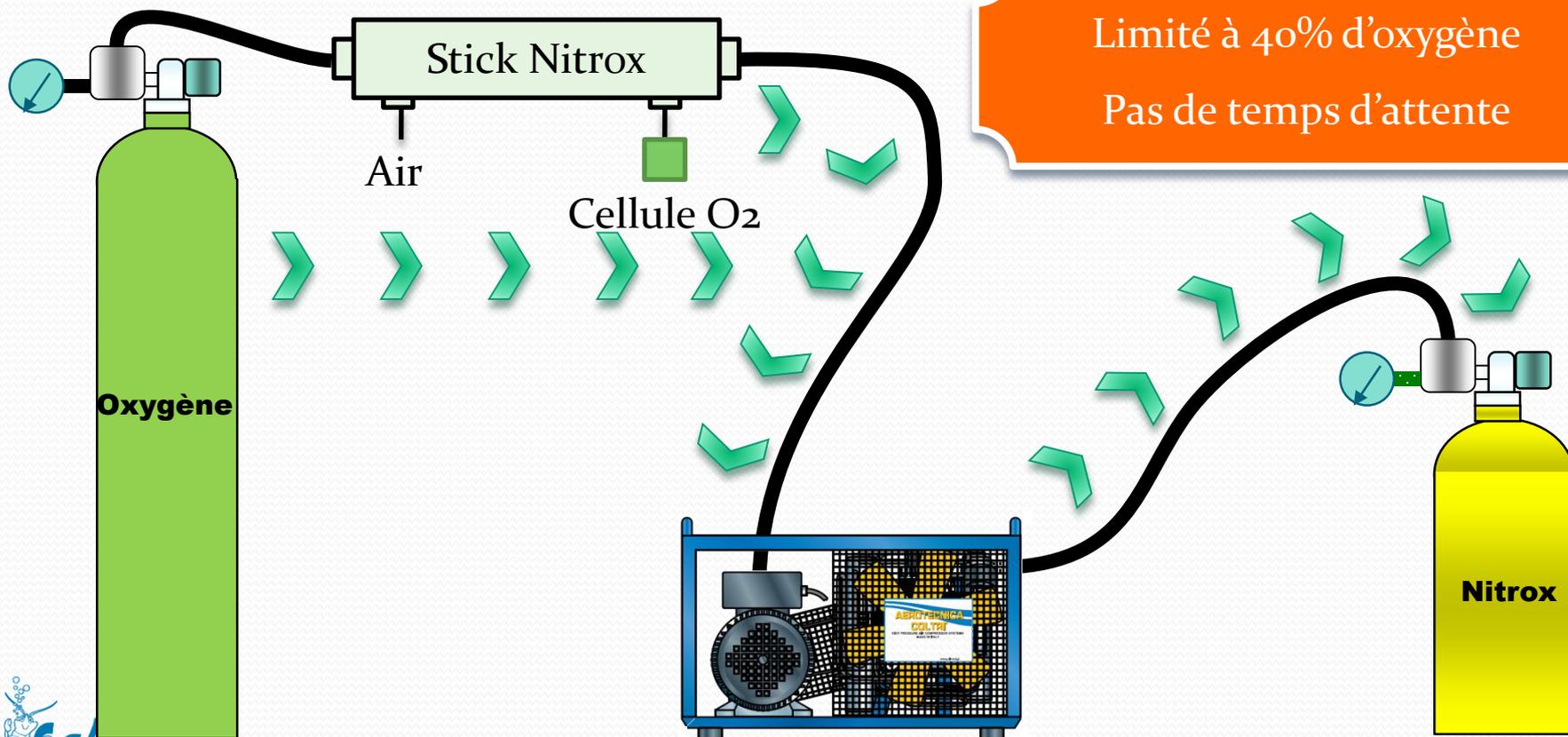
Besoin d'une chaîne « oxyclean »
 Remplissage lent en O₂ (5bar/min)
 Attendre 6h avant mélange homogène
 Tout l'O₂ dans la B50 n'est pas utilisable

2. Gonflage air



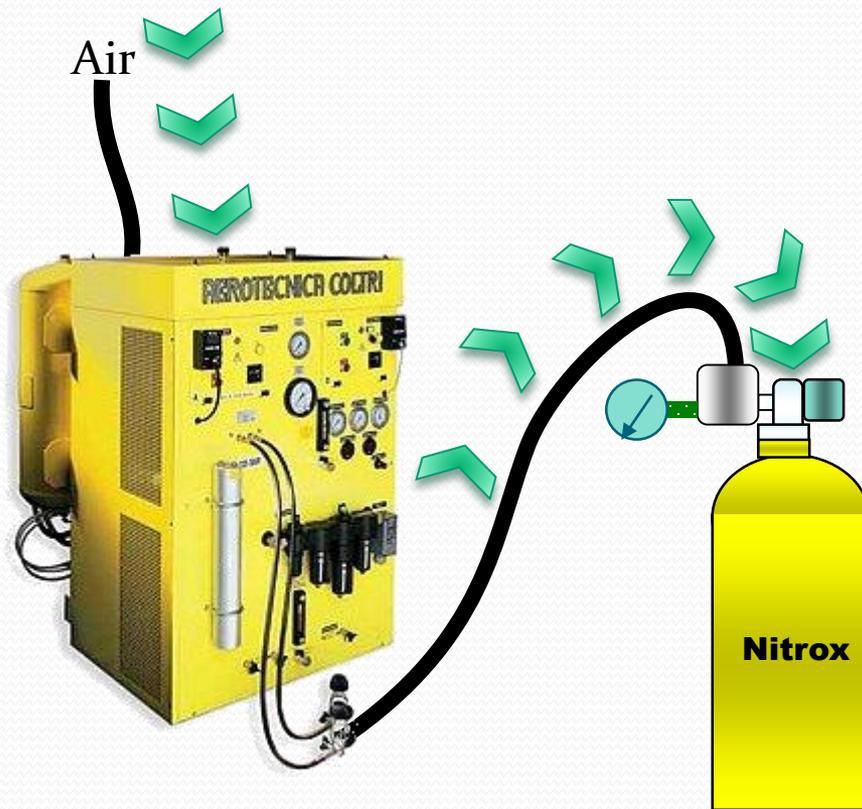
Au stick

- Une seule étape



Au compresseur à membrane

- Une seule étape



Limité à 40% d'oxygène
Pas de temps d'attente
Investissement onéreux

Préparatifs d'une plongée

Profondeur maximale

Equivalent air

Analyse du mélange

Marquage de la bouteille

Savoir ce qu'on va faire

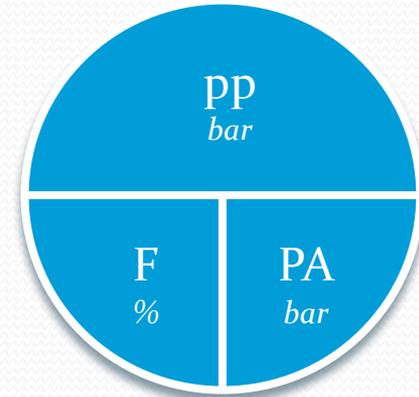
- Trouver la profondeur maximale
- Déterminer le mélange adapté
- Définir un temps maximal de plongée :
 - Temps au fond
 - Paliers
- Calculer son autonomie



Profondeur maximale

- Seuil limite de la ppO_2 (prévention de l'hyperoxie):
 - Fixé par le code du sport : $ppO_2 \leq 1.6\text{bar}$
 - Valeur max de 1.4bar admise

$$P_{abs} = \frac{ppO_{2\max}}{\%O_{2\max}}$$



- PMU pour une $ppO_2 = 1.6\text{bar}$ avec un Nitrox 32 :
 - $P_{abs} = 1.6 / 0.32 = 5\text{bar} \rightarrow 40\text{m}$
- PMU pour une $ppO_2 = 1.6\text{bar}$ avec un Nitrox 40 :
 - $P_{abs} = 1.6 / 0.40 = 4\text{bar} \rightarrow 30\text{m}$

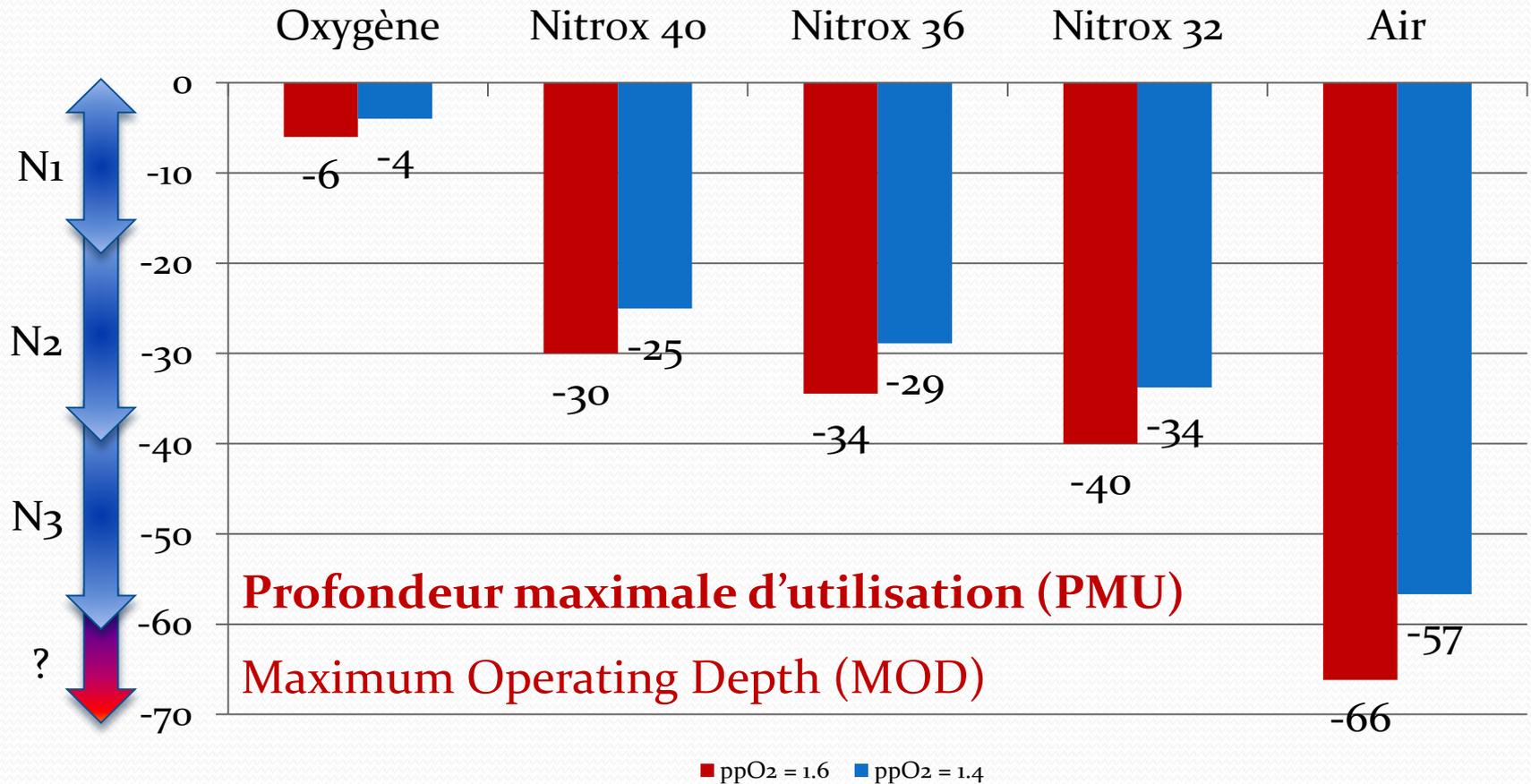
Choisir son Nitrox idéal

- Nitrox adapté à la profondeur maximale du site
- Toujours la même ppO₂ max

$$\%O_{2\max} = \frac{ppO_{2\max}}{P_{abs}}$$

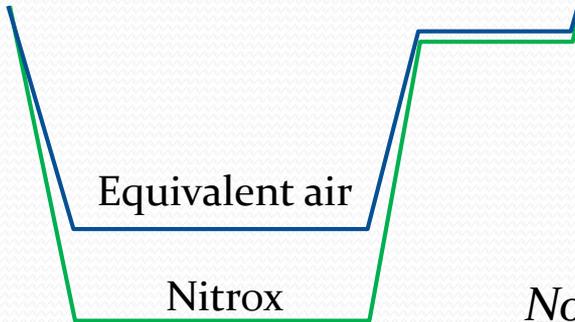
- %O₂ pour plongée à 40m avec ppO₂ = 1.4bar
 - %O₂ = 1.4/5 = 0.28 = 28% → Choix d'un Nitrox 28%
- %O₂ pour plongée à 36m avec ppO₂ = 1.4bar
 - %O₂ = 1.4/4.6 = 0.304 = 30.4% → Choix d'un Nitrox 30%

Profondeur maximale



La décompression

- **Rappel** : l'azote est à l'origine de la décompression
- Je trouve mes paliers en trouvant un air équivalent à mon Nitrox:
 - Profondeur équivalente à l'air (PEA), P_{AE} = Pression abs. équivalente
 - Equivalent Air Depth (EAD)



$$P_{AE} = P_{abs} \times \frac{\% N_{2Nitrox}}{0.79} \quad PEA = (P_{AE} - 1) \times 10$$

Note : la PEA est toujours inférieure à la profondeur réelle.

Analyse des mélanges

- 2 vérifications : mélangeur et plongeur
- Une méthode rigoureuse :
 - Vérifier la valeur à l'air (20.9%)
 - Ouvrir la bouteille pour avoir un faible débit
 - Mettre l'analyseur dans le flux (sans boucher)
 - Lire la valeur une fois stable pendant 10"
 - Vérifier que l'analyseur redescend bien à 20.9%
 - Noter son analyse dans le registre (nom, pourcentage d'O₂ et date)



Analyse – Quelques points

- Les cellules O₂ des analyseurs ont des limites :
 - Une durée de vie limitée (si doute, faire réviser)
 - Très sensible (température, humidité)
- Vérifier la cohérence des résultats avec la première analyse consignée dans le registre
- En cas de problème, le signaler !



Marquages

- Sur son bloc:

NITROX – Bloc #			
%O ₂		%O ₂	
PMU		PMU	
Pression		Pression	
Date		Date	
Gonfleur		Plongeur	



- Sur le registre :
 - %O₂, PMU, pression, date, nom & signature
 - Le bloc doit être référencé

Gestion d'une plongée

La décompression

Utilisation des ordinateurs

Utilisation des tables

Au cours de la plongée

La décompression

1 Plonger avec un ordi à l'air ou des tables à l'air :

- Décompression majorée par rapport au besoin
- Plus de « sécurité » sur la décompression

2 Plonger avec un ordi Nitrox ou des tables Nitrox :

- Décompression moins longue
- Pas plus de « sécurité » sur la décompression que les plongées habituelles

Les ordinateurs

- Définir son mélange (1 gaz ou plus)
- Définir sa ppO₂ max (usuellement entre 1.2 et 1.6)
- Vérifier avant chaque plongée les paramètres de son ordinateur (attention à la réinitialisation) ; connaître son ordinateur et ne pas le découvrir sous l'eau !
- Ne pas prêter son ordinateur au cours d'un séjour.



Frog
Heinrich Weikamps

Utilisation des tables



- Définir la PEA du Nitrox pour la profondeur maximale rencontrée, utiliser la PEA dans les tables
- Autres procédures identiques, mais :
 - Remontée rapide : prendre la $\frac{1}{2}$ profondeur réelle
 - Successive : prendre le %N₂ du deuxième mélange pour le calcul de majoration.
- Tables Nitrox :
 - Prendre la table ad-hoc
 - Utiliser la profondeur réelle

Profondeur (m)	18m	20m	23m	26m	27m	28m	29m	30m
18m	1 h 30	2 h 15	3 h 00	3 h 45	4 h 30	5 h 15	6 h 00	6 h 45
20m	1 h 45	2 h 30	3 h 15	4 h 00	4 h 45	5 h 30	6 h 15	7 h 00
23m	2 h 00	2 h 45	3 h 30	4 h 15	5 h 00	5 h 45	6 h 30	7 h 15
26m	2 h 15	3 h 00	3 h 45	4 h 30	5 h 15	6 h 00	6 h 45	7 h 30
27m	2 h 30	3 h 15	4 h 00	4 h 45	5 h 30	6 h 15	7 h 00	7 h 45
28m	2 h 45	3 h 30	4 h 15	5 h 00	5 h 45	6 h 30	7 h 15	8 h 00
29m	3 h 00	3 h 45	4 h 30	5 h 15	6 h 00	6 h 45	7 h 30	8 h 15
30m	3 h 15	4 h 00	4 h 45	5 h 30	6 h 15	7 h 00	7 h 45	8 h 30

Exemple de déco. Nitrox

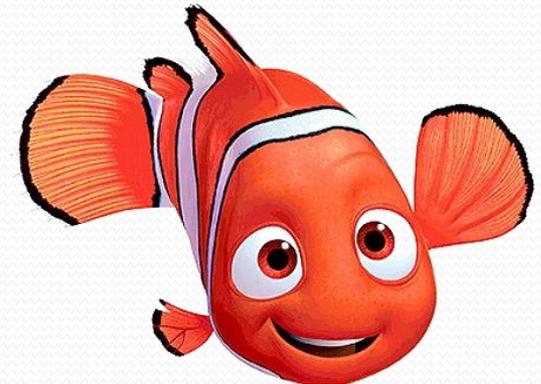
- Plongée de 40' à 30m au Nitrox 40
 - Pression absolue : $30/10+1 = 4\text{bar}$
 - Pourcentage d'azote dans le mélange : $1-40/100 = 0.6$
 - $P_{AE} = 4 \times 0.6 / 0.79 = 3.04$
 - Profondeur équivalente : $(3.04-1) \times 10 = 20.4\text{m}$

- Paliers de 2' @ 3m
- La même plongée à l'air : 24' @ 3m

22m	5 min		2	B	30m	5 min		2	B	
	10 min		2	C		10 min		2	D	
	15 min		2	D		15 min	1	4	E	
	20 min		2	E		20 min	2	5	F	
	25 min		2	F		25 min	4	7	H	
	30 min		2	G		30 min	9	12	I	
	35 min		2	H		35 min	17	20	J	
	40 min	2	4	I		40 min	24	27	K	
	45 min	7	9	I		45 min	1	31	35	L
	50 min	12	14	J		50 min	3	36	42	M
	55 min	16	18	K		55 min	6	39	48	M
	60 min	20	22	K		60 min	10	43	56	N
	1 h 05	25	27	L		1 h 05	14	46	63	N
	1 h 10	29	31	L		1 h 10	17	48	68	O

Au cours de la plongée

- Prévenir le guide de palanquée de l'utilisation de mélange enrichi.
- Tout reste identique (gestion d'accident, de déco)
- **Connaître sa profondeur maximale et ne jamais la dépasser → vérification régulière**
- Profiter des p'tits poissons.



Point réglementaire

Code du Sport

Cursus FFESSM

Code du Sport

- 2 aptitudes :
 - PN : Plongées au Nitrox limité à 40%
 - PN-C : Tous mélanges enrichis en oxygène
- Le plongeur est limité en profondeur par ses prérogatives de niveau ou d'aptitude et sa PMU :
 - Ex. : N2 encadré avec un Nitrox 40 = 32m maxi
- Dès qu'un plongeur plonge aux mélanges :
 - Le Directeur de plongée doit être PN-C
 - Le Guide de la Palanquée doit être PN-C



Cursus FFESSM & les mélanges

