An illustration of a diver in a blue tank, viewed from above, holding a yellow depth marker that reads '40m'. The diver is wearing a yellow mask and has a yellow tank. The background is a light blue, textured surface representing water or a wall.

# « Plongée Profonde à l'air » Formation Plongeur

**CLAS 2010**

*Jean-Luc Raeven  
Robert Froidville  
Marc Dorys*

# Avertissement



- Evolution de la plongée et Norme CEN
- Réforme des brevets
- PPA = brevet de spécialisation pour 3\*
- Matières connues
  - Matières du 3\*
  - Revod
- Matières conseillées
  - Nitrox et Nitrox avancé
- La PPA présente des risques à maîtriser => formation

# Plan de cours

- Introduction
- Rappels
- Gestion de l'air
- Gestion de la décompression
- Organisation - Planification
  - Air, Décompression, Limites et communication
- Gestion des incidents spécifiques
  - Panne air, Intoxications, Perte de compagnon
- Matériel
- Comportements
- Conclusion



# Introduction : Objectifs



- Exposer les dangers et risques particuliers
- Prendre conscience de :
  - La nécessité d'organiser une sécurité renforcée
  - L'importance de la planification
- Familiariser les candidats avec les techniques spécifiques, en particulier:
  - la décompression lourde
  - la gestion des incidents courants
- Présenter les problèmes liés au matériel et à sa configuration
- Sensibilisation au comportement du plongeur
- Acquérir une expérience complémentaire pour plonger profond de manière autonome

# Introduction : Administration



- Pré requis
  - Etre en possession du brevet 3\*
  - Avoir 10 plongées à 40m
  - En ordre de cotisation + visite + ECG
- Cours théoriques + examen
- Epreuves
  - toutes les épreuves de remontée de l'AM
  - palier en pleine eau (5min à 5m)
  - calcul de consommation
  - 3 plongées (+ volet théorique sur l'organisation)
- Prérrogatives
  - Accès à la zone au-delà de -40m à l'air
  - Il est vivement conseillé de ne pas dépasser -60m (Revod)

# Intro : Définition et attrait



- Définition :  
PPA = plongée à une profondeur supérieure à 40 m
- Attrait :
  - volonté de se dépasser
  - découverte de sites profonds
  - poursuivre son apprentissage
  - maîtriser de nouvelles techniques
  - acquérir de l'expérience
  - éprouver des sensations différentes
  - observer les espèces qui vivent à ces profondeurs
  - ...

# Rappels : matières du 3\*



- Gestion de la déco
  - Notion des théories de décompression
  - Maîtrise du moyen de déco
  - Capacité de planifier une déco simple
- Gestion de l'air
  - Connaissance des lois (Boyle et Mariotte, Charles)
  - Aisance dans les calculs de consommation
  - Capacité de planifier un calcul de consommation simple
- Toxicité des gaz
  - Azote : narcose
  - Oxygène : notion de ppo2 max
  - CO2 : essoufflement

# Rappels : Revod



- Moyens de déco
  - Tous
  - Primaire >< secondaire
- Profils de déco
  - No-déco
  - Déco légère
  - Déco lourde
- Limites
  - 60 m à l'air conseillé
  - Ppo2 max de 1.6
- Planification
  - Statique >< Dynamique

# Gestion de l'Air



## En plongée profonde:

- l'autonomie en air est inversement proportionnelle à la profondeur
- la panne d'air est plus fréquente
- chaque membre de la palanquée doit connaître sa consommation personnelle

## Il faut:

- déterminer la quantité de gaz nécessaire pour réaliser la plongée envisagée
- fixer la réserve
- déterminer les paramètres de la plongée réalisable avec la quantité de gaz donnée

# Gestion de l'Air



- Calcul du VRM (Volume Respiré par Minute)
- Calcul de consommation en fct de la profondeur
- Les imprévus
- La réserve
- Estimation de l'autonomie
- Plongée possible ? Adaptation éventuelle.

# Gestion de l'Air (VRM)



## Déterminer sa consommation personnelle

- plongée à -10m avec matériel habituel
- palmage à un rythme constant pendant 10 minutes
- relever la pression de votre bouteille au début et à la fin de l'exercice
- déduire votre consommation 'normale'
- même protocole, sauf: simulation effort intense

**Il faut connaître sa consommation en toute circonstance**

# Gestion de l'Air



**L'autonomie en air est inversement proportionnelle à la profondeur**

	En surface	A 20m (3bar)	A 60m (7bar)
Conso standard (effort normal)	20L / minute (1 atm)	60L/minute <i>(3 x plus qu'en surface)</i>	140L/minute <i>(7 x plus qu'en surface)</i>
Autonomie 15L à 200bar (3.000 L)	150 min	50 min <i>(37 min si rés. 50bar)</i>	21 min <i>(12 min si rés. 80bar)</i>
Autonomie 2*10L à 200bar (4.000 L)	200 min	66 min <i>(50 min si rés. 50bar)</i>	28 min <i>(17 min si rés. 80bar)</i>

# Gestion de l'Air - Imprévus



- Imprécision du manomètre
- Loi de Charles
- Dépassement du temps fond, de la profondeur
- Consommation plus importante que prévu (effort, stress)
- Panne d'air du binôme
- Interruption de palier
- Retour au bateau à la nage (sur le détendeur)
- Attente du bateau en surface (détendeur en bouche)
- Fuite d'air

# Gestion de l'Air - Réserve



## Qu'est ce que la réserve ?

- La quantité d'air pour les imprévus et/ou qui reste dans la bouteille lorsqu'on sort de l'eau ?
- La quantité d'air qui subsiste lorsqu'on décide de mettre fin à la plongée (et donc qui permet de remonter, d'effectuer les paliers, + les imprévus) ?
- 1/3 de la bouteille dans le calcul des 3 tiers (1/3 fond, 1/3 remontée + paliers, 1/3 imprévus) ?

**→ Dissiper le doute et établir une gestion de l'air claire**

# Gestion de l'Air

## Exercice : déterminer la quantité de gaz nécessaire pour réaliser votre plongée

- Plongée 12min à 60m
- Paliers : 1min à 9m, 4min à 6m, 10min à 3m
- VRM = 20L / min, bouteille 15L à 200 bars

### Solution :

- Fond :  $20\text{L}/\text{min} \times 12\text{min} \times 7\text{bar} = 1680\text{L}$
- Remontée :  $20\text{L}/\text{min} \times 6\text{min} \times 3,5\text{b (moyenne)} = 420\text{L}$
- Paliers :  $20\text{L}/\text{min} \times 1,5\text{b (moyenne)} \times 15\text{min} = 450\text{L}$

Qte d'air requise :  $1680 + 420 + 450 = 2550 \rightarrow 12,75\text{L à 200 bars}$

Si 50 bars pour imprévus  $\rightarrow 16,50\text{L à 200 bars}$

Si 3 tiers avec même tps fond :  $1680\text{L} \times 3 = 5040\text{L} \rightarrow 25,20\text{L}$

# Décompression de la PPA



- Déco lourde
  - Définition
  - Importance du moyen de déco secours
  - Planification
  - Possibilité d'effectuer les paliers
  - Quantité d'air
- Déco Nitrox ou O2
  - Définition Nitrox, brevets Nitrox
  - Avantages Nitrox / O2
  - Risques
  - Exemples

# Décompression Lourde



- Définition : décompression obligatoire avec:
  - TTS supérieur au temps fond ou
  - TTS excède 20 minutes
- Recommandation : max 1 plongée à décompression lourde par jour
- Toutes plongées avec les décompressions lourdes restent dangereuses
- La planification est fondamentale
- La sécurité doit être active.
- Si vous n'êtes pas en forme, restez sur le bateau

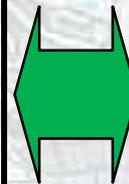
# Modèles de déco différents



- Si moyen de déco différents, les protocoles peuvent être différents (à planifier) :

## Modèles de type haldanien

Gradient le plus grand tolérable pour maximiser la vitesse de désaturation → **Paliers les plus proches de la surface possibles**



## Modèles de type bullaire

Limiter l'évolution du volume total de bulles circulantes lors de la remontée → **Paliers plus profonds** afin de laisser du temps au filtre pulmonaire pour éliminer les microbulles circulantes

# Déco aux « mélanges »



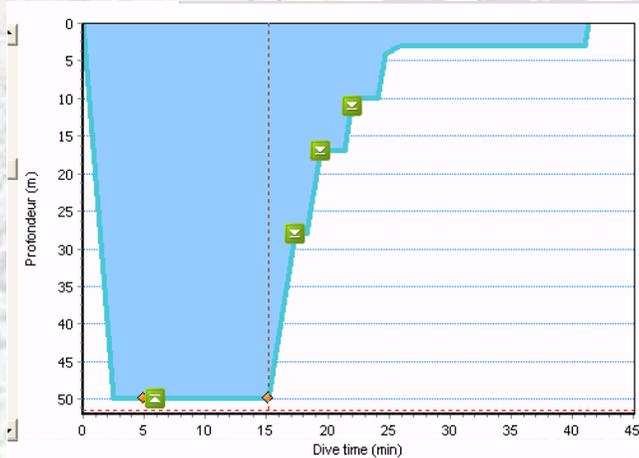
- **Intérêts:**

- Se donner une marge de sécurité
  - Maximiser le gradient tout en se maintenant à une pression ambiante sûre
- « accélère » la décompression
- Sert de traitement préventif
- Réduction de la fatigue
- Réduction du temps de paliers

- **Comment:**

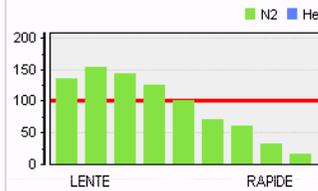
- bloc de décompression embarqué
- narguilé

# Décompression



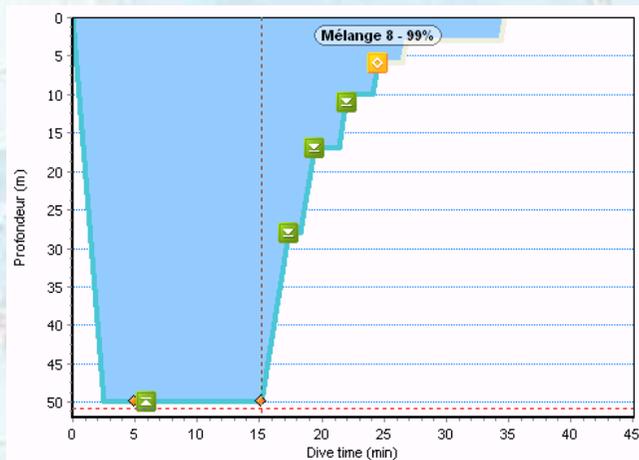
50 DEPTH M	
6,2 CEILING	23 ASC TIME
164 BAR	15 DIVE TIME

Saturation des tissus



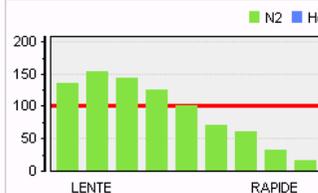
Air

A 50m TTS de 23 min



50 DEPTH M	
6,2 CEILING	16 ASC TIME
164 BAR	15 DIVE TIME

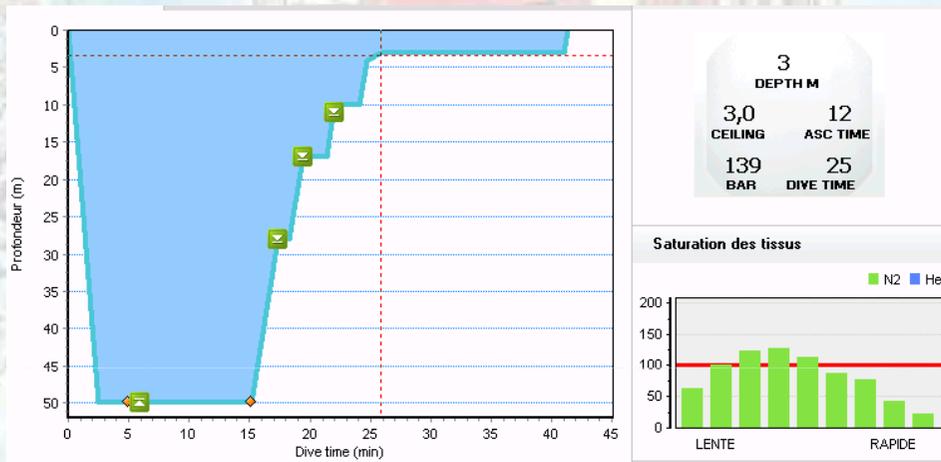
Saturation des tissus



Air - O<sub>2</sub>

A 50 m TTS de 16 min

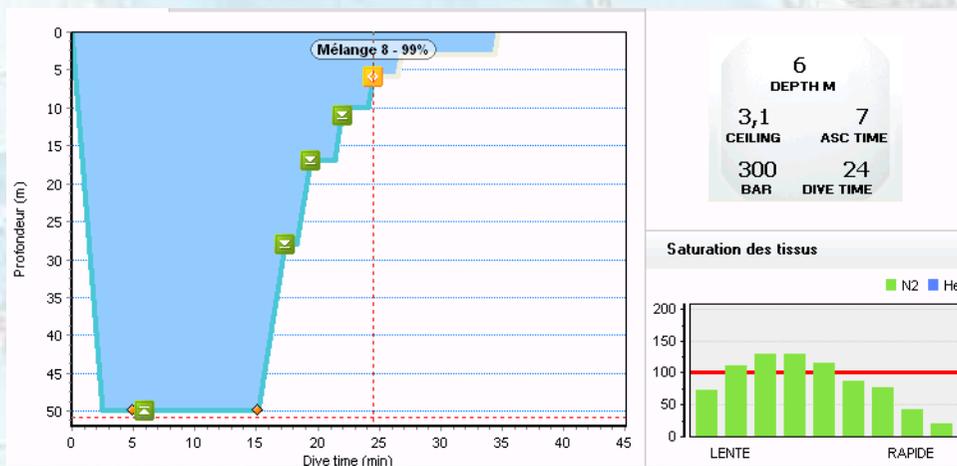
# Décompression



## Air

Au palier à 3m:

- TTS de 12 min
- Ps : Palier de sécu de 3 min à 3 m inclus

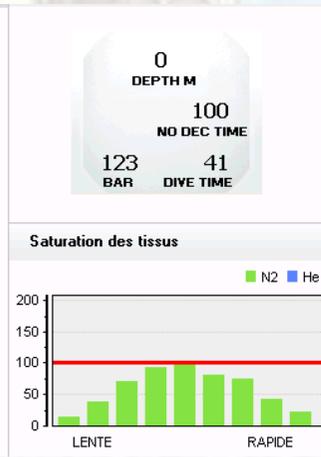
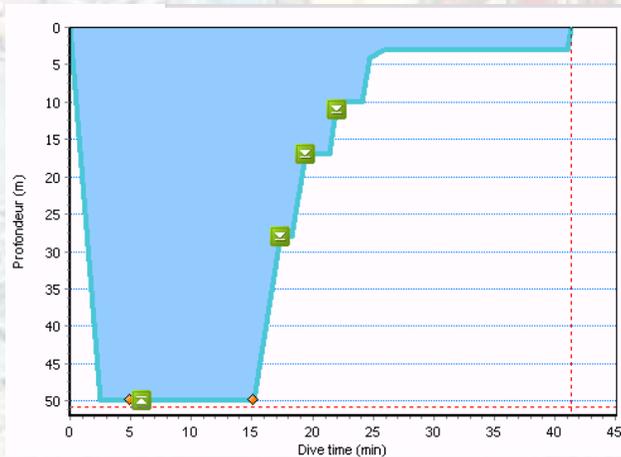


## Air - O<sub>2</sub>

Au palier ici à 6 m:

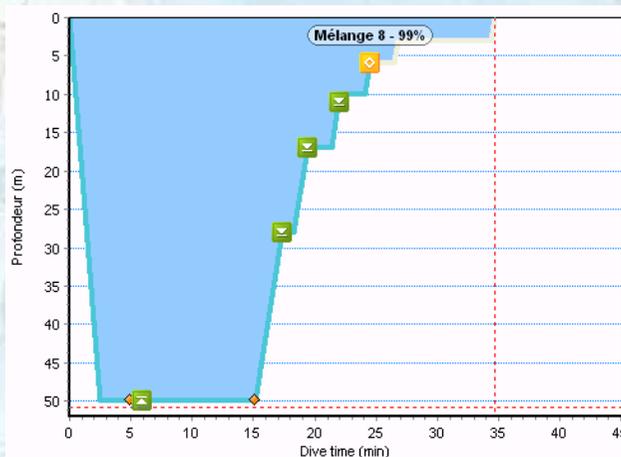
- Changement de gaz
- TTS de 7 min
- Ps : Palier de sécu de 3min à 3 m inclus

# Décompression



## Air

Tps total de plongée à air:  
41 min avec le palier de sécu compris



## Air - O<sub>2</sub>

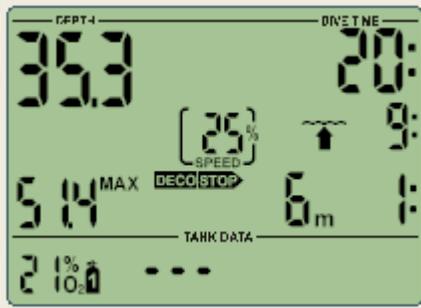
Tps total de plongée à l'air + déco l' O<sub>2</sub> :  
34 min avec le palier de sécu compris

# Règle pour une déco avec O2

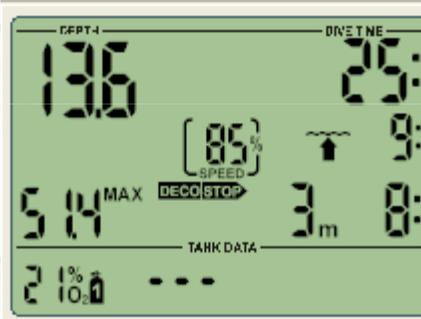


- Le temps de palier à 6 et 3 m déco à air est divisé par 2, avec un minimum de 5 min.
  - Exemple :
    - 22 min de palier à 3m → 11 Min à 3m
    - 8 Min de palier à 3m → 4 min mais c'est inférieur à 5 min donc je devrais effectuer 5 min de palier à 3m minimum

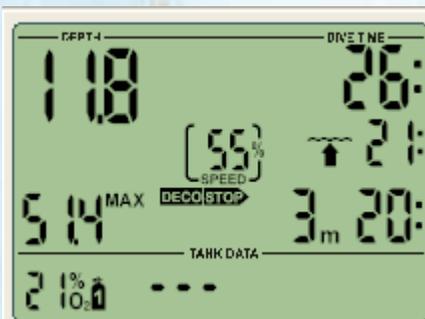
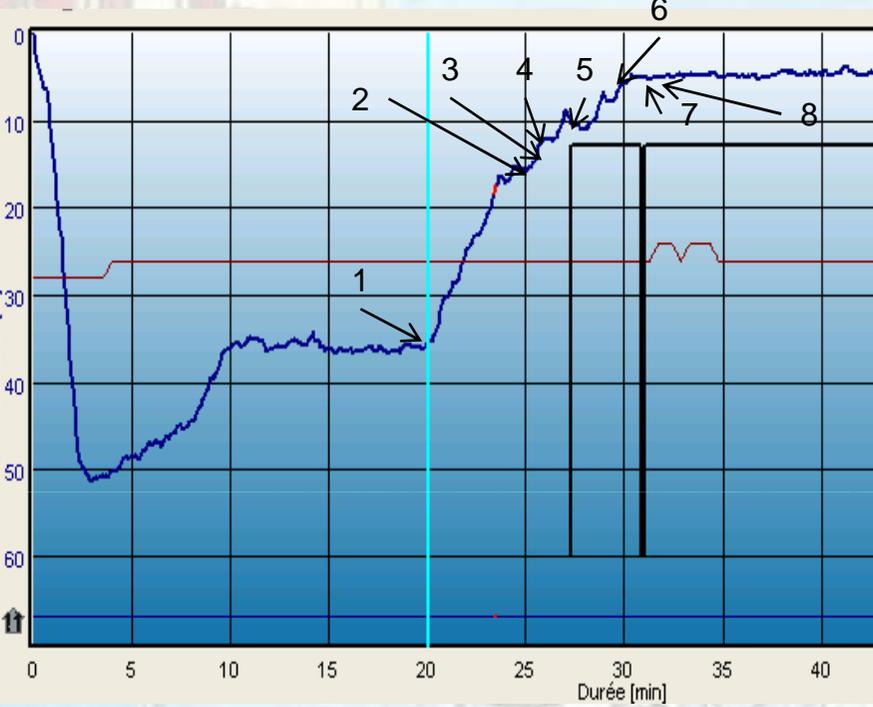
# Exemple déco nitrox 70%



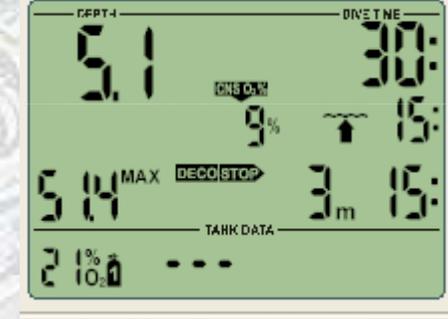
1



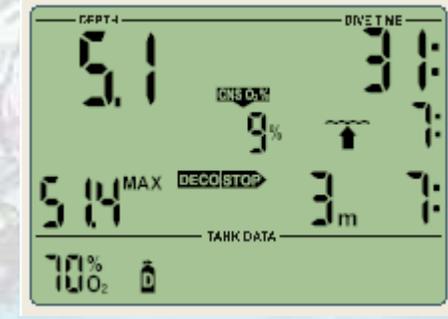
2



6



7



# Organisation - Planification



Ne pas confondre :

- Organisation = mise en œuvre d'une sortie plongée, travail préparatoire (administratif, sécurité, tiers...)
- Planification = estimer et fixer les paramètres de la plongée
- Briefing = information et description de la plongée

L'organisation n'est pas, comme d'autres matières, propre à la PPA mais sa bonne mise en œuvre est critique

=== > rappels d'organisation

# Organisation



- Réglementation et administration
  - Administration des plongeurs (cotisation, visite, ECG...)
  - Règlementation spécifique (pays, fédération...)
  - Normes CEN 14467
- Infrastructure
  - Logement – intendance
  - Encadrement des plongeurs
  - Centre de plongée, bateau, pilote
  - Relation avec les autorités, autorisations...

# Organisation



- Support en surface – palanquée de sécurité
- Matériel de secours
  - Oxygène (calcul d'autonomie)
  - Bouteille de réserve
  - Eau
  - Trousse de secours
  - Moyens de communication (VHF, GSM)
- Analyse des risques – What if ?

# Planification



- « Définitions »
  - Planifier = évaluer sa plongée de manière à éviter toute situation de stress
  - Planifier = fixer des limites qui permettent de rester dans un cadre sous contrôle
- Planification statique / dynamique
- Que planifier ?
  - Air
  - Déco
  - Limites de la plongée (prof., temps, TTS...)

# Planification : Air

- Définir et fixer la réserve en fonction des circonstances
- Estimer la quantité d'air nécessaire pour effectuer la plongée prévue en fonction :
  - Profondeur
  - Temps
  - VRM des membres de la palanquée
  - Contenance des bouteilles des membres de la palanquée
- Définir les informations échangées relatives à l'air
- Définir les conduites à tenir en cas de problème avec l'air (panne d'air, givrage de détendeur...)

# Planification : Déco



- Cohérence dans les moyens de déco
  - Primaire >< secours
  - Au sein de la palanquée
- Cohérence dans le choix des gaz de déco
- Cohérence dans la palanquée
  - Moyen de déco (cfr supra)
  - Niveau de sursaturation
  - Profils déco (paliers profonds, Haldaniens >< bullaires ...)
- Calcul du plan de décompression commun à la palanquée
- Planification de la décompression en situation anormale
- Détermination des exigences en termes de matériel

# Planification : Limites

- Planification Statique >< dynamique
  - Statique : on estime la plongée et fixe les limites
  - Dynamique : on vérifie les paramètres et on adapte aux circonstances
- Les limites peuvent changer => nécessité d'un mode de communication défini à l'avance
- Définition des déclencheurs de fin de plongée
- Exemples de limites :
  - Plan de plongée : durée max, profondeur max ...
  - Air : mi-bouteille, pression de déclenchement de fin de plongée, réserve ...
  - Déco : présence d'un palier à 6m, TTS max, temps de palier max ...

# Incidents spécifiques

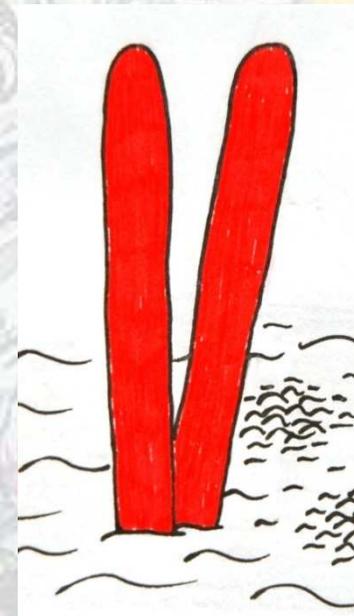


- Panne d'air
- Intoxication due au gaz
  - N2
  - CO2
  - O2
- Perte de compagnon

# Panne d'air



- Mieux vaut prévenir que guérir ( voir gestion de l'air)
- Chaque plongeur doit surveiller sa conso et communiquer
- Si victime → signaler immédiatement au binôme
- Si binôme :
  - Passage d'embout et passage sur le détenteur de secours
  - Fin de plongée et remontée assistée en air
- Si possibilité d'effectuer les paliers : ok  
sinon demande d'aide en surface



# Narcose



- Narcose = accident biochimique : intoxication due à  $N_2$
- La narcose augmente avec la profondeur
- Certains plus sensibles que d'autres : de 3.2 bars de pp  $N_2$  (-30m) à +/- 5 bars de pp  $N_2$  (-50m)
- Signes et symptômes divers
- Prévention : adaptation progressive à la profondeur, bonne forme, ... et rester vigilant
- Que faire ?
  - Victime : si capable : prévenir et remontée contrôlée
  - Compagnon : remontée contrôlée, pas redescendre

# CO<sub>2</sub> et profondeur



- Essoufflement : biochimique : intoxication due au CO<sub>2</sub>
- La source essentielle du CO<sub>2</sub> est endogène
- La plus grande part de la production de CO<sub>2</sub> est liée aux besoins physiologiques de base (respiration, circulation, maintien de la temp.) qui augmentent avec la profondeur
- Le risque d'essoufflement augmente avec la profondeur
- Prévention : matériel entretenu, limiter efforts, calme
- Que faire ?
  - Victime : cesser tout effort, retrouver son calme
  - Compagnon : remontée contrôlée, calmer

# Intoxication à l'O<sub>2</sub>



- Hyperoxie : accident biochimique : intoxication due à O<sub>2</sub>
- 2 effets :
  - Lorrain-Smith : atteint le système respiratoire (longue exposition à des pp O<sub>2</sub> importantes)
  - Paul Bert : atteint le Syst. Nerveux Central (dépassement d'un seuil maximum de pp O<sub>2</sub>) : perte de conscience
- Prévention : ne pas dépasser les seuils de pp O<sub>2</sub>
- Que faire ?
  - Compagnon : maintenir le détendeur en bouche, remontée contrôlée jusqu'en surface, prise en charge médicale

# Perte de compagnon



## En plongée profonde:

- les plongeurs sont expérimentés (min 3\*)
- les paliers sont importants

Si une autre solution que l'interruption de paliers et les retrouvailles en surface est possible, elle doit être privilégiée...

## Il faut:

- optimiser / adapter la procédure aux conditions de plongée
- s'assurer qu'elle soit connue de tous

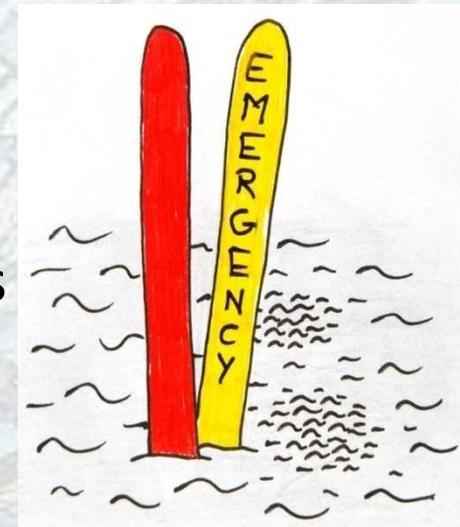
# Perte de compagnon

## La procédure CMAS :

- Tous remontent de quelques mètres, tournent sur 360° en regardant bien autour de soi (regarder également vers le haut et le bas), ceci ne peut durer plus de 30 secondes
- Si négatif, on remonte jusqu'en surface, à la vitesse de remontée prescrite

## Adaptations :

- Rdv à un point caractéristique surélevé
- Prévenir la sécurité et effectuer les paliers
- Tout le monde ne fait pas surface



# Matériel

- Triangle de vie
- Bonne configuration du matériel
- Adapter le matériel à la plongée
- Redondance – primaire / secondaire
- Grands principes



# Matériel



## Configuration :

- Respecter le triangle de vie
- Accroître l'hydrodynamisme
- Limiter les contacts dangereux entre le matériel et le milieu

## Adaptation :

- Adapter le matériel à la plongée envisagée

## Redondance :

- Doubler l'équipement vital



# Matériel



## Grands Principes du matériel :

- Il doit être sécurisant et fiable.
- Il doit être confortable pour le plongeur.
- Il doit être en quantité suffisante.
- Il doit vous aider en cas de besoin.
- Il doit être simple et facile d'utilisation.
- Robinets, etc..doivent être facilement accessibles
- Il doit permettre l'accès du " body rescue ".
- Assemblé selon les besoins du plongeur.

# Matériel

- Donne confiance au plongeur.
- Faible résistance hydrodynamique.
- Doit former une balance parfaite.
- Doit être identifiable par le toucher.
- Doit avoir un emplacement standard.
- Bien aligné et rangé.
- Doit être mis à jour avec attention.
- ....



# Comportements



## Comportements risqués

Routine et habitude,  
se reposer sur ses acquis,  
négligence

Recherche d'adrénaline,  
goût du risque,  
volonté de se faire peur,  
sentiment de rareté

## Comportements conseillés

Expérience et maturité  
technique, rigueur  
Alerte permanente et  
anticipation de l'évolution  
des conditions de plongée

Recherche de plaisir,  
d'accomplissements, de  
sensations différentes,  
conditionnée par une  
maturité dans la prise de  
décision et analyse de  
risques

# Comportements



## Comportements risqués

Émotions inhibées, sentiment d'invincibilité et excès de confiance, ou encore peur panique et manque de confiance

L'effet de groupe, le défi, la gloriole,

le sensationnalisme,

le désir de séduction....

Refus d'admettre un problème, un incident,

des symptômes particuliers

## Comportements conseillés

Préparation mentale, gestion du stress et de la peur, évolution progressive vers une profondeur maximale

Dialogue préparatoire avec les plongeurs, responsabilisation de toute la palanquée, validation par le groupe du plan de plongée, "écoute des sens"

Climat de confiance, dialogue avec les compagnons de plongée, faire appel à leur aide et leur expérience, ne pas hésiter à signaler toute situation inhabituelle

# Conclusion



**La PPA peut être résumée comme une plongée:**

- qui se prépare et se planifie
- qui se conjugue régulièrement avec déco lourde
- qui nécessite une maîtrise des techniques de plongée
- qui nécessite un contrôle de soi permanent (ventilation, ...)
- qui nécessite une grande rigueur dans son exécution
- qui nécessite un comportement responsable

**La plongée profonde se vit, se ressent, se partage ... elle vous attend.**



Merci pour votre attention.

Jean-Luc Raeven : [raevenjl@scarlet.be](mailto:raevenjl@scarlet.be)

Robert Froidville : [bob.f@skynet.be](mailto:bob.f@skynet.be)

Marc Dorys : [marc@dorys.be](mailto:marc@dorys.be)