

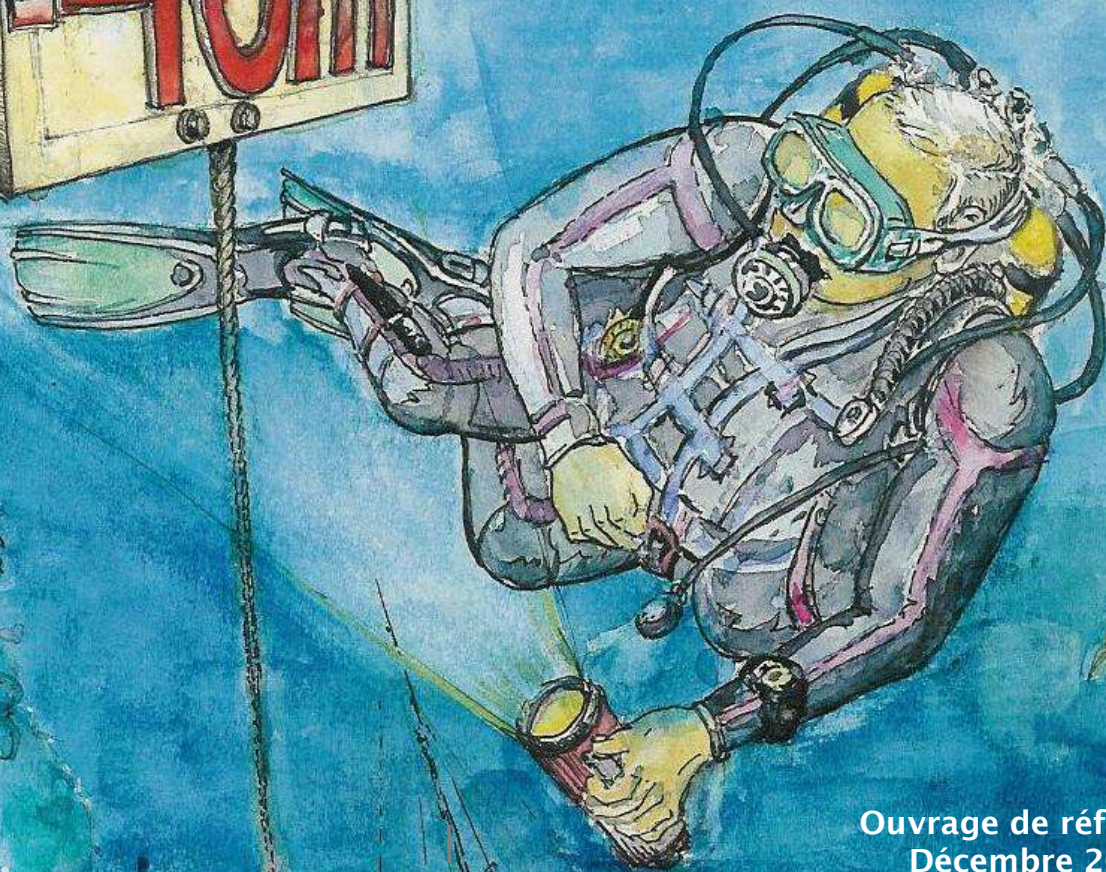
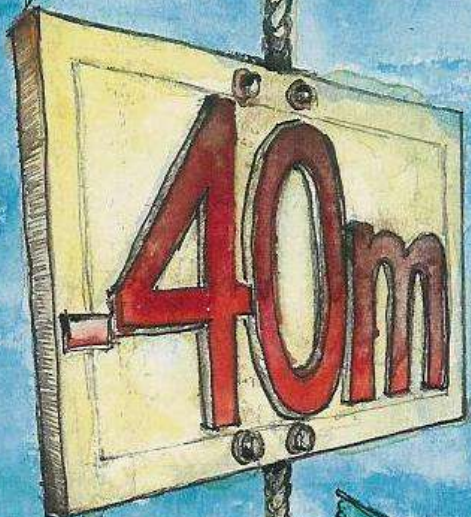
Commission de l'Enseignement

Plongée Profonde

à l'Air

Manuel

« Brevet de Spécialisation »



Ouvrage de référence
Décembre 2008



Ligue francophone de
recherches et d'activités
subaquatiques

Participants

Nom	Remarques
Valérie Woit	

Aquarelle de couverture	Jean-Pierre Carbonnelle
Dessins en pages intérieures	Lori Mahmoudian
Les crédits photos	Alain Norro : l'étrave du Grec (p11), l'hélice du Donator (p14), le congre (p92) ; Frédéric Tétart : déploiement parachute (p37) ; Gregory Jones : récupération des plongeurs (p38) ; Frédéric Brysse : plongeur dans le bleu (p91).
Les crédits textes	Groupe REVOD (Reproduction partielle repris dans 5.3.6.2 et 5.5.3), M.-I. JORIS (Reproduction partielle repris dans 5.2.2.1.a).

Approbation

Version	Remarque	Date
1.2	Version à destination du bureau	24/11/2008

Commission de l'Enseignement

Plongée Profonde

à l'Air

Manuel
« Brevet de Spécialisation »

Ouvrage de référence
Décembre 2008



Ligue francophone de
recherches et d'activités
subaquatiques

Table des matières

Introduction.....	3
1.1 L'accès à la profondeur à la LIFRAS	3
1.2 Manuel du brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air"	4
1.2.1 Préambule.....	4
1.2.2 Plan de cours.....	4
Le brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air"	6
2.1 Objectifs du brevet de spécialisation « Plongée profonde à l'air ».....	6
2.2 Exigences du brevet.....	6
2.3 Théorie	6
2.4 Epreuves.....	6
2.5 Homologation.....	7
2.6 Prérogatives	8
La plongée profonde à l'air	9
3.1 Définition	9
3.2 L'attrait de la plongée profonde à l'air.....	9
L'organisation de la plongée profonde à l'air	11
4.1 Les défis de la plongée profonde	11
4.1.1 Compétences relatives à la réalisation d'une plongée profonde	11
4.1.2 Méthode d'analyse des risques.....	11
4.2 La préparation d'une plongée profonde	18
4.2.1 Compétences relatives à la préparation	18
4.2.2 Réglementation et administration.....	18
4.2.3 Infrastructure - Le bateau et son pilote	20
4.2.4 Le support en surface	21
4.2.5 Le matériel de secours.....	23
4.2.6 Choisir le site de plongée	25
Les techniques de plongée profonde à l'air.....	27
5.1 La planification	27
5.1.1 Compétences relatives à la planification	27
5.1.2 Comment planifier une plongée profonde à l'air ?.....	27
5.2 Le déroulement de la plongée	28
5.2.1 La mise à l'eau	28
5.2.2 La descente	29
5.2.3 Le parcours sur le fond	32
5.2.4 Le retour vers la surface.....	32
5.2.5 La récupération	33

5.2.6	Communication entre la palanquée de sécurité et les plongeurs	34
5.3	La gestion des incidents les plus courants.....	36
5.3.1	Introduction à la gestion des incidents	36
5.3.2	Compétences relatives à la gestion des incidents	37
5.3.3	La panne d'air	37
5.3.4	La narcose à l'azote.....	45
5.3.5	Intoxication au dioxyde de carbone.....	47
5.3.6	La maladie de décompression.....	49
5.3.7	La perte de compagnon	53
5.3.8	Autres incidents.....	56
5.4	La gestion des incidents moins fréquents	56
5.4.1	Hyperoxie	56
5.4.2	Hypothermie	58
5.4.3	Incidents dus à la prise de médicaments, drogues et alcool	60
5.4.4	Autres incidents moins fréquents.....	61
5.5	La gestion de la décompression	61
5.5.1	Compétences relatives à la gestion de la décompression.....	61
5.5.2	Théories de la décompression.....	62
5.5.3	La décompression lourde.....	66
5.5.4	La décompression aux mélanges enrichis (Nitrox) ou à l'oxygène pur	72
5.5.5	Prendre l'avion	75
5.6	Le matériel et sa configuration	75
5.6.1	Compétences relatives à l'utilisation et à la configuration du matériel.....	75
5.6.2	Le matériel et la plongée profonde	76
5.6.3	La configuration du matériel	79
5.7	Le comportement du plongeur en plongée profonde	82
5.7.1	Compétences relatives au comportement.....	82
5.7.2	Le comportement du plongeur profond à l'air	83
	Conclusion	89
	Bibliographie	90
	Webographie	91

Introduction

1.1 L'accès à la profondeur à la LIFRAS

La plongée profonde à l'air est l'une des pierres angulaires de la conception de la plongée chez les plongeurs LIFRAS. Elle l'a toujours été, mais son enseignement et sa pratique ont lentement évolué au sein de la Ligue. Aucune limite de profondeur n'est d'ailleurs formellement inscrite dans le cursus LIFRAS avant le milieu des années 90. C'était l'époque où la plongée était encore considérée comme une véritable discipline 'sportive', inspirée jadis par les exploits de l'équipe Cousteau. La plongée sous-marine était alors, encore exempte de normes et autres formes de réglementations, la belle époque dirons certains.

Le monde (et le marché) de la plongée sous-marine évolue constamment : démocratisation, changement de mentalité, consumérisme et constante évolution du matériel ont rendu l'accès de cette activité toujours plus facile et attrayant pour un public de plus en plus diversifié. Ceci a engendré une évolution de la réglementation et a nécessité de revoir les modalités d'accès à la plongée sous-marine, notamment celles de la plongée profonde.

Le concept de formation et d'accès à la profondeur n'est réellement intégré au cursus LIFRAS qu'en 1997, lors de la réforme qui instaure le brevet d'initiation (1*), amenant de 3 à 4 le nombre de niveaux de plongeur et abandonne au passage les dénominations 'brevets élémentaire, moyen et supérieur' pour adopter celles de la CMAS (1* à 4*). L'accès à la profondeur est désormais conditionné par une expérience de plongée minimale (20 plongées) ; c'est le "Système des profondeurs progressives", initialement appelé 'Vignette'. Le plongeur 1* est ainsi limité à 20m et l'espace d'évolution des autres niveaux est scindé en 3 zones: accès jusqu'à 30m, accès à jusqu'à 40m et non limité en profondeur.

Le thème de la plongée profonde à l'air est un sujet qui interpelle souvent le plongeur LIFRAS qui voit ses prérogatives restreintes, en particulier à l'étranger où existent des réglementations tantôt nationales, régionales voir même locales plus restrictives que celles de la Ligue (France, Espagne, Maldives, etc.).

En effet, la plongée profonde à l'air est de plus en plus décriée comme trop dangereuse pour une activité de loisir à large public. A défaut de suivre aveuglément l'évolution d'autres fédérations ou organismes commerciaux de plongée, il est devenu urgent pour la LIFRAS de faire évoluer son enseignement, articulé autour des véritables défis posés par la pratique de la plongée profonde à l'air, afin de pouvoir la savourer en toute sécurité.

C'est dans le cadre de la **réforme** des brevets LIFRAS d'octobre 2008, faisant suite à la décision des Présidents des clubs de la LIFRAS d'adopter les normes européennes¹ relatives à la plongée subaquatique, qu'un nouveau projet relatif à l'accès à la profondeur est né. **Le niveau de brevet détermine désormais l'espace d'évolution en profondeur maximal. L'accès à une profondeur supérieure à 40m est soumis à l'obtention du brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air"**, accessible à partir du 3* et dont il est question dans ce manuel.

Ce type de brevet de spécialisation n'est pas nouveau. Il existe déjà au sein d'autres Fédérations et Associations de plongée sous un vocable différent et confère généralement un niveau de prérogatives inférieur à celui proposé par la LIFRAS. Notons, par exemple, le "Deep diver" de PADI qui étend la zone

¹ Il y a 5 normes européennes (3 décrivant les 3 niveaux de plongeurs : encadré, autonome, guide de palanquée ; et 2 décrivant les 2 niveaux de moniteur) qui ont été traduites en normes belges et publiées au Moniteur Belge en 2004.

INTRODUCTION

d'évolution du plongeur de 18m à 'de préférence' 40m et l' "Extended Range" d'IANTD qui donne accès à la zone de profondeur pratiquée s'étendant généralement jusqu'à 39m.

Tout comme les autres brevets de spécialisation de la Lifras (p.e. Plongeur Nitrox, Plongeur Nitrox confirmé, Vêtement étanche,...), le brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air" complète le cursus commun du plongeur 3*. Il a la particularité d'être le seul brevet de spécialisation obligatoire pour la présentation des épreuves du monitorat.

1.2 Manuel du brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air"

1.2.1 Préambule

Ce cours est la première version du manuel du brevet de spécialisation « Plongée profonde à l'air » (ci-après BdS PPA ou brevet de spécialisation PPA). Ce brevet de plongée technique a été créé à l'initiative du Comité des brevets dans le cadre de la réforme des brevets d'octobre 2008.

Ce cours s'appuie sur les connaissances et la pratique de la plongée développées tout au long de l'acquisition des trois premiers niveaux de plongeurs (1*-2*-3*). Le candidat plongeur profond doit donc être familier avec l'ensemble des notions contenues dans ces matières.

Il est conseillé, mais pas obligatoire, de disposer des brevets de spécialisation "Plongeur Nitrox" et "Plongeur Nitrox confirmé" avant d'entamer le brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air". Ces deux brevets de spécialisation s'imposent comme un complément incontournable pour tout plongeur qui souhaite se former aux techniques et aux équipements nécessaires à la pratique de la plongée profonde à l'air avec un maximum de sécurité, en particulier avec un gaz de décompression suroxygéné.

Une connaissance approfondie des procédures et moyens de décompression est bien évidemment un pré requis (cf REVOD). La plongée profonde relève très souvent du domaine et des techniques de la plongée à décompression obligatoire.

Ce cours est patrimoine de la LIFRAS, toute copie partielle ou intégrale, traduction et adaptation ne peuvent être faites sans son autorisation écrite.

1.2.2 Plan de cours

Après une brève présentation du contenu et des exigences du brevet de spécialisation (chapitre 2), le manuel entre dans le vif du sujet en répondant aux deux questions élémentaires :

- Qu'est-ce que la plongée profonde à l'air ?
- Pourquoi plonger profond ?

Le chapitre 3.1 définit la plongée profonde à l'air et en décrit les caractéristiques principales. Celles-ci sont détaillées et commentées pas après à travers tous les chapitres de ce manuel. L'attrait de la plongée profonde pour le plongeur Lifras est exposé dans le chapitre 3.2 et peut être complété par les aspirations personnelles du candidat.

Comme expliqué ci-dessus, le tronc commun du cursus suivi par le plongeur Lifras aborde déjà une grosse majorité des thèmes développés en plongée profonde (narcose, essoufflement, panne d'air, procédures d'urgence,...).

Cependant, les plongeurs ne sont pas encore préparés spécifiquement à plonger dans une zone de profondeurs parfois bien au-delà de leur espace d'évolution habituel, c'est-à-dire au-delà de leur propre expérience, ni à des profondeurs qui exigent de nouvelles techniques telle que la décompression 'lourde'.

Dans les manuels de plongée, on aborde rarement de manière holistique l'**organisation, la planification et la rigueur nécessaire pour faire de la plongée profonde.**

Pour que le plongeur puisse organiser et planifier ses opérations de plongée, afin d'en assurer le bon déroulement, le chapitre 4 relatif à l'organisation offre une vue d'ensemble des défis propres à la plongée profonde et détaille **une²** méthode, parmi d'autres, qui peut être suivie pour en analyser les risques. **Le résultat de cette analyse permet d'identifier les incidents probables et d'apporter des solutions préparées afin que ceux-ci ne se transforment en accidents dont les conséquences pourraient être dramatiques.**

C'est donc à partir de ce recensement que les chapitres suivants ont été développés. Le chapitre 4.2 expose les éléments principaux faisant partie de la préparation d'une plongée profonde et de l'infrastructure appropriée dont il faut disposer. Quant au chapitre 5 traitant des techniques à mettre en œuvre en plongée profonde, il aborde successivement les techniques spécifiques au déroulement de la plongée, à la gestion des incidents, à la décompression, au matériel et à sa configuration ainsi qu'au comportement des plongeurs.

De manière générale et afin de faciliter l'apprentissage, chaque chapitre débute par la présentation des compétences que le plongeur doit acquérir. Les points importants sont mentionnés en gras dans ce manuel.

Finalement, il restera au plongeur à utiliser ses connaissances théoriques pour les mettre en pratique et parvenir au but qu'il s'est assigné : **plonger profond en sécurité, avec de l'air comme gaz fond.**



² Cette méthode s'inspire largement de trois modèles d'analyse de risques :

- › le premier est suggéré par le **Service Public Fédéral - Economie, P.M.E., Classes Moyennes & Energie** dans sa brochure sur « Analyse des risques & Gestion des risques » lors de l'organisation de divertissements actifs ;
- › le deuxième est celui décrit par la **CMAS** dans les standards de 2002 relatifs à « la plongée aux mélanges » ;
- › le dernier est développé par **Yves GAERTNER**, instructeur national de la FFESSM, dans son mémoire « Confort et Plongée ».

Le brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air"

2.1 Objectifs du brevet de spécialisation « Plongée profonde à l'air »

- Exposer les dangers et risques particuliers rencontrés en plongée profonde à l'air,
- Faire prendre conscience de la nécessité d'organiser une sécurité renforcée,
- Insister sur l'importance de la planification,
- Familiariser les candidats PPA avec les techniques spécifiques de la plongée profonde à l'air, telles que la décompression lourde³ et la gestion des incidents courants,
- Présenter les problèmes liés au matériel et à sa configuration,
- Sensibiliser le candidat à la nécessité d'adopter un comportement adéquat et responsable,
- Préparer et accompagner le candidat pour ses premières plongées profonde à l'air et l'amener à acquérir une expérience complémentaire lui permettant de plonger profond de manière autonome.

2.2 Exigences du brevet

Le candidat plongeur profond doit :

- Être inscrit dans un club LIFRAS ayant statut d'école et être en ordre de visite médicale
- Être en possession du brevet de plongeur 3* (ou d'un brevet 3* obtenu par équivalence)
- Avoir totalisé un minimum de 10 plongées à 40m

2.3 Théorie

Cette formation doit être suivie préalablement à la réalisation des épreuves du brevet. Il s'agit d'un cours théorique dispensés en 2 modules de 1h30 minimum.

Le cours théorique est suivi d'un examen qui peut être réalisé à « cahier ouvert » (le candidat peut donc avoir recours à ses notes de cours et au présent manuel). Le contenu de l'examen théorique est déterminé par le moniteur en charge du cours, mais il doit porter sur l'ensemble de la matière.

Cet examen doit être réalisé avant les épreuves en EAO.

2.4 Epreuves

Le plongeur doit réaliser une série d'exercices et effectuer des plongées profondes à l'air en vue de démontrer ses compétences et sa technique. Il doit, dans l'ordre de son choix, effectuer :

- Toutes les épreuves de remontée du candidat Assistant Moniteur, reprises sur la carte de préparation au brevet PPA comme suit (à effectuer en EAO):

³ Voir Groupe REVOD, Lifras, Commission de l'enseignement, Groupe REVOD, Juin 2008, V 5, chapitre 1.5.

- PPA.4.1. Remontée technique d'un plongeur en pleine eau de 40m à 15m
 - PPA.4.2. Remontée assistée en air de 40m à la surface
 - PPA.4.3. Sauvetage d'un plongeur en difficulté de 15m, le remorquer sur 150m et le réanimer
- PPA.4.4 Après une plongée dans la courbe de plongée sans palier, effectuer un palier en pleine eau de 5 minutes à 5 mètres.
- PPA.4.5 Calcul de la consommation personnelle du plongeur : Au cours d'un palmage à un rythme constant et soutenu durant 10 minutes, à 10m de profondeur. L'évaluation de la consommation est déduite en observant la baisse de la pression dans la bouteille durant cette période.
- PPA.4.6 3 plongées à minimum 45m. Il est recommandé d'effectuer ces plongées après avoir réussi toutes les autres épreuves.
- Aucune simulation d'incident ne sera réalisée lors de ces 3 plongées. Cependant, le moniteur s'assurera que le candidat reste alerte et vigilant tout au long de la plongée.*

- Les 2 premières sont des plongées de formation incluant un volet théorique, dont l'encadrement est assuré par le moniteur.

Le volet théorique concernera principalement l'organisation et la préparation de la plongée du jour (voir chapitre 4). Une progression sera introduite lors de ces plongées de formation. La première doit servir à l'évaluation du 'confort' du candidat en profondeur et se déroulera de préférence avec un repère visuel tout au long de la plongée (type tombant, mur, sec ou avec un balisage lourd). La deuxième doit permettre (si les conditions le permettent) de démontrer au candidat l'efficacité des procédures de secours, par exemple par le déploiement – prévu et annoncé – de la bouteille de réserve. L'objectif est d'attirer l'attention du candidat sur le fait que les procédures doivent être connues et bien rodées, et qu'il faut les mettre en œuvre de temps en temps pour en confirmer l'adéquation.

- La 3^{ème} plongée ne peut être effectuée qu'après avoir réalisé l'ensemble des exercices mentionnés ci-dessus et de la réussite de l'examen théorique. Lors de cette dernière plongée à 45m minimum, le candidat plongeur profond à l'air doit :
 - › démontrer son aptitude à organiser, planifier et exécuter des plongées profondes à l'air,
 - › prendre la direction de la palanquée et démontrer ses capacités à effectuer de la décompression lourde, à utiliser son parachute de palier en pleine eau et à respecter le plan de plongée.

Idéalement, la profondeur maximale définie dans le plan de plongée doit être inférieure à la profondeur maximale du site afin de confirmer les capacités du candidat à gérer sa profondeur et respecter le plan de plongée. Il n'y a pas de réussite partielle de cette plongée. Si la réalisation de cette dernière plongée n'est pas jugée satisfaisante par le moniteur, une (des) plongée(s) profonde(s) à l'air supplémentaires peuvent être requises.

2.5 Homologation

L'homologation du brevet est réalisée par le secrétariat sur base des épreuves et plongées validés sur la carte de préparation au brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air". Les exercices de remontée réalisés étant identiques à ceux du brevet d'Aide Moniteur, ils peuvent être reportés sur la carte de préparation au brevet d'Aide Moniteur, leur validité est de 3 ans.

Le candidat qui finaliserait toutes les épreuves du brevet lors de vacances à l'étranger peut évoluer de manière autonome dans la zone des profondeurs supérieures à 40m, sans devoir attendre son retour en Belgique pour valider sa carte de préparation au secrétariat. Cela ne soustrait pas le candidat de devoir réaliser les 3 plongées avec un Moniteur LIFRAS.

Lors de l'homologation, un brevet de "Plongeur profond à l'air" sera délivré au plongeur.

2.6 Prérogatives

Le brevet de spécialisation "Plongée profonde à l'air" confère l'accès à la zone de profondeurs située au-delà de 40m.



La plongée profonde à l'air

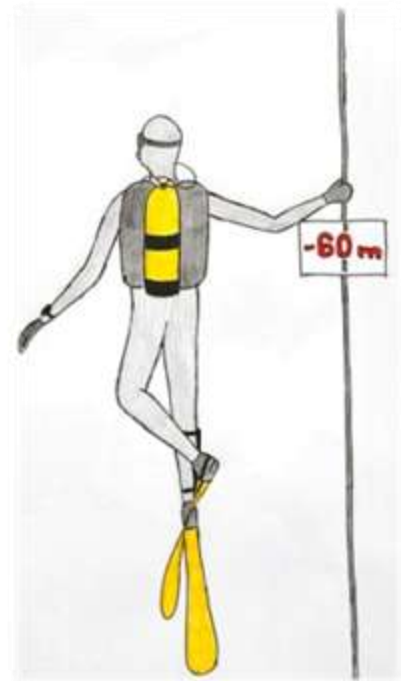
3.1 Définition

La plongée profonde à l'air est considérée comme une plongée technique par opposition à la plongée loisir. Cette dernière est désormais limitée à 40 m de profondeur maximum.

Pour la LIFRAS, la plongée profonde à l'air est définie comme toute plongée effectuée à une profondeur supérieure à 40 m. Ce type de plongée impose une organisation, des techniques de plongée et un comportement appropriés. Elle est notamment caractérisée par une planification préalable et une rigueur dans son exécution.

Un plongeur qui procède à sa première 30m ou sa première 40m devra considérer qu'il plonge profond et devra porter une attention particulière à la préparation et l'exécution de sa plongée. Toutefois, cette plongée réalisée dans un espace d'évolution s'étendant au-delà des profondeurs habituellement pratiquées n'est pas considérée comme une plongée profonde et sort du cadre de ce manuel.

Dans le cadre de la réforme de la décompression (REVOD, Octobre 2008), la LIFRAS a pris position quant à la profondeur limite à l'air. Elle recommande de ne pas dépasser la profondeur de 60m lors de l'utilisation de l'air comme gaz fond et cela tenant compte des techniques triox et trimix actuellement disponibles et des risques plus importants, de crise hyperoxique, de narcose à l'azote et d'essoufflement au-delà de cette profondeur.



3.2 L'attrait de la plongée profonde à l'air

Certains disent qu'il est inutile de plonger profond parce la beauté de la mer et de la vie qui s'y développe se situe dans les premiers mètres de la surface, plus précisément dans les 20 à 40 premiers mètres. Les êtres vivants recherchent les meilleures conditions pour vivre, se nourrir et se reproduire. Pour beaucoup d'entre eux, cette recherche aboutit à s'établir jusqu'à la limite inférieure de l'infralittoral, zone où la lumière est encore présente.

D'autres n'ont cessé d'envisager d'aller plus loin, plus profond. A une certaine époque, on jugeait les plongeurs en fonction des profondeurs figurant dans leur carnet de plongée. Ce temps est révolu, et la quête des grandes profondeurs (avec de l'air comme gaz fond) est aujourd'hui considérée comme irresponsable.

Dès lors, pourquoi plonger profond à l'air?

Il est évident que **la plongée profonde à l'air n'est pas une fin en soi**, mais plutôt une volonté de se dépasser et de visiter des sites profonds. Elle représente souvent un accomplissement personnel, parfois un besoin de conquérir les profondeurs de l'océan lorsque la plongée traditionnelle a perdu un peu de sa magie, est devenu monotone ou ennuyeuse.

Mais c'est aussi une manière de poursuivre son apprentissage, de maîtriser de nouvelles techniques, d'élargir son expérience, d'utiliser un matériel spécifique, et pour certains, l'occasion d'établir un lien plus étroit entre théorie et pratique.

Plus largement, la plongée profonde à l'air permet aux plongeurs de :

- satisfaire leur esprit de conquête, d'aventure et d'atteindre des lieux vierges et intacts, de plonger sur des sites qui seraient autrement inaccessibles, comme c'est le cas pour beaucoup d'épaves en Méditerranée (p.e. le Donator et la Drôme);
- éprouver des sensations différentes dues à la profondeur, de la baisse de luminosité, du calme et de l'atmosphère des profondeurs ; d'y observer des espèces qui ne vivent qu'à cette profondeur ou simplement qui s'y développent autrement ; tout y est à une plus grande échelle : les gorgones, les poissons, ... ;
- d'acquérir l'expérience nécessaire à la présentation d'un brevet de plongée technique tel que le trimix ou, plus simplement, en vue de l'obtention d'un brevet de moniteur.

Les travaux sous-marins étant du ressort de la plongée professionnelle, ils ne seront pas abordés dans ce manuel. Quant à la participation à la découverte de nouvelles espèces, elle est traitée par la plongée scientifique. Et, pour des recherches archéologiques, une formation spécifique est également nécessaire.

Ce ne sont donc pas les intérêts qui manquent pour pratiquer notre sport favori dans des conditions différentes. Pour ceux qui l'auraient oublié, **nous pratiquons la plongée avant toute chose pour nous faire plaisir**. Toutefois, la plongée profonde à l'air a ses limites et nous ne manquerons pas de les aborder dans ce manuel.



L'organisation de la plongée profonde à l'air

4.1 Les défis de la plongée profonde

Notre société se caractérise notamment par une aversion de plus en plus marquée pour le risque, et spécialement dans le cadre d'activités de loisir. La plongée profonde à l'air - tout comme n'importe quelle autre activité sportive - comporte un certain nombre de dangers. Le risque zéro n'existe pas.

Il faut donc s'organiser pour pouvoir prévenir et gérer ces dangers, en particulier ceux liés à la plongée profonde, de façon à ce que seuls des « risques acceptables et surtout acceptés » soient pris. L'analyse des risques permet d'identifier les incidents possibles et d'y apporter des solutions préparées afin que ces incidents ne se transforment pas en accidents.

4.1.1 Compétences relatives à la réalisation d'une plongée profonde

Le plongeur doit :

- être capable d'effectuer une analyse de risques⁴ adaptée à la plongée envisagée.
- connaître les dangers⁵ de la plongée profonde à l'air, en général, et être capable d'en identifier les risques spécifiques.
- être capable de prendre toutes les mesures nécessaires, adaptées aux circonstances de la plongée pour prévenir voir diminuer les risques identifiés.
- être à même de prendre des décisions correctes, garder son sang froid et d'exécuter efficacement les gestes techniques de secours en situation d'urgence.
- Le cas échéant, être capable de renoncer à la plongée envisagée ou d'y mettre fin prématurément.

4.1.2 Méthode d'analyse des risques

4.1.2.1 *Analyse à 5 niveaux*

L'analyse des risques consiste à **analyser les circonstances de la plongée** réparties en 5 niveaux: **l'organisation**, **l'environnement**, les **participants**, **l'équipement** et les « **opérations** » de **plongée**. Elle démarre en **se demandant ce qui pourrait mal se passer** à chacun de ces 5 niveaux.

Rarement complète et trop peu souvent adaptée aux circonstances spécifiques de la plongée envisagée, la liste des choses qui pourraient mal se passer doit être réévaluée et complétée en fonction de l'expérience et des circonstances. En effet, le plongeur profond à l'air devra identifier lui-même les risques associés pour les conditions d'une plongée particulière ainsi que les mesures les plus adéquates à prendre pour les prévenir et en limiter les conséquences éventuelles.

⁴ Le **risque** est une exposition à un danger potentiel, inhérent à une situation ou une activité mais c'est avant tout la probabilité qu'un événement quelconque survienne. Le risque d'une plongée peut être d'avoir un accident de décompression (d'où le lien avec la notion de danger et l'impact pour l'intégrité physique des plongeurs) mais il peut tout aussi bien être de rater le site de plongée suite à une mauvaise orientation.

⁵ Un **danger** est une situation, condition ou pratique qui comporte en elle-même un potentiel à causer des dommages aux personnes, aux biens ou à l'environnement, p.e. les conséquences d'une crise hyperoxique sur la sécurité ou l'intégrité physique d'un individu sont considérées comme des dangers ; la noyade qui peut survenir lors d'un essoufflement est considérée comme un des dangers de la plongée.

ORGANISATION

Par exemple, les circonstances d'une plongée profonde à l'air à 57m sur une épave de Méditerranée ne sont pas nécessairement les mêmes que celles d'une plongée 45m en Zélande.

A titre d'exemple, sont présentés ci-dessous **une** analyse (parmi d'autres) des risques génériques pour la plongée profonde à l'air à partir desquels le plongeur pourra réaliser la sienne.

4.1.2.1.a L'organisation

Réglementation : **méconnue** (ex : plongée effectuée sur un site où la plongée est interdite car située dans une zone militaire qui confronte le plongeur à des engins explosifs) ; **non respectée** (ex : plongée avec un 2* à 50m en Méditerranée qui pourrait amener l'assurance à se retourner contre l'encadrant voir à ne pas intervenir en cas d'accident).

Infrastructure : **inexistante** (ex : absence de balisage pour la première plongée profonde dans le bleu d'un plongeur qui pourrait être pris de vertige à la descente et se mettre dans de mauvaises conditions pour effectuer sa plongée profonde) ; **inadéquat** (ex : plongée du bord alors qu'un long palmage est nécessaire pour atteindre la profondeur souhaitée).

Support en surface : **inexistant** (ex : plongée profonde d'une seule palanquée, réalisée à partir d'un zodiac ancré, lorsque personne n'est en surface pour déplacer le pneumatique et intervenir au cas où la palanquée aurait été éloignée par le courant) ; **non qualifié ou inefficace** (ex : la palanquée de sécurité ne sait pas comment intervenir sur un incident ou n'y a pas été formé : engendre une aggravation des conséquences de l'incident) ; **inadapté** (ex : sécurité trop éloignée de la zone de plongée et se jetant à l'eau pour porter secours alors que la mer est bien formée) ; **n'ayant pas reçu d'instructions précises** concernant les procédures d'urgence utilisées par les plongeurs (ex : ne fait pas attention à un parachute unique qui serait « secoué » et ne porte pas assistance).

Matériel de secours : **difficile à mettre en œuvre** (ex : problème de manœuvrabilité du bateau pour s'approcher au plus près des plongeurs accidentés et leur porter assistance) ; **inadapté au lieu de plongée** (ex : utilisation d'un GSM au lieu d'une VHF pour appeler les secours alors que la portée de celui-ci n'est pas assurée) ; **inapproprié au groupe de plongeurs** (ex : quantité d'oxygène insuffisante par rapport au nombre de plongeurs accidentés).

4.1.2.1.b L'environnement

Le lieu : **inadéquat pour le niveau des plongeurs** (ex : première plongée profonde à l'air sur un site où la profondeur maximale dépasse largement la profondeur maximale recommandée à l'air qui est de 60m et qui n'offrirait pas de support adéquat au plongeur en difficulté) ; **inadapté à l'infrastructure disponible** (ex : descente dans le bleu sur l'épave non balisée d'un avion située à 54m avec comme risque de rater le site de plongée).

La météo : **instable** (ex : mer qui se creuse et rend la décompression plus délicate) ; **conditions dangereuses** (ex : vent, vagues, courant de surface, visibilité de surface, ... rendant la mise à l'eau et surtout la sortie de l'eau des plongeurs dangereuses ainsi que le support en surface plus difficile).

Les conditions : **inadaptées** (ex : courant de fond accroissant considérablement l'effort de déplacement des plongeurs ce qui perturbe leur décompression) ; **variables** (ex : visibilité changeante tendant à réduire les possibilités d'intervention en cas d'incident par manque de vision de l'ensemble des plongeurs de la palanquée) ; **ne correspondant pas à l'équipement prévu par les plongeurs** (ex : température de l'eau relativement basse rendant les longs paliers inconfortables et délicats en combinaison humide).

4.1.2.1.c Les plongeurs

Risques physiologiques exacerbés par la profondeur: **narcose à l'azote** et **problème de décompression** (ex : descente rapide en profondeur –en position tête basse– faisant apparaître l'ivresse plus rapidement ; exposition à une pression partielle élevée d'azote due à la profondeur entraînant un non respect des paramètres de plongée ; procédures de décompression inadéquates provoquant l'accident de décompression) ; **essoufflement, hyperventilation ou fatigue** (ex : viscosité - densité de l'air respiré et résistance du détendeur trop grande engendrant un travail respiratoire plus important amenant à un essoufflement; exposition à des pressions partielles élevées de CO₂ due à un parcours contre le courant en profondeur, ce qui peut conduire à une consommation trop importante (**panne d'air** et une impossibilité de réaliser les paliers) ; **hypothermie** (ex : longue décompression avec un vêtement inapproprié) ; **hyperoxie** (ex : exposition à une pression partielle élevée d'oxygène provoquant une crise de type épileptique entraînant la noyade) ; **mauvaise composition des gaz** (ex : problème de fabrication ou d'homogénéisation des mélanges de décompression) ; **intoxication au monoxyde de carbone** (ex : exposition à une pression partielle élevée de CO due à la qualité de l'air respiré : compresseur défectueux ou en surchauffe, gaz pollué, etc).

Risques liés au comportement du plongeur: **prise de risques inconsidérés** (ex : recherche de sensationnalisme, effet de groupe, stress entraînant la réalisation d'une plongée inadaptée à l'expérience d'un ou plusieurs compagnons ou à leur équipement, notamment en matière d'autonomie de gaz) ; **absence de remise en question, peu de vérification, pas de préparation** (ex : habitude, routine entraînant un manque de vigilance).

Risques liés aux connaissances et compétences du plongeur : **peu ou pas d'expérience** (ex : manque de rigueur, manque de prévoyance d'un débutant en plongée profonde non encadré par un plongeur entraîné), **pas de mise à jour/niveau des connaissances**, méconnaissance des incidents liés à la plongée profonde.

4.1.2.1.d L'équipement

Risques liés à l'équipement : **mauvais fonctionnement** (ex : détendeur non ou mal entretenu, défectueux, peu performant (ne fournit pas un débit suffisant en profondeur) ou réglé trop dur, chacun pouvant être la cause d'un essoufflement en profondeur) ; **mauvaise utilisation** (ex : lestage inadéquat pour une évolution en profondeur sans trop d'effort et pour la réalisation de longs paliers de décompression) ; **panne ou perte de l'équipement** (ex : perte du parachute ne permettant pas de se signaler aux paliers lors d'une perte de compagnon de plongée et engendrant la mise en œuvre de procédures de recherches non nécessaires) ; **manque de gaz** (ex : mauvaise planification des besoins en air pour la réalisation d'une plongée profonde rendant impossible la réalisation des paliers); risque lié à la manipulation, préparation, au stockage des mélanges de gaz pour la décompression et à la compatibilité des équipements (ex : utilisation de l'oxygène pur lors de la réalisation des paliers).

Risques liés à la configuration de l'équipement : **impossibilité d'utiliser l'équipement, de l'atteindre, de le replacer après utilisation** (ex : détendeur mal positionné et allant se coincer entre la bouteille et le gilet du plongeur au cours de la plongée) ; **manque de familiarité avec un équipement ou sa configuration** (ex : changement de la configuration du matériel d'un plongeur uniquement pour la plongée profonde engendrant une perte de temps et accroissant le risque d'incident lorsqu'il doit intervenir en profondeur) ; **manque d'hydrodynamisme** (ex : lestage inapproprié nécessitant une compensation

importante à l'aide du système de stabilisation du plongeur et requérant de sa part un effort plus important, matériels superflus et volumineux accrochés au plongeur rendant ses déplacements difficiles et hasardeux) ; mise en danger du plongeur par accrochage de l'équipement.

4.1.2.1.e Les « opérations » de plongée.

Risques liés aux procédures de décompression : **mauvais paramètres de décompression** (ex : erreur de lecture du moyen de décompression provoquant la réalisation de paliers inadaptés au profil de la plongée avec un risque accru d'accident de décompression) ; **non respect des paramètres** (ex : pas de contrôle/maîtrise de la profondeur et du temps des paliers), **remontée trop rapide** (ex : panique provoquant une volonté de remonter le plus vite possible vers la surface) ; **absence de planification** (ex : découverte des paliers à réaliser en cours de remontée – avec autonomie d'air insuffisante).

Risques liés aux procédures d'urgence et aux protocoles : **aggravation de la situation** (ex : méconnaissance des signes entraînant une perte de temps en profondeur lors de l'explication de la prise en charge d'un incident) ; **non application des procédures d'exception** (ex : malgré un effort important fourni, le plongeur n'applique pas la procédure d'exception pour la réalisation de ses paliers entraînant un risque accru d'accident de décompression) ; **pas d'unanimité sur les procédures à appliquer** (ex : non rappel de la procédure en cas de perte de compagnon entraînant l'impossibilité de localiser une partie de la palanquée avant la fin de ses paliers).

Risques liés au profil: **non respect du parcours prévu** (ex : erreur de largage pouvant provoquer l'arrivée sur un fond situé plus bas que la profondeur planifiée) ; **risque accru d'accidents** (ex : barotraumatisme due à une remontée en pleine eau non maîtrisée) ; **problème d'orientation** (ex : risque de remonter à un endroit fort éloigné du bateau et des moyens de secours).

4.1.2.2 Utilisation des résultats de l'analyse des risques

Premièrement, il faut **faire le tri entre les problèmes mineurs et les problèmes pour lesquels il faut préparer une solution, au cas où**. Il faut donc se fixer un certain degré de matérialité (du risque et de ses conséquences). En effet, l'impact d'une sangle de palme qui casse sur le bateau n'est pas le même que celui d'un plongeur essoufflé qui n'arrive pas à maîtriser sa respiration en profondeur.

Deuxièmement, dans les risques retenus, on s'attaquera d'abord aux **problèmes courants** qui sont rencontrés ordinairement en plongée profonde à l'air (ex : la narcose, l'essoufflement ou encore la panne d'air). Ils sont généralement bien connus. Le plongeur doit apprendre à gérer des événements similaires car la probabilité d'une telle situation est significative. Ce sont ces problèmes et incidents courants qui sont traités dans les deux chapitres suivants (5.3 et 5.4).

Par ailleurs, les 'méaventures' d'autrui sont souvent une bonne source d'informations pour identifier les problèmes communs. En effet, **l'analyse de rapports d'incidents** (qu'il s'agisse d'accidents, de quasi-accidents, de dommages matériels ou simplement d'incidents)⁶ donne un aperçu objectif supplémentaire

⁶ Explication des termes utilisés : par **accidents** on entend les accidents graves ayant provoqués par exemple des lésions dramatiques ; alors que les **quasi-accidents** font références aux situations où « on a eu de la chance » et qui auraient pu – dans d'autres circonstances – provoquer de tragiques conséquences ; les **dommages matériels** sont considérés comme des **incidents** tout comme les problèmes n'ayant pas de lourdes conséquences.

des risques liés à la plongée profonde. Il faut s'informer sur le déroulement des plongées profondes des autres afin que ces incidents ne se reproduisent plus.

Troisièmement, ce sont les **problèmes potentiels** qui seront traités. Ils sont rares et moins bien appréhendés par le plongeur. Pour les identifier, il faut se poser la question " **Et si... ?** ". Cette technique permet aussi d'envisager des situations auxquelles on n'aurait pas pensé. Par exemple, on peut se poser la question "Et si l'inflateur de mon gilet reste bloqué en position de gonflage, que dois-je faire ?", "Et si mon binôme présente des symptômes d'accident de décompression lorsque nous sommes au palier, que dois-je faire?" ou encore "Et si le moteur du zodiac est cassé alors que je dois amener mon compagnon de plongée à l'hôpital le plus vite possible, que dois-je faire ?".

Cela revient à évaluer :

- › la **probabilité qu'un risque survienne** (en lien direct avec le degré d'exposition au risque au cours de la plongée envisagée),
- › la **possibilité de l'éviter**,
- › et **l'ampleur de ses conséquences s'il se réalise** (sa gravité).

A partir de là, il faut trouver un juste **équilibre** entre les solutions envisagées (contraintes liées à la sécurité) et les bénéfices de ce qu'elles apportent.

Quatrièmement, pour ne pas devoir gérer une crise sous l'eau, il est impératif de mettre en œuvre tous les moyens raisonnables pour l'éviter. Par exemple, pour minimiser les problèmes de désorientation ou de vertige lors d'une descente dans le bleu, il est prudent de prévoir l'utilisation d'un balisage pour donner un point de repère aux plongeurs.

Lorsqu'un problème se présente, on n'a pas toujours la possibilité ou la capacité d'élaborer sur le pouce une solution appropriée et d'agir avec sang froid, surtout en immersion. Les incidents rencontrés en plongée profonde cumulent généralement plusieurs difficultés (stress, panne, désorientation, ...). Ils peuvent s'aggraver lorsque la situation est mal appréciée ou lorsque la réaction est inappropriée (remontée d'urgence lorsqu'une que l'incident ne nécessite qu'une assistance en air par exemple). Dès lors, si on ne peut l'éviter, il faut:

- › **envisager des solutions** et y être entraîné avant de plonger (" **Et si... ?** "),
- › s'assurer que ces solutions soient bien **connues de tous**, y compris de l'équipe en surface,
- › ne pas hésiter à avoir recours à des 'check listes' ou d'autres moyens mnémotechniques,
- › disposer des **plans d'urgence principaux sur papier** afin qu'ils soient directement utilisables par l'équipe en surface.

Cette réflexion doit s'effectuer avant la mise à l'eau, de préférence au calme où il est possible de se concentrer, plutôt que dans une situation de stress (ex. pressé par des exigences d'horaire), ou par des distractions incessantes (ex. sur le pont d'un bateau).

En situation de crise, même hors de l'eau, la situation se détériore généralement très vite et les options de secours disparaissent tour à tour. C'est donc en **anticipant et en se préparant** que l'on peut espérer apporter en cas d'urgence une réponse appropriée.

Mais, de manière générale, il subsistera toujours un certain risque résiduel, ce sont les aléas du hasard, des contraintes matérielles, d'encadrement ou de temps. Cependant, tant que ce risque résiduel n'apparaît pas comme « acceptable », le plongeur profond doit agir sur la source ou/et sur les conséquences du risques afin de ramener la situation à un niveau « acceptable ». A défaut, il doit renoncer ou modifier sa plongée.

ORGANISATION

Comme chaque plongeur peut avoir une appréciation ou une aversion très différente du risque, l'arbitrage de ce dernier pour tous les participants peut devenir une tâche très difficile voir impossible. Il va de soit que le responsable de la sortie et le chef de palanquée doivent s'assurer en fin de comptes que les mesures prises soient satisfaisantes. La sécurité des membres de la palanquée ou du groupe est sous leur responsabilité.

Vous l'aurez compris: **la plongée profonde ne s'improvise pas !** Toutefois, **il n'y a pas d'approche universelle rigide de la sécurité.** Les mesures de sécurité doivent être appropriées aux participants et aux circonstances de la plongée.

4.1.2.3 Exemple de "Et si ... que faire ?"

Et si, lors de l'arrivée sur site, je constate que la mer est bien formée et que les conditions sont changeantes.	Alors, j'opte pour un autre site de plongée plus à l'abri. Si ce n'est pas possible, je reprends la météo pour m'assurer que la mer ne va pas se creuser encore plus et diffère ma mise à l'eau. Je réduis la profondeur et le temps de la plongée pour plonger dans la courbe de non paliers.
Et si je constate en ouvrant ma bouteille avant une plongée profonde qu'elle n'est plus gonflée à 210 bar ?	Alors, je regonfle mon bloc ou change de bouteille. Sinon, je replanifie ma plongée en fonction du gaz disponible, je réduis la profondeur et/ou le temps de ma plongée.
Et si mon binôme est pris de vertige à la descente ?	Alors, j'arrête la descente, ramène son attention sur le balisage de descente et me place devant lui pour lui fournir un point de repère supplémentaire. Si cela ne suffit pas, j'interromps la plongée.

4.1.2.4 Exemple de "Plan d'urgence"

Un plan d'urgence est une sorte de **liste des actions que le support en surface doit entreprendre**, qui comprend **toutes les informations utiles** pour procéder à chacune des étapes, **pour prendre en charge efficacement un accident.** Son objectif est d'assurer une assistance immédiate et une évacuation vers la structure médicale appropriée dans les plus brefs délais. Il doit permettre au **support de surface qui va coordonner les actions** de:

- › ne rien oublier (par exemple, le rappel des autres palanquées) ;
- › ne pas devoir chercher dans l'urgence et la précipitation des événements : les informations utiles (comme le numéros de téléphone des urgences de l'hôpital vers lequel il faut évacuer, des pompiers du pays dans lequel on se trouve, du caisson le plus proche et des autres capables de prendre en charge une/plusieurs victimes, du CROSS, du DAN ... voire des médecins à contacter pour divers petits bobos) ainsi que les procédures d'appel (notamment, lorsque l'on se trouve en mer et que l'utilisation de la VHF est requise).

Les plans d'urgence sont donc **spécifiques au site de plongée** (notamment, au pays dans lequel se trouve le site, à sa localisation en mer ou à terre, à son éloignement par rapport aux services de secours). Les deux plans principaux qui doivent être préparés sont ceux qui reprennent les étapes de la prise en charge :

- › d'un accident qui se déclare pendant les opérations de plongée ;
- › d'un accident qui se déclare en dehors (avant/après) des opérations de plongée.

Prenons le premier cas (le site de plongée est situé en mer):

Etapas du plan d'urgence	Qui ?	Quoi - Comment?
Remorquage, déséquipement et sortie de l'eau de la victime	Palanquée de sécurité (à défaut membre de la palanquée de la victime)	Sortie de l'eau à l'échelle (par un plongeur portant la victime, aidé par la sécurité de surface qui tire la victime à l'aide d'un harnais, ...)
Prise en charge du reste de la palanquée Contrôler la feuille de palanquées pour assurer que la palanquée est au complet et la compléter avec les paramètres de plongée	CP (à défaut SF) Palanquée de sécurité 4.1.3	Feuille de palanquées
Evaluation de la situation et bilan de l'accidenté	Palanquée de sécurité ou CP (sauf si présence médecin, paramédical, secouriste expérimenté)	4.1.4
Préparation du matériel de secours et préparation espace de traitement de la victime	A désigner	Matériel de secours (O ₂ , trousse de secours, couverture, eau, ...) qui se trouve ...
Prise en charge de l'accidenté (O ₂ , BâB, RCP, soins,..) jusqu'à arrivée des secours	Palanquée de sécurité	4.1.5
Compléter la fiche d'évacuation	A désigner	Fiche d'évacuation
Appel des secours	Support de surface (pilote si l'on est en mer)	<ul style="list-style-type: none"> - Canal d'appel : 16 sur la VHF - Informations à donner (bilan de la victime, paramètres de plongée, manœuvrabilité du bateau) - procédure d'appel des secours par VHF (à détailler)
Prise en charge des autres palanquées Nombre de palanquées encore à l'eau ? Interrompre mise à l'eau / rappel des palanquées	Support de surface	Feuille de palanquée Moyen de rappel des palanquées + mode d'emploi/fonctionnement qui se trouve ... (à préciser)
Si hélitreuillage, libérer la plage avant/arrière, arrimage du matériel	A désigner	4.1.6
Rassembler le matériel de plongée de la victime (ordinateur pour l'évacuation, autre pour enquête éventuelle)	A désigner	4.1.7
Assistance diverse	Tous	4.1.8
Guider les secours	A désigner	4.1.9
Procéder à l'évacuation ; prévenir les proches ; compléter la déclaration d'accident		4.1.10

4.2 La préparation d'une plongée profonde

4.2.1 Compétences relatives à la préparation

Le plongeur doit:

- être capable d'organiser lui-même une plongée profonde à l'air tant du point de vue de l'infrastructure, du support en surface et des moyens de secours que de celui du choix du lieu de plongée en fonction de la météo et des conditions de plongée.
- connaître la réglementation qui s'applique à la plongée profonde à l'air, le matériel de sécurité et de plongée nécessaire, les points importants pour la formation des palanquées et les consignes particulières à donner aux plongeurs profonds dans le briefing général.
- maîtriser et savoir appliquer les procédures d'appel des secours.

4.2.2 Réglementation et administration

4.2.2.1 *Réglementation - recommandations*

La réglementation qui intéresse le plongeur profond à l'air est sujette à évolution constante et requiert une mise à jour régulière. L'objectif de cette recherche doit permettre au plongeur profond à l'air de **réaliser ses opérations de plongée en accord avec la réglementation applicable à ce type de plongée.**

- **Réglementation spécifique locale:** Le principe de base est de plonger profond à l'air partout où c'est possible, où c'est permis, où ça en vaut la peine et où ce n'est pas excessivement dangereux. Il faut donc se renseigner pour savoir si une réglementation au sujet de la plongée profonde à l'air existe dans le pays (région, état, province etc.). Notons par exemple que la France⁷ a promulgué un arrêté limitant la plongée à l'air à 60m de profondeur, que l'Espagne⁸ limite la profondeur à 40m en plongée autonome à l'air par arrêté ministériel ou encore que l'Égypte⁹ limite aussi la profondeur à 40m. On ne fait pas ce que l'on veut où l'on veut.
- **Réglementation spécifique à la fédération à laquelle on appartient :** Selon les Fédérations et Associations de plongée, la profondeur à partir de laquelle la plongée est considérée comme profonde varie énormément. Notre fédération autorise la plongée en carrières, lacs et rivières jusqu'à 40 m et déconseille de dépasser cette profondeur en Zélande. Dans le cadre de la réforme de la décompression (REVOD), la Lifras a formulé la recommandation visant à ne pas dépasser la profondeur maximale de 60 m avec de l'air comme gaz fond. Par ailleurs, au niveau de la CMAS¹⁰, une recommandation vient d'être rappelée quant à la pression partielle d'oxygène maximale acceptable en mélange fond. Elle est fixée à 1,4 bar, ce qui permet d'atteindre une profondeur de 56m avec 21% d'oxygène (air).

⁷ Arrêté du 22/06/1998 publié au **Journal Officiel** du 11/07/1998 et modifié par un Arrêté du 28/08/2000 publié au **Journal Officiel** du 06/09/2000.

⁸ **Normas de actividades subacuáticas en España.** Orden del Ministerio de Fomento del 14/10/1997. Publicada en el B.O.E. (Boletín Oficial del Estado) del 22/11/1997 (número 280). Art 24.8 "Los límites de profundidad para operaciones de buceo con aire quedan determinados por las siguientes cotas a nivel del mar: 40 metros: Inmersiones con equipo autónomo de aire ; 55 metros: Inmersiones excepcionales con aire o nitrox (aire enriquecido)".

⁹ En Égypte, il n'y a pas de loi à proprement parler, mais plutôt un consensus auquel les centres de plongée ont souscrit de commun accord avec la province de la mer Rouge et son gouverneur.

¹⁰ Fifth Edition of the **CMAS** Technical Committee Newsletter, September 2008.

Le préambule de ce manuel précise que le PADI considère la plongée comme profonde à partir de 18m et prévoit un module de spécialisation à la plongée profonde à partir de cette profondeur. L'approche est similaire chez IANTD, une autre des associations de plongée qui propose un module de spécialisation, appelé "Extended Range", et où la plongée profonde commence à partir de 30m.

- **Réglementation spécifique au lieu de plongée** : Malgré que la plongée profonde à l'air en Zélande ne soit pas interdite, le plongeur profond doit également tenir compte de la réglementation locale qui peut souvent être plus contraignante. En effet, les zones de plongée accessibles¹¹ en Zélande telles que définies par le règlement de la police de la navigation intérieure reprennent une série de sites sur lesquels les profondeurs supérieures à 40m existent, mais sont interdites (comme c'est le cas à Anna Jacobapolder) puisque cela impliquerait de plonger sous les chenaux de navigation, alors que c'est interdit.
- **Réglementation spécifique découlant du moyen de décompression** : Lorsqu'un plongeur profond à l'air utilise les tables Lifras 1994, il ne peut réaliser de successive si sa première plongée dépasse les 57m. Lorsqu'il utilise un ordinateur, la successive est interdite si la première plongée a été réalisée à plus de 60m.
- **Réglementation spécifique découlant de l'assurance des plongeurs participants** : Si l'un d'eux est assuré au DAN et plonge avec une giclette d'hélium, il ne pourra s'immerger à des profondeurs correspondant à une pression partielle d'oxygène supérieure à 1,4 bar ou à une pression partielle d'azote supérieure à 3,95 bar¹².

La réglementation spécifique à la plongée profonde à l'air peut exister à différents niveaux (au niveau du matériel de secours, du matériel de plongée, des procédures applicables en cas d'appel des secours, ...). **Le plongeur doit donc se renseigner** et souvent restreindre ses aspirations. Un non respect de la réglementation peut entraîner diverses conséquences dont la confiscation du matériel, une amende, le retrait du brevet de plongée et/ou des prérogatives, la non-couverture par l'assurance dommages corporels, la non-couverture de l'assurance responsabilité civile, etc.

4.2.2.2 Administration

Les règles applicables en matière d'administration restent évidemment valables. Il est évident que **vous ne pouvez pas plonger avec des personnes qui ne seraient pas en ordre de cotisation, d'assurance, de visite médicale, d'ECG,** Lors d'une plongée profonde à l'air, **il faut aussi porter une attention particulière à la vérification**:

- des **qualifications** requises pour réaliser la plongée profonde à l'air : s'agit-il d'une plongée de formation en compagnie d'un moniteur Lifras en vue de l'obtention du brevet spécialisation PPA ? ; d'un plongeur qui dispose du brevet de spécialisation de plongée profonde à l'air (et qui n'est pas en plongée de réadaptation) ? ; d'un partenaire étranger à la fédération qui dispose d'un brevet équivalent au PPA, délivré par une autre fédération, permettant l'accès à la zone des profondeurs supérieures à 40m ? ; d'un partenaire étranger à la fédération qui ne dispose pas d'un brevet équivalent, mais dont les prérogatives liées à son brevet lui permettent d'accéder à la profondeur souhaitée ?

¹¹ Vrijstelling artikel 8.08 van het **Binnenvaartpolitiereglement** 'beoefenen onderwatersport in de Oosterschelde' gepubliceerd in de Staatscourant nummer 75, 18 april 2006. <http://www.onderwatersport.org/Nederlandismooionderwater/Waarkanikduiken/DuikeninZeeland/Duikkaartenfyg2008/tabid/305/Default.aspx>

¹² **DAN Europe**, certificat d'assurance, chapitre sur les couvertures d'accidents repris dans les conditions d'assurance, Français 3/2005, www.daneurope.org

Lorsqu'il s'agit d'un brevet équivalent délivré par une autre fédération, renseignez-vous sur les prérogatives qui accompagnent ce brevet... la plongée profonde, comme expliqué dans la partie 'Réglementation' n'a pas la même signification dans toutes les fédérations. L'objectif est de **vous assurer que vos compagnons de plongée disposent bien des qualifications pour vous accompagner en plongée profonde.**

- de l'**expérience** : s'agit-il de plongeurs expérimentés ? ; accoutumés à la profondeur par un grand nombre d'incursions prolongées à des profondeurs supérieures à 40m ? ; entraînés à la profondeur suite à la réalisation de plongées profondes récentes ? qui ont l'habitude de diriger des plongées profondes ?

Mais, **il n'y a pas que l'expérience de la profondeur qui compte, les conditions dans lesquelles cette expérience a été réalisée sont également importantes**: s'agit-il de plongeurs qui ont l'habitude d'être encadrés en profondeur ou de diriger eux-mêmes leur plongée ? ; ont-il déjà plongé dans les mêmes conditions qu'aujourd'hui (ex : dans le même type de plan d'eau, sur le même site, ...) ? ; ont-ils éprouvé des difficultés lors de leurs précédentes plongées profondes (ex : narcose, panique, problème de flottabilité, difficulté de réalisation des paliers, ...) ? ; sont-ils habitués à faire des paliers au parachute ? ; sont-ils habitués à remonter en pleine eau ?

Un plongeur qui s'annonce comme ayant 30 plongées profondes qui en fait n'a jamais atteint 50m ne devra pas être considéré de la même manière qu'un plongeur qui ne s'annonce qu'avec 10 plongées profondes mais dont la majorité impliquait des profondeurs supérieures à 50m.

- de l'**aptitude du jour** des participants : s'agit-il de plongeurs qui viennent d'arriver sur le lieu de plongée, après un long trajet ? ; s'agit-il de personnes qui ont fait la fête la veille ? ; s'agit-il de participants qui ont déjà plongé profond le matin ? qui ont l'intention de prendre l'avion dans les 24-48 h ?

Il est conseillé de ne pas effectuer une plongée profonde le premier jour d'un séjour de plongée (notamment dû à la fatigue éprouvée par les participants suite au long trajet). Elle ne se fera pas non plus si on a fait la fête la veille, si l'un des participants est sous l'influence de l'alcool ou de drogue.

Pour assurer le bon déroulement de la plongée, il faut savoir avec qui on plonge.

L'objectif n'est pas de mener un interrogatoire, mais bien de se faire une idée concrète de la qualification des plongeurs qui nous accompagnent, en particulier pour déterminer qui sera le chef de palanquée ou le serre-file. Des personnes que l'on aurait mal jugées par manque de prise de renseignements pourraient mettre en difficulté toute la palanquée.

Le plongeur qui dépasse pour la première fois 40m ne pourra pas tenir le rôle de chef de palanquée et doit être accompagné d'un moniteur ayant l'expérience de la plongée profonde. Après l'obtention du brevet de spécialisation, il est conseillé de poursuivre son apprentissage de la plongée profonde en compagnie de plongeurs expérimentés.

Dans l'absolu, on formera les palanquées de manière à répartir les plongeurs dans les palanquées en fonction de leur expérience de la plongée profonde. Idéalement, on aura, dans chaque palanquée, un plongeur expérimenté, qui a plongé profond récemment et qui est en bonne forme physique et mentale.

4.2.3 Infrastructure - Le bateau et son pilote

Une plongée profonde à l'air se réalise rarement du bord étant donné que les fonds marins présentant la profondeur recherchée ne sont que rarement localisés près des côtes ou que les objectifs de la plongée requièrent un endroit spécifique (c'est le cas lors de l'exploration d'une épave ou du souhait d'observer une espèce marine ne vivant qu'en profondeur).

Sans un **bateau adapté et un pilote aguerri**, impossible de réaliser une plongée profonde au large. En effet, la disposition d'un bateau et d'un pilote est primordiale pour :

- transporter les plongeurs,
- larguer les plongeurs au bon endroit et dans de bonnes conditions,
- améliorer tant que faire se peut les conditions de leur plongée,
- réaliser ou participer à la surveillance en surface,
- procéder à leur récupération.



L'amélioration des conditions de plongée, notamment par un balisage du site ou la disposition d'une ligne de remontée, s'impose lorsque la plongée se fait dans le bleu.

Si elle est réalisée sur un tombant ou une roche, le plongeur dispose d'un point de repère naturel pour effectuer sa descente et/ou sa remontée. Par contre, lorsque la plongée se fait "**dans le bleu**", le plongeur ne voit généralement pas le fond ou le sec lorsqu'il se met à l'eau et la remontée se fait également sans repère et se termine en dérive.

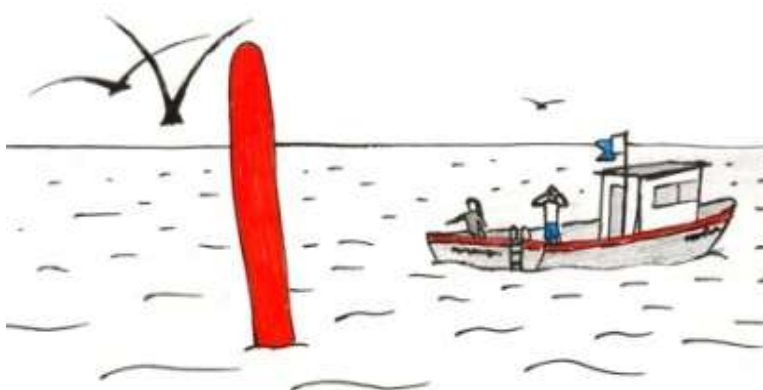
Ces points sont détaillés au chapitre 5.2 relatif au déroulement de la plongée.

4.2.4 Le support en surface

Le support en surface est réalisé de deux manières: d'une part, par le pilote du bateau et d'autre part, par la palanquée de sécurité. Ces deux intervenants interagissent en permanence.

4.2.4.1 *Le pilote du bateau*

Le pilote a toujours quelque chose à faire. **Il doit rester attentif en permanence et doit savoir tout ce qui se passe**. Il ne faut pas croire qu'il peut faire la sieste pendant la plongée : Une fois les plongeurs dans l'eau, il se tient informé des conditions météorologiques et surveille leur évolution, déchiffre les messages d'alerte sur la VHF, manœuvre pour rester sur zone tout en observant la présence de courant, l'arrivée d'autres bateaux sur la zone de plongée, le déplacement des bulles en surface ou encore l'émergence des parachutes en surface.



Il peut même regarder au sondeur la présence d'un amas de bulles au-dessus du site pour essayer de localiser les plongeurs.

C'est un job angoissant, le pilote reste en surface à attendre que les plongeurs émergent, sans savoir ce qui se passe dans l'eau. Dans sa tâche, il est aidé par la palanquée de sécurité.

ORGANISATION

4.2.4.2 La palanquée de sécurité

La **palanquée de sécurité se compose au minimum de 2 plongeurs capables d'intervenir en toutes circonstances**. Elle **comporte de préférence au moins un secouriste plongeur ou plongeur titulaire du C.F.P.S.**, en bonne condition physique, pouvant effectuer correctement un appel aux services de secours. Si possible on préfère deux secouristes dans cette palanquée ; à défaut, les autres membres de la palanquée doivent posséder les notions élémentaires de secourisme et d'organisation pour pouvoir assister efficacement le secouriste le cas échéant.

- L'un est généralement équipé de sa combinaison, avec ses palmes, son masque et son tuba prêt à de se mettre à l'eau pour **aider quelqu'un en surface**. Son matériel de plongée est monté et vérifié au cas où il devrait s'immerger. Avant la plongée, il dirige les mises à l'eau en accord avec le pilote. Il propose à boire et aide les plongeurs à s'équiper.

Par après, il est généralement posté à la sortie de l'eau pour **aider les plongeurs, remontant sur le bateau, à se déséquiper**.

- L'autre a une **vue d'ensemble sur les opérations de plongée**. Il observe la zone de plongée avec des jumelles et **surveille les bulles en surface**, mais surtout **l'apparition des parachutes** (au moment prévu découlant de la planification et de l'heure de mise à l'eau).

Il **tient la feuille de palanquées reprenant les paramètres** des palanquées revenues sur le bateau.

C'est une étape importante car, en cas de problème, il faut que les paramètres soient bien lisibles et complets.



Rôles :

La palanquée de sécurité doit assurer – avant le départ que tout le **matériel d'assistance et de secours** est opérationnel (voir chapitre 4.2.5). **Elle veillera à ce que le pavillon alpha** soit monté et bien visible avant les mises à l'eau.

La **sécurité reste active**. La palanquée de sécurité est **l'interface privilégiée du pilote du bateau**. Elle relaie les ordres de mise à l'eau du skipper, confirme que la zone est dégagée et qu'il peut manœuvrer. Elle est notamment apte – à n'importe quel moment – d'indiquer le nombre de plongeurs encore dans l'eau.

Avant de quitter la zone de plongée, elle s'assure que toutes les palanquées sont bien revenues sur le bateau.

A la moindre anomalie (ex: apparition de deux parachutes côte à côte, un plongeur seul en surface, ...), la palanquée de sécurité est **prête à intervenir sans délai**. Si nécessaire, elle **prend en charge les incidents, donne les premiers soins, coordonne les secours, effectue le rappel des palanquée encore en immersion et procède à l'évacuation**.

Matériel :

Outre le matériel de secours (4.2.5), elle doit avoir à sa disposition la **farde des documents importants**. Cette farde contient les documents suivants :

- la **liste des personnes** participant à la sortie organisée, en général on parle de la liste des personnes à bord du bateau, tant les plongeurs que les accompagnants, le pilote,...

- la **feuille de palanquées**, reprenant la composition des palanquées du jour, sur laquelle seront inscrits les paramètres (ex: heure de mise à l'eau, profondeur maximale, temps fonds, paliers réalisés, temps total de plongée, heure de sortie, moyen de décompression, ...). La farde contient également les feuilles de palanquées relatives aux plongées précédentes (c.-à-d. l'éventuelle autre plongée du jour ainsi que celles des jours précédents), au cas où il faudrait consulter les paramètres des plongées précédentes effectuées par un plongeur accidenté.
- les **plans d'urgence** reprenant toutes les étapes à suivre en cas d'accident, toutes les informations utiles pour procéder à l'évacuation ainsi que les procédures d'appel.
- la(les) **feuille(s) d'évacuation(s)** d'un plongeur accidenté. Si plusieurs plongeurs doivent être évacués, il est intéressant de disposer de feuilles d'évacuations pouvant facilement être différenciées (par exemple, si elles sont de couleurs différentes) afin de ne pas mélanger les informations relatives à différentes personnes (symptômes, heure d'apparition, traitement commencé, ...).
- la feuille avec les **signes distinctifs de chacun écrit sur leur parachute** (ex: nom, dessin,...). Il est important d'avoir un marquage spécifique pour se faire repérer par la sécurité de surface.
- Eventuellement, les **renseignements de chaque plongeur** sur ses assurances, les personnes à contacter en cas de problème et, éventuellement, les antécédents médicaux ou les allergies (sous enveloppe scellée).



Notons que la feuille des palanquées et la prise des paramètres peut aussi être confiée à un accompagnant non plongeur, mais formé à cette responsabilité.

La palanquée de sécurité sera remplacée par une autre ayant déjà plongé. Cette autre palanquée devrait également être composée comme décrit ci-dessus. Il sera peut être nécessaire de fixer pour cette palanquée une durée de plongée limitée pour permettre à la première palanquée de sécurité de s'immerger à son tour. La nouvelle palanquée de sécurité a les mêmes responsabilités que la précédente.

4.2.5 Le matériel de secours

Le matériel de secours reprend l'ensemble des moyens matériels dont il faut disposer lors d'une plongée profonde:

- **Oxygène** : Il faut disposer d'une quantité d'oxygène suffisante pour intervenir efficacement en cas d'accident. Cette quantité est principalement déterminée **en fonction du nombre de plongeurs, des conditions de la plongée envisagée et de l'éloignement du site de plongée par rapport aux secours**. De manière générale, la quantité d'oxygène doit permettre de placer la victime sous oxygène jusqu'à ce que les secours arrivent (compter minimum 1 heure) ou jusqu'à ce qu'elle puisse être amenée près d'une autre source d'oxygène (soit au minimum le temps du trajet de retour au port lors d'une sortie en mer). Dans le cadre d'une plongée profonde, la quantité d'oxygène dont il faut disposer doit être plus importante au vu des risques accrus et doit, le cas échéant, permettre de placer l'entièreté de la palanquée sous oxygène et non uniquement le plongeur accidenté. Il faut donc avoir la possibilité de mettre plusieurs masques sur la même bouteille ou disposer de plusieurs bouteilles d'oxygène. Idéalement, on privilégiera les masques (de type à la demande lorsque le plongeur est conscient) afin de **lui donner la plus haute concentration possible d'oxygène** et d' "économiser" l'oxygène disponible.

- ☞ *Un petit calcul de consommation permet de se rendre compte qu'avec un masque non-rebreather et le débit classiquement préconisé de 15L par minute, il faut au minimum une bouteille de 4,5L à 200bar par plongeur pour tenir 1 heure. Une bouteille de 5L est donc insuffisante pour une sortie 'profonde' comprenant plusieurs palanquées !*
- ☞ *Si vous êtes formé à son utilisation, emportez un **BAVU** ou Ballon Auto-remplisseur à Valve Unidirectionnelle, (instrument paramédical conçu pour suppléer à la respiration d'une victime en arrêt respiratoire, de préférence connectable à une source d'oxygène).*
- ☞ *Certains spécialistes prônent la mise à disposition de matériel d'oxygénothérapie immergeable, en particulier un masque facial relié à un narguilé, idéal en termes d'autonomie et de risque de crise hyperoxique. En effet, dans certaines régions du monde, un centre hyperbare médicalisé peut se trouver facilement à plus de 6 heures du lieu de plongée. Le seul recours étant dès lors la ré immersion curative. La non disponibilité immédiate d'un centre hyperbare médicalisé doit inciter le plongeur à adopter un profil de décompression le plus conservateur (sûr) possible.*
- **Bouteille de réserve:** la (les) bouteille(s) de réserve est **grée d'un détendeur avec un octopus, un manomètre et si possible un inflateur. Fixée à l'extrémité d'un bout de 9m**, la bouteille doit pouvoir être accrochée à 6m et à 3m afin de pallier à toutes les situations de panne d'air. **En surface, une bouée** d'un volume suffisant pour maintenir – à la bonne profondeur – la bouteille et éventuellement un plongeur en difficulté qui aurait besoin d'un appui. En cas d'interruption de palier ou au signal de détresse (tel que précisé par la palanquée de sécurité avant la plongée), la bouteille de réserve sera portée à la palanquée en difficulté. La palanquée de sécurité s'assurera que la palanquée en difficulté n'a pas besoin d'une autre assistance.
 - ☞ *Lors de plongées profondes, il peut être utile de disposer de bouteilles de réserve contenant du Nitrox voir de l'oxygène pur pour améliorer la décompression des plongeurs (se trouvant en "déco lourde"), mais surtout diminuer le niveau de stress et, tant que faire se peut, limiter les risques d'une éventuelle interruption de palier.*
- **Eau :** minimum 1/2 litre par personne à bord ! Une quantité plus importante est nécessaire dans des contrées tropicales (3 litres et plus par personne).
- **Trousse de secours:** la pharmacie contient tout le nécessaire pour faire face aux petits bobos que l'on rencontre fréquemment lorsque l'on est en mer (écorchure, coupure, gerçure, ...), mais également des médicaments si vous deviez être malade (indigestion, nausée, douleurs, diarrhée, ...). Il ne faut pas hésiter à utiliser la pharmacie, même pour un petit bobo car une coupure mal soignée peut vite s'aggraver.
 - ☞ *Dans certaines destinations de vacances, il est souhaitable de se procurer divers médicaments (parfois sur ordonnance) difficiles à se procurer rapidement sur place.*
- **Couverture de survie** (Idéalement, complétée en région froide par une grande couverture en laine épaisse pour lutter efficacement contre des complications de type hypothermique).
- **Moyen de communication** pour l'appel des services de secours (téléphone fixe ou portable, VHF). Etant donné que la plongée profonde s'effectue principalement en mer, on privilégiera l'utilisation de la VHF du bateau. Le recours à la VHF permet de communiquer simultanément avec tous les acteurs de la chaîne des secours (hélico, médecin, bateau) et offre une possibilité de réaction de tous les navires qui nous entourent; permet d'éviter les problèmes de réseau saturé et de batterie ; permet en cas de besoin de localiser le bateau par goniométrie ; mais, nécessite une licence pour son utilisation. La VHF n'est pas aussi flexible qu'on le souhaite puisqu'elle fonctionne sur le principe de l'alternat (émetteur parle, receveur écoute).
- **Moyen de rappel des palanquées** pour avertir les plongeurs immergés d'une situation inhabituelle nécessitant l'arrêt de leur plongée (voir chapitre 5.2.6.2.). Exemple : pétard de rappel.

- **Matériel de réserve**, notamment du lest (ex : pour un plongeur sous lesté ayant des difficultés à effectuer son (ses) palier(s)) et un moyen de sectionner un boute/filet/fils emmêlés à un plongeur, ou pris dans l'hélice.

4.2.6 Choisir le site de plongée

Le choix du lieu de plongée est le résultat d'un savant équilibre entre d'une part, les contraintes auxquelles il faut faire face, et d'autre part, les objectifs à atteindre en matière de sécurité. Ci-dessous vous retrouverez quelques considérations en matière de sélection d'un site pour effectuer une plongée profonde à l'air.

Les contraintes à prendre en compte:

- **Maniabilité du bateau** : Les capacités du bateau (en terme de manœuvres pour la récupération au vent et l'évitement d'un danger), autrement dit sa maniabilité quelques soient les qualités du pilote (ex: capacité du bateau à s'approcher des plongeurs – où qu'ils soient sur le site choisi – pour limiter leurs efforts après la plongée).
- **Confort des plongeurs**: Il faut évaluer les dangers de la route à suivre pour se rendre sur le site, déterminer si l'état de la mer (ex: vents) pourrait rendre l'embarcation instable, la mettre en danger ou diminuer le confort des passagers [par exemple, un vent latéral qui engendre un roulis et peut créer le mal de mer ; sachant que le mal de mer peut faire vomir les plongeurs et accroître leur déshydratation, il faut éviter ce genre de situation avant une plongée profonde].
- **Organisation de la sécurité** : (1) L'organisation de la plongée est tributaire de la météo : en particulier, l'organisation de la sécurité en surface, la mise à l'eau et la récupération, et les conditions de plongée. La plongée profonde ne s'effectue que si les conditions sont bonnes ; et si l'on dispose des informations nécessaires permettant d'anticiper l'évolution des changements climatiques. (2) Plonger sur un site éloigné requiert un plan d'urgence bien étudié pour pouvoir porter secours le plus rapidement possible. Le cas échéant, la capacité d'intervention de la sécurité de surface doit être améliorée de manière à être autonome (c.-à-d. qu'elle n'a pas besoin de secours extérieurs pour faire face aux accidents de plongée).
- **Dangers inhérents du site** : Le site doit être adapté à l'expérience des plongeurs.
- (1) Plonger sur un site où le **fond est plus profond que la profondeur maximale** que vous avez planifié entraîne un risque de dépassement de cette profondeur. Il faut prévoir et être capable de gérer ce dépassement. Il est déconseillé de plonger sur un tel site avec des plongeurs peu expérimentés. Eventuellement, un tombant pourrait satisfaire les besoins d'une première plongée profonde puisqu'il offre un support éventuel aux plongeurs en difficulté.
- (2) Les **courants** peuvent changer de sens et d'intensité selon la profondeur, il est donc nécessaire de se renseigner avant la plongée quant aux différents courants ordinairement rencontrés sur le site. Les plongeurs doivent être avertis du courant qu'ils risquent de rencontrer ainsi que de la réaction qui est attendue de leur part si un courant anormal (sortant ou descendant) devait se présenter. Comme il faut ménager ses efforts en plongée profonde, il est conseillé de ne pas s'engager dans un parcours au fond impliquant de devoir "remonter" le courant. Si la présence d'un courant est connue, il peut être envisagé de plonger "en dérive" avec récupération à un endroit plus éloigné de la zone de mise à l'eau ; ou de déterminer le parcours à réaliser en fonction du sens du courant.
- (3) Une mauvaise **visibilité** entraîne un risque de séparation des membres de la palanquée. Elle peut vous amener à revoir le nombre de plongeurs chaque palanquée pour limiter les grands groupes. La turbidité de l'eau (ou la quantité de particules en suspension) influence la visibilité; elle peut varier énormément au passage des plongeurs près du fond (ex: soulèvement de la

vase). S'il n'est pas possible de constituer des palanquées de petite taille (max 3 plongeurs) avec une répartition adéquate des plongeurs expérimentés dans les palanquées lors de l'exploration d'une épave ou d'un parcours près du fond, il faut reconsidérer le choix du site.

- **L'heure de la plongée :**

- (1) Il n'y a pas d'interdiction particulière. A ce niveau, il est déconseillé de plonger profond la nuit car les moyens à mettre en œuvre en cas de problème – ainsi que leur efficacité – risquent d'être affectés par l'obscurité.
- (2) Impacts sur la plongée elle-même: En plus de la perte de lumière occasionnée par l'accroissement de la profondeur, la plongée de nuit (ou à l'aurore ou en fin de journée) engendre une perte de la lumière naturelle plus importante, une réduction de la visibilité, parfois un changement dans les conditions météo comportant un changement des courants ou de l'état de la mer.

- **Intérêt pour la plongée** (ex: faune et flore, tombant, épave, etc.) et désidératas des plongeurs (ex: souhait d'explorer un site spécifique, mais pas à tout prix).

Le principe à respecter vise à assurer le bon déroulement des opérations de plongée. Il appartient à l'organisateur de la plongée de décider si oui ou non les conditions permettent d'effectuer la plongée dans des conditions de sécurité acceptables.

Les techniques de plongée profonde à l'air

5.1 La planification

5.1.1 Compétences relatives à la planification

Le plongeur doit être capable de **planifier** sa plongée profonde à l'air tant au niveau des **paramètres et du déroulement de sa plongée** qu'au niveau de la **réponse à apporter aux incidents** qui pourraient se présenter.

5.1.2 Comment planifier une plongée profonde à l'air ?

Planifier c'est **prévoir sa plongée de A à Z**. En plongée profonde, rien ne peut être laissé au hasard car un petit problème peut vite dégénérer. Il vaut mieux anticiper tout ce qui peut se passer afin de ne pas devoir improviser lorsqu'un problème surgit.

Cette planification doit permettre d'**assurer que la plongée envisagée est réalisable et raisonnable**.

Après la détermination de l'infrastructure, des participants, du site de plongée, etc. tel que décrit au chapitre 4.2 sur la 'préparation d'une plongée profonde', il faut se concentrer sur la plongée elle-même. Deux phases importantes dans la planification:

1. La préparation du matériel (ex : calcul d'autonomie, choix des gaz, bouteilles, matériel de réserve, moyen de décompression, matériel de secours, etc.).
2. L'élaboration du plan de plongée passe d'abord par une **revue de tous les aspects de la plongée : de l'immersion, de la mise à l'eau jusqu'à la sortie de l'eau**. Il faut donc déterminer – **conjointement avec ses compagnons de plongée** – comment va se dérouler **chaque étape de la plongée**.

Outre les paramètres usuels que sont la profondeur maximale, le temps fond, le temps total d'immersion, la pénalité éventuelle (cette partie est détaillée au chapitre 5.5.3.6 'Planification' en cas de décompression lourde), il faut se mettre d'accord sur :

- Déroulement de la mise à l'eau: à quel moment ? par quelle technique ? dans quel ordre ? ...
- Regroupement de la palanquée: en surface à la bouée du balisage ou à 3m ? ...
- Descente: avec ou sans balisage ? en face de quel binôme ? faisons-nous un arrêt pour les oreilles à 5m ou pour vérifier le fonctionnement du matériel (ex: fuite importante, bloc déco bien attaché, ...) ? allons-nous marquer un arrêt dans la descente pour assurer que tout le monde va bien, rappeler d'équilibrer les gilets et prévenir la narcose ? à quelle vitesse la descente se fait-elle ? la tête en bas ou en pied lourd ?...
- Parcours sur le fond: trajet prévu ? que faisons-nous s'il y a du courant? allons-nous rentrer dans l'épave ou pas? allons-nous rester sur le fond et quels sont les paliers prévus? allons-nous signaler l'apparition de paliers à 3m ou à 6m sur les ordinateurs? à quelle pression est fixée la réserve? avons-nous assez d'air pour effectuer le parcours prévu ainsi que les paliers associés?...
- Autonomie en gaz nécessaire
- Procédure en cas d'incident, que faisons-nous? et si la palanquée est séparée? ...
- Remontée: en pleine eau ou au bout de la balise? à quelle vitesse de remontée? Faisons-nous des paliers profonds? qui sort le parachute? A quelle profondeur on effectue le(les) paliers ainsi que le changement de gaz (si décompression surox)
- Récupération: on palme vers le bateau ou viendra-t-il nous chercher ?

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Cette liste n'est pas exhaustive, mais elle donne une idée de ce qu'il faut aborder avant de plonger. L'important est de **déterminer les paramètres de plongée en s'assurant que chacun a la même conception de la plongée**. Il ne suffit pas d'avoir les compétences et l'expérience pour plonger profond, il faut également que les membres de la palanquée aient le même objectif de plongée, des envies compatibles (afin qu'aucun ne soit déçu), et le matériel adapté.

Il est souvent difficile de profiter d'une plongée lorsque l'un palme comme un fou alors que l'autre est du genre à observer un cm² pendant 5 minutes, ou que l'un est transi de froid alors que l'autre est emmitouflé dans sa combinaison étanche. Une situation similaire se présente lorsque l'un consomme énormément et ne dispose que d'un 15L alors que l'autre s'attend à prolonger son incursion en profondeur et a prévu un bi de 20L. Il est donc indispensable de s'accorder, avant la plongée, sur l'objectif de la plongée, les paramètres et le profil.

Planifier la plongée et respecter la planification ! Prévoir également la procédure à suivre si la planification n'est pas respectée (par exemple, arrêter la plongée si le temps maximum prévu ou la profondeur maximale est dépassée).

Les différentes étapes de la planification sont abordées en détail dans les chapitres qui suivent. Ils présentent certains aspects qui méritent une attention particulière.

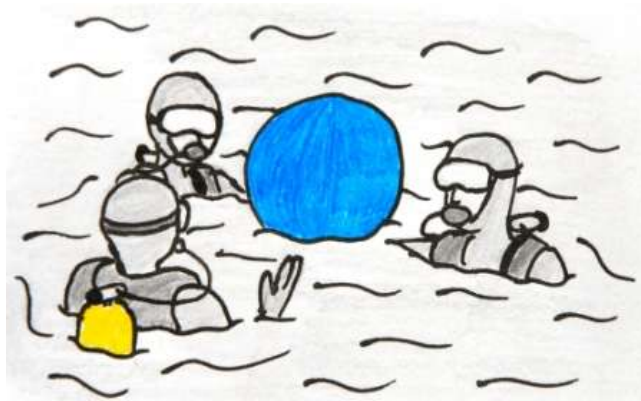
5.2 Le déroulement de la plongée

5.2.1 La mise à l'eau

La mise à l'eau se fait généralement sur ordre ou avec l'accord de la palanquée de sécurité qui dirige la manœuvre (en lien direct avec le pilote lorsque l'on est en mer).

Malgré l'accélération des événements à l'approche du site de plongée, les plongeurs profonds doivent **prendre le temps de bien se préparer, de ne rien oublier et surtout de ne pas se mettre à l'eau stressés ou essoufflés**.

Eventuellement, si les conditions le permettent (ex: pas de courant, ni de houle, trafic en surface non dangereux, pas d'entrave à la descente de la palanquée suivante), on peut prévoir d'**effectuer une pause en surface** afin que chacun retrouve son souffle, vérifie son matériel, et se calme avant d'entamer la descente.



Lorsqu'il y a du courant, le pilote observe généralement sa direction avant de larguer les plongeurs en aval de la balise de sorte qu'ils n'ont qu'à se laisser dériver – dans le courant – et saisir la balise au passage.

Tout doit être fait pour **limiter l'effort des plongeurs** avant la descente en profondeur. De plus, il arrive souvent qu'un plongeur ne sache pas remonter le courant pour saisir la balise.

On peut aussi prévoir un trainard (bout, attaché à

la bouée de la balise, qui flotte en surface) qui aide le plongeur à se tirer vers la balise, mais il vaut mieux réaliser un bon largage que de se mettre dans des conditions qui pourraient compliquer la plongée (ex: arrivée essoufflé à la balise).

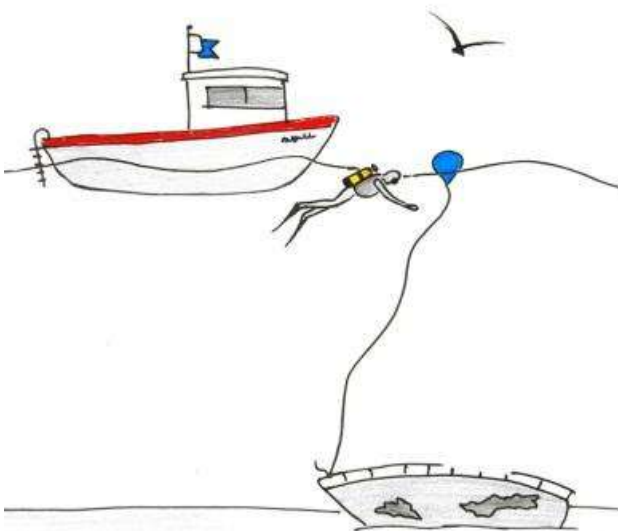
Les plongeurs se mettent à l'eau ensemble ou **de manière groupée** afin de respecter la cohésion de la palanquée.

5.2.2 La descente

5.2.2.1 *Descente avec repère visuel*

La descente avec repère visuel, par exemple le long d'une ligne de descente, est principalement pratiquée sur des sites difficiles à repérer, de part leur taille ou le relief sous-marin, et/ou en présence de courant (modéré à fort). C'est typiquement le cas de la plongée sur épave profonde. Lorsque vous décidez de plonger sur le Hell cat (avion gisant sur un fond 57 m au large du Cap Nègre près du Lavandou), vous ne distinguez même pas sa silhouette lorsque vous vous mettez à l'eau et vous pourriez ne jamais le trouver si un faible courant vous entraînait à l'écart lors de votre descente. Votre plongée se transformerait en ballade sur le sable par 57m de fond.

En conséquence, **le balisage est important pour créer une jonction entre la surface et le site de plongée afin de permettre aux plongeurs d'atteindre l'objectif** (par exemple l'épave) **sans détour**.



visuel, il est courant de ne pas descendre verticalement et de rater le site recherché. En effet, les plongeurs subissent un effet de dérive par résistance hydrodynamique, un peu comme la portance qu'une feuille de papier qui l'empêche de tomber parfaitement à la verticale. De plus, la plongée profonde dans le bleu, qu'elle soit sur épave ou non, engendre généralement la réalisation d'un profil « carré ». Ce dernier suppose une longue décompression, il s'agit donc de ne pas perdre des minutes précieuses lors de la descente ou sur le fond à saturer ses tissus inutilement en cherchant le site de plongée.

En dehors du repère visuel et du confort qu'il offre au plongeur lors de sa descente dans le bleu, la ligne de descente lui permet aussi de mieux maîtriser sa

descente. En effet, descendre comme une météorite apporte aussi son lot de dangers. Grâce à la ligne de descente, le plongeur peut se tenir et s'arrêter à diverses profondeurs pour s'assurer de l'état de ses compagnons de plongée, gonfler son système de stabilisation, équilibrer ses oreilles, La maîtrise de la descente – et de sa flottabilité à la descente – est cruciale en plongée profonde étant donné que l'on plonge selon une planification et qu'il faut la respecter. Si l'on se rend compte que le fond en dessous de nous est situé à une profondeur plus importante que planifiée, il s'agit d'évaluer correctement si la plongée peut se poursuivre ou non. Pour arrêter la progression et marquer cet instant de réflexion, la ligne de descente est un point d'appui précieux.

Egalement, **la bouée positionnée en surface à l'aplomb du site de plongée permet** au pilote et à la sécurité de surface **de surveiller facilement la zone où les plongeurs – en difficulté ou ayant terminé leurs paliers – sont le plus susceptibles de remonter.** Le pilote étant chargé de manœuvrer son bateau pour rester sur zone, il lui est plus facile d'avoir un repère visuel sur l'eau délimitant clairement la zone de plongée.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Plusieurs solutions possibles¹³: le balisage lourd, le balisage léger, le balisage permanent. La technique visant à jeter l'ancre sur l'épave n'est pas abordée dans ce manuel étant donné qu'il faut privilégier une situation où le bateau reste manœuvrant tout au long de la plongée (voir chapitre 4.2.4. sur le support en surface).

5.2.2.1.a les balises fixes et les balises temporaires

Les **balises fixes** sont laissées en place. Elles sont soit scellées sur bloc en béton (corps mort sur le site), soit directement arrimées à une épave. Cette méthode de balisage permet de préserver les sites en ne lâchant pas de gueuse ou d'ancre à tour de bras, ce qui abîme la vie fixée sous-marine. Les balises fixes sont très coutumières sur les sites très fréquentés, de mer Rouge par exemple, et le sont moins en Méditerranée.

Les **balises temporaires** sont mises à l'eau par le bateau de plongée à son arrivée sur le site et retirées une fois la plongée terminée. Il existe deux types de balises temporaires: les balises légères et les balises lourdes.



5.2.2.1.b le balisage léger

Lorsque les conditions sont optimales, peu ou pas de courant, bonne visibilité, mer calme, un balisage léger suffit. Il s'agit d'un fin bout auquel sont reliés un poids de taille moyenne (1-2 kg) d'un côté et un flotteur de l'autre. Ce dispositif est lancé à la mer lors du passage du bateau au-dessus du site. Le bout est souvent enroulé autour du flotteur qui tourne sur lui-même pour dérouler le bout jusqu'à ce que le poids atteigne le fond.

Cette balise est un point de repère le long duquel le plongeur peut descendre sans se déhaler, afin de ne pas déplacer le poids léger qui se trouve sur le fond.



5.2.2.1.c le balisage lourd

Lorsque les conditions sont plus difficiles, visibilité réduite, courant relativement fort, ... il faut utiliser une balise lourde.

Celle-ci ressemble à une balise légère si ce n'est que le bout est plus gros et la gueuse plus lourde (10kg) afin que sa descente ne soit pas trop influencée par le courant. La bouée de surface est plus grosse (en rapport avec le poids de la gueuse).

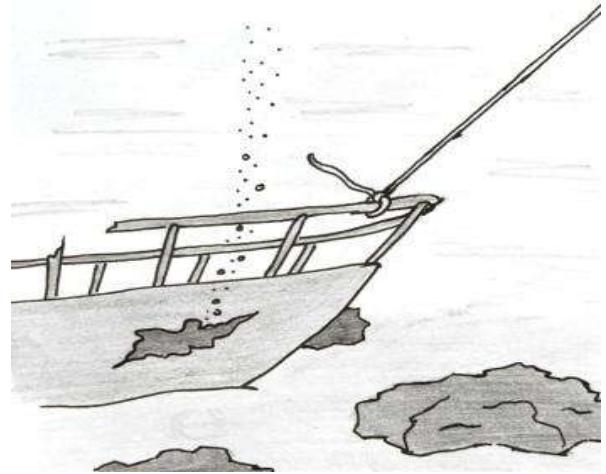
Vous l'aurez compris, le balisage, c'est bien plus qu'un bout reliant le site de plongée à la surface, c'est un compromis entre différents éléments:

- un flotteur qui ne doit pas être trop gros au risque d'offrir une prise au vent importante et de dériver, ni trop petit sinon il pourrait couler ;

¹³ Reproduction partielle du texte "Le balisage d'un site de plongée" de M.-I. JORIS, publié dans l'Hippocampe n°204 (Revue officielle de la LIFRAS) en Juin 2007, pp 44-45.

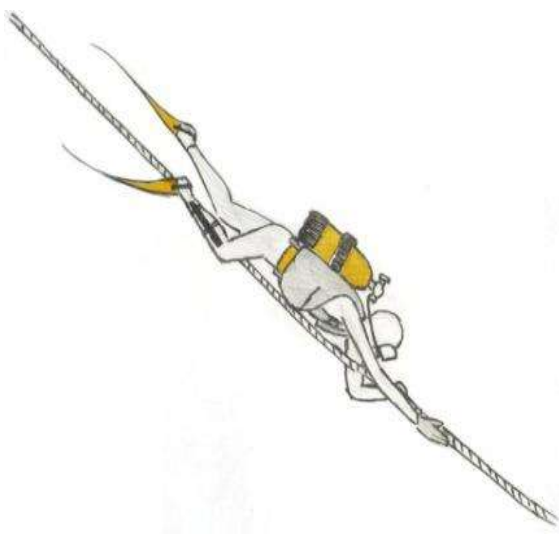
- un bout qui ne doit pas être trop long sinon il allonge le trajet de descente des plongeurs, ni trop court au risque de ne pas arriver sur le fond ;
- un bout qui ne doit pas être trop fin car sinon il ne serait pas assez visible pour le plongeur et il pourrait casser, ni d'un diamètre trop grand car il serait entraîné par le courant et serait trop lourd à remonter ;
- un bout qui ne doit pas flotter en pleine eau ni en surface car il pourrait se prendre dans l'hélice du bateau ;
- un lest qui ne doit pas être trop volumineux au risque de zigzaguer en descendant, ni trop lourd car il serait difficile à remonter en fin de plongée, ni trop léger parce qu'il pourrait dériver.

Lors d'une plongée sur épave, la première palanquée est chargée d'assurer le balisage, par exemple en détachant le bout de la gueuse, pour l'attacher à l'épave. Si la gueuse est un peu à l'écart ou trop profonde par rapport à la profondeur maximale autorisée, on peut relier le bout à l'épave grâce à un filin que l'on attachera, par exemple, avec des mousquetons passés dans une ganse sur le bout principal et autour d'une structure solide sur l'épave.



Ensuite, la première palanquée fera savoir au bateau que la balise est bien sur site, par exemple en lançant un parachute spécifique mis sur le bout de la balise afin qu'il arrive en surface juste à côté de la bouée principale. Ce système devra être détaché par la dernière palanquée qui peut aussi utiliser un parachute de levage pour faciliter la remontée de la gueuse.

Lorsqu'il est fréquent d'avoir du courant sur le site, on relie la balise principale à une petite balise secondaire par un fin bout lesté, ce qui a pour effet de donner une idée de la force du courant. En effet, s'il n'y a pas de courant en surface, les deux balises sont côte à côte et s'il y a du courant, la petite balise secondaire s'éloigne de la balise principale dans le sens du courant étant donné que le léger lest placé au milieu du bout n'est pas suffisant pour les maintenir rapprochées.



Cette méthode doit être généralisée lorsqu'il y a des risques de courant et permet de déposer les palanquées dans le lit du courant afin qu'elles se laissent dériver vers la balise. Pour ne pas encombrer la ligne de descente, les palanquées doivent être mises à l'eau avec un petit intervalle, chaque palanquée devant arriver à la balise après le départ de la précédente.

La descente s'effectue en se déhalant sur le bout sans jamais le lâcher. Dans le cas contraire, le plongeur risque de devoir palmer contre le courant pour récupérer le bout. Au pire, la palanquée devra lâcher le bout pour rejoindre le plongeur s'éloignant avec le courant (et donc rater le site de plongée). Il faut éviter d'arriver sur le site de plongée essoufflé (autonomie réduite, risque de narcose plus élevé, risque d'essoufflement sérieux etc.).

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

5.2.2.2 *Descente sans repère visuel*

Ce type de descente est beaucoup plus technique que l'immersion sur un balisage. Il n'est effectué qu'en présence de plongeurs aguerris et lorsqu'il n'y a pas ou peu de courant. Dans tous les cas, on veillera à :

- **Descendre en binôme** et à la même vitesse pour réduire le délai de réaction s'il faut porter assistance à un membre de la palanquée,
- **Prendre le chef de palanquée** (ou son binôme désigné) **comme point de repère** pour prévenir les effets (p.e. narcose, panique, vertige...) dus à la désorientation que l'on peut éprouver lorsqu'aucun repère visuel n'existe.
- **Eviter de descendre la tête vers le bas**, c'est plus difficile pour équilibrer les oreilles et tend à favoriser la narcose,
- **Gonfler son système de stabilisation tout au long de la descente** pour limiter les efforts physiques et mieux maîtriser la descente, mais aussi pour éviter les barotraumatismes de l'oreille en cas de vitesse de descente excessive.

5.2.3 Le parcours sur le fond

Le parcours effectué en plongée profonde doit:

- être convenu à l'avance de façon à ne pas entraîner la palanquée à une profondeur supérieure à celle autorisée (ex: prescrite par la toxicité des gaz, permise par la réglementation, souhaitable vu l'expérience de la plongée profonde des participants),
- favoriser le trajet à l'abri du courant pour limiter les efforts en profondeur,
- éviter les déplacements non nécessaires en ayant recours aux différentes techniques d'orientation disponibles, il faut gérer ses efforts en profondeur,
- permettre une maîtrise de sa respiration en évitant les efforts prolongés,
- privilégier les déplacements en binôme et une position de ceux-ci visible pour toute la palanquée (ex : éviter la file indienne).

On rappellera également:

- l'importance d'être attentif à chaque membre de la palanquée et de rester vigilant en permanence pour détecter les premiers signes d'incidents (voir chapitre 5.7 sur le comportement du plongeur profond),
- la nécessité de surveiller sa consommation et de signaler l'arrivée sur réserve (voir chapitre 5.3.4. relatif à la panne d'air et à la gestion de la consommation),
- le devoir de respecter les paramètres de plongée déterminés lors de la planification. Toutefois, le plongeur profond doit être capable de les adapter, dans le sens de la sécurité, en cas d'imprévu.

5.2.4 Le retour vers la surface

La remontée suivant une plongée dans la courbe de plongée sans paliers depuis 30 m au barrage de l'eau d'heure tout en suivant le fond ne se conçoit pas de la même manière que la remontée en pleine eau depuis une épave gisant par plus de 50 m de fond. La gestion du retour vers la surface se fait idéalement:

- au parachute de palier,
- le long d'un tombant,
- dans certains cas, sur le bout du balisage ou sur la ligne de remontée.

On évitera tant que faire se peut la remontée en pleine eau sans aucun support matériel facilitant :

- la **maîtrise de la vitesse de remontée**,
- le **contrôle de la profondeur pour la réalisation des paliers**.

La **maîtrise de la vitesse de remontée** n'est pas une mince affaire. Remonter à 10m/min sans aucun repère est quelque chose qui s'apprend et ne s'improvise pas. Les anciens diront qu'il suffit de ne pas aller plus vite que les plus petites bulles que nous expirons, les férus d'ordinateur auront les yeux scotchés au % ou au graphique représentant la vitesse de remontée affiché par leur ordinateur. D'autres encore combinent un chrono avec leur profondimètre, à chaque 30 secondes écoulées, maximum 5m peuvent avoir été parcourus. Quelque soit la manière que vous utiliser, la vitesse de remontée doit être maîtrisée.



L'utilisation d'un repère visuel tout au long de la remontée facilite cet exercice difficile (ex : remontée le long d'un tombant ou sur une ligne de remontée). Lorsque la remontée se fait en pleine eau, le parachute de palier permet de mieux contrôler la vitesse de remontée dans la zone critique des 10 derniers mètres. Lorsqu'elle est encore fixée, la remontée le long de la balise est plus sécurisante pour les plongeurs peu expérimentés qui pourraient avoir des difficultés à contrôler leur remontée dans le bleu. Mais, elle peut aussi s'avérer plus délicate lorsque plusieurs palanquées entament leur remontée en même temps. Il n'est pas toujours possible à l'ensemble des plongeurs de se maintenir sur le bout lorsqu'ils sont emportés par le flot de bulles, expirés par les plongeurs, et les entraînant plus rapidement vers la surface.

De plus, l'enseignement de la plongée au sein de la **Ligue recommande l'utilisation du parachute de palier dans tous les cas** afin de signaler la présence de la palanquée à la sécurité de surface et au pilote du bateau qui suivra les parachutes (et leur dérive éventuelle) pour récupérer les plongeurs dès leur émergence. **Le parachute de palier est donc utilisé quelque soit le type de remontée** (en pleine eau, sur un tombant, sur le bout du balisage).

Si les paliers ne sont pas nécessaires (par exemple parce que la plongée a été écourtée suite au fait que le site de plongée n'a pas pu être localisé), il faut également sortir le parachute avant de faire surface pour se signaler au pilote du bateau et aux bateaux navigant à proximité (même s'ils sont censés ne pas approcher du bateau de plongée) ou pour effectuer un palier de sécurité.

Enfin, le balisage peut être obligatoire lorsqu'une station de décompression par narghilé est utilisée, ou lorsque la dérive des plongeurs au palier est dangereuse (trafic chargé en surface, courants rapides, zones interdites, perte du contact visuel avec la palanquée de sécurité etc.).

5.2.5 La récupération

La récupération est aussi importante que la mise à l'eau. Mais, les plongeurs sont fatigués et leur niveau de saturation est très élevé suite à leur plongée profonde. Il faut donc les ménager.

Lors d'une sortie en mer, il faut privilégier un déplacement du bateau pour s'approcher au plus près des palanquées revenues en surface et ainsi de **limiter leur effort** de palmage **après la plongée**. L'attente du bateau est aussi l'occasion de réaliser un **palier de surface**. Le **palier de surface** est une phase de repos, de 3 à 5 minutes, qui offre une marge de sécurité au moment où certains tissus sont proches de la sursaturation critique. Il prépare en quelque sorte l'organisme au stress et à l'effort de la sortie de l'eau. La brusque chute de la pression hydrostatique provoquée par la sortie de l'eau engendre généralement une chute de tension artérielle créée par une hypovolémie circulatoire temporaire (soit une réduction du

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

volume sanguin circulant). Cette chute de tension brutale est citée comme facteur favorisant l'ADD (en particulier, l'ADD de type médullaire appelé 'coup de poignard').

La remontée sur le bateau doit également se faire **sans effort brusque et sans précipitation** au risque d'engendrer chute et autres incidents. Le chef de palanquée rappellera qu'il est nécessaire de conserver son embout en bouche lors de la remontée sur le bateau et de ne surtout pas bloquer sa respiration lors de l'effort fourni pour monter à l'échelle (peut provoquer une artérialisation des bulles veineuses chez les plongeurs présentant un foramen ovale perméable).

Si la plongée se fait du bord, le plongeur profond veillera à ne pas transporter l'ensemble de son matériel d'un coup jusqu'à son moyen de transport. Il est préférable de déposer une partie de son matériel près de la sortie de l'eau (ex: la ceinture, le bloc de déco, l'ensemble du bloc bouteille, ...), d'aller se changer à son aise et de revenir récupérer le reste de son matériel lorsque l'on s'est un peu allégé et reposé.

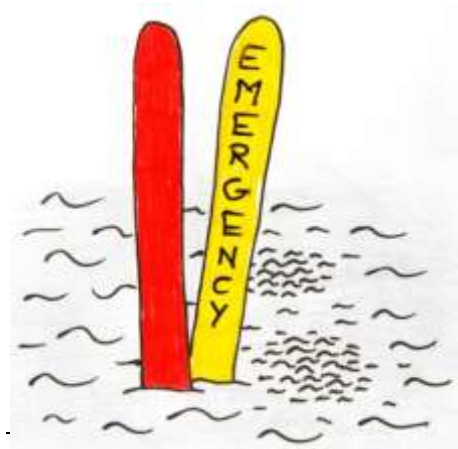
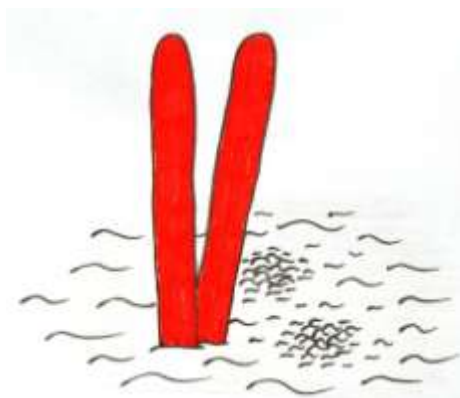


5.2.6 Communication entre la palanquée de sécurité et les plongeurs

5.2.6.1 *Communication avec la sécurité de surface*

Pour signaler une panne d'air ou tout autre incident, la Lifras a retenu le **code de communication des deux parachutes de palier tenu dans la même main**¹⁴. Ce code est bien entendu maintenu en plongée profonde.

Tout comme le recommande le standard CMAS et tel que précisé aux membres de la Lifras dans l'Hippocampe n°207 de mars 2008, un **parachute jaune marqué des lettres noires 'Emergency'** sera **idéalement utilisé comme second parachute pour signaler un problème**.



Comme il n'est pas aussi visible à la surface de l'eau qu'un parachute rouge classique, la Lifras recommande, pour encore mieux attirer l'attention, de déployer le parachute rouge normal en cas d'utilisation du parachute jaune Emergency, et de tenir les deux bouts dans la même main. Pour rappel, le parachute jaune Emergency ne peut être utilisé pour effectuer les paliers normaux de décompression.

De cette manière, si le problème se pose alors que le plongeur a déjà entamé ses paliers de décompression et qu'il a déjà déployé son parachute normal de palier, le déploiement d'un deuxième

¹⁴ Reproduction partielle du texte "Code de communication – Parachute jaune Emergency" de la Commission de l'Enseignement, publié dans l'Hippocampe n°207 (Revue officielle de la LIFRAS) de Mars 2008, pp 8-9

parachute attirera l'attention du support en surface. Il est donc recommandé à chaque plongeur profond de disposer de deux parachutes afin de pouvoir signaler sa position au palier lors d'une éventuelle perte de compagnon.

Le parachute seul « agité » n'est pas conseillé pour signaler un problème, parce qu'il attire moins vite l'attention. Toutefois, si pour une raison ou une autre (ex : trou dans un parachute ou perte d'un parachute), le plongeur n'avait que cette solution là, il est conseillé de poursuivre la manœuvre suffisamment longtemps pour que le mouvement du parachute soit détecté par le support en surface, surtout lorsque la mer est formée.

La réaction de la palanquée de sécurité est **d'intervenir directement**. Un plongeur de la **palanquée de sécurité se met à l'eau**, se rend à l'aplomb du (des) parachute(s) **et va identifier le problème**.

Si la visibilité le permet, la palanquée de sécurité peut comprendre les signes effectués par la palanquée en difficulté située au palier. Sinon, elle peut décider d'avoir recours à un autre moyen de communication : soit s'immerger jusqu'à la profondeur de la palanquée pour avoir un contact visuel avec la palanquée, soit utiliser **une plaquette ou ardoise lestée et un crayon**, le tout suspendu à un fil permettant de la faire descendre jusqu'à la profondeur de la palanquée et d'obtenir des précisions sur le problème en question.



5.2.6.2 Procédure de rappel des palanquées

Principalement, si l'on se trouve en mer, à bord d'un bateau, et qu'un incident sérieux, ou un accident se passe au sein d'une palanquée, il est **nécessaire que les autres palanquées puissent être rappelées à bord**, de manière à ce que **le bateau puisse quitter rapidement la zone, et se rendre vers le port le plus proche, ou rester manœuvrant pour faciliter une évacuation de la personne accidentée par hélicoptère**.

La procédure de rappel doit être enclenchée pour **demander aux palanquées d'arrêter leur plongée, de ne réaliser que les paliers obligatoires et de sortir de l'eau rapidement**. Même si elles sont localisées, il se peut que certaines décident de prolonger leurs paliers si les conditions sont bonnes (ex: lorsque le site est intéressant dans la zone des 0m-6m), ce qui pourrait retarder l'évacuation.

Il appartient donc à l'organisateur (ou, éventuellement au pilote du bateau) de définir de quelle manière les palanquées seront rappelées à bord. Voici 3 alternatives pour rappeler les plongeurs à bord :

- le **lancement d'un pétard de rappel**.

Il s'agit de pétards dont l'explosion – à la surface de l'eau – se fait entendre sous l'eau, et permet de prévenir les plongeurs en immersion qu'un problème en surface nécessite l'arrêt de leur plongée. Il y a plusieurs formes de pétard, certains dont on allume la mèche avant de le jeter à l'eau, d'autres qui nécessitent d'être grattés sur une matière abrasive, à base de silice, comme pour une allumette ou d'autres encore qui se déclenchent par un coup bref de la base du pétard sur une surface rigide ou en tirant la corde à leur sommet comme une grenade que l'on dégoupille. Quelque soit sa forme, le pétard de rappel doit être manié avec précaution.



Avant d'être allumé, il faut déterminer à quel endroit de la zone de plongée il va être lancé : si possible, le plus à l'écart des bulles d'air expirées par les plongeurs et des parachutes pour limiter l'impact de la déflagration sur le système auditif des plongeurs (bruit fort et sourd ressemblant à une explosion). En effet, de par sa puissance (de laquelle découle son **efficacité**), le pétard de rappel peut rendre les plongeurs sourds ou en tout cas endommager leur système d'audition. Sur certains sites (ex: dans une réserve marine), ou dans certains pays, le pétard de rappel est interdit ; toutefois, nombreux sont les bateaux de plongée qui en ont quand même à bord.

- le **bruit métallique répété**. Il s'agit, à l'aide d'un outil métallique, comme un marteau, ou un plomb, de frapper une partie métallique du bateau, comme par exemple l'échelle immergée. Des coups répétés (une 10zaine de coups successifs) puis un blanc avant de reprendre pour laisser le temps aux palanquées de bien entendre et de comprendre qu'il y a un problème. Egalement, il nécessite que les plongeurs "tendent l'oreille" alors que la déflagration du pétard de rappel, elle, se distingue parfaitement des autres bruits perçus par les plongeurs.
- Les **coups de mise en route de l'hélice** : Ce moyen de rappel n'est pas toujours efficace sur les sites fréquentés par un grand nombre de bateaux, car le bruit des moteurs ne permet pas toujours de distinguer clairement le signal de rappel.

Dès que les plongeurs entendent le signal convenu (pétard, bruit métallique), ils **interrompent leur plongée, entament la procédure de remontée en respectant naturellement la vitesse prescrite, de même que les paliers obligatoires. Aucun palier de défatigation ne sera effectué**. Dès que la procédure de remontée est achevée, ils rejoignent au plus vite le bateau, et sortent rapidement de l'eau, rangent leur matériel hors du chemin et se mettent à la disposition du responsable de la sortie ou du bateau pour organiser au mieux les secours.

Il est donc **important que chaque plongeur, avant de s'immerger, ait reçu les consignes en ce qui concerne la procédure de rappel** des palanquées, et l'**attitude à adopter** en pareil cas.

5.3 La gestion des incidents les plus courants

5.3.1 Introduction à la gestion des incidents

Un incident est une manifestation qui trouble le déroulement normal d'une plongée. C'est **une petite difficulté imprévue**, qui n'est **pas grave en soi**, mais qui lorsqu'elle survient au cours d'une plongée **peut entraîner un enchaînement (effet domino) dont les conséquences peuvent être plus importantes si on n'y porte pas remède**. Exemple : un plongeur ayant une légère appréhension provoquée par la narcose pourrait être pris de panique si une nouvelle difficulté se présentait ; un plongeur en panne d'air, qui ne recevrait pas d'aide rapidement pourrait être tenté de remonter brusquement vers la surface, pourrait se noyer ou mettre en danger sa palanquée qui tenterait de l'aider.

La prise en charge d'un incident ne peut se faire qu'à partir du moment où il est détecté. Sans cela, toute connaissance des techniques de prise en charge et de remontée ne sert à rien ! Si en plongée loisir, le plongeur peut souvent remédier seul à son problème, il est **extrêmement dépendant de ses compagnons en plongée profonde**. Non seulement la remontée vers la surface est plus longue et périlleuse qu'à partir d'une faible profondeur, mais elle implique généralement une interruption de paliers non sans conséquence.

De par la formation pratique du brevet de spécialisation "plongée profonde à l'air", le plongeur aura appris à maîtriser les différentes techniques de remontée et en connaît les avantages/inconvénients. Mais, il **ne suffit pas d'être fort physiquement, il faut également être fort mentalement**. Dans les moments difficiles, chacun doit être **capable de REAGIR CALMEMENT et EFFICACEMENT**.

Un incident est toujours inattendu et la **réaction d'un sauveteur est souvent imprévisible**. Lorsque la plongée se déroule en profondeur, le sauveteur peut aussi avoir des difficultés à évaluer clairement la situation (p.e. suite à la narcose précipitée par le stress). C'est pourquoi il est primordial de **disposer de solution éprouvée pour les incidents les plus courants** et de **répéter souvent les gestes qui sauvent** pour qu'ils deviennent à la longue **des automatismes** ; la sécurité s'en trouvera renforcée. En effet, quand tout va mal, il faut que les réflexes soient là pour récupérer la situation et éviter qu'elle ne se transforme en accident.

5.3.2 Compétences relatives à la gestion des incidents

Le plongeur doit, sur base des connaissances acquises au minimum lors de ses 3 brevets de plongeur et dans le cadre du BdS PPA :

- › connaître les moyens permettant de prévenir la survenance d'un incident (prévention);
- › savoir en quoi la profondeur influence la cause (et donc leur survenance) et le développement (donc les conséquences) des incidents;
- › être capable de déterminer la meilleure réponse à apporter aux incidents qu'il pourrait rencontrer en plongée profonde à l'air. Il doit pouvoir agir bien et vite, dans l'urgence et non dans la précipitation.
- › être capable d'intervenir à une profondeur de 40m et au delà.

5.3.3 La panne d'air

5.3.3.1 *C'est quoi ?*

Dès que le plongeur s'immerge pour une plongée profonde, les notions de consommation et d'autonomie en gaz deviennent essentielles !

- **La consommation** représente la quantité d'air utilisée par le plongeur par unité de temps; elle s'exprime en litre par minute à une atmosphère de pression. En plongée technique on parle de RMV (Respiratory Minute Volume ou, VRM, Volume Respiratoire par Minute).
- La capacité nominale d'une bouteille est le volume, exprimé en litre ou en mètre cube, théoriquement disponible en surface (1 atm). Cette capacité s'obtient en multipliant la contenance de la bouteille et sa pression de remplissage. **L'autonomie** est la durée d'utilisation de la capacité nominale de la bouteille embarquée, (sans recours à des sources d'air externes). Elle est directement liée à la consommation, la pression ambiante et la capacité nominale de la bouteille; elle s'exprime en minute.

Si le plongeur ne prévoit pas une quantité d'air suffisante ou s'il n'adapte pas sa planification et l'exécution de sa plongée à la quantité d'air dont il dispose, il pourrait se retrouver dans une situation où il ne dispose pas de suffisamment de gaz pour remonter en surface en toute sécurité. Le cas le plus sévère est la situation où tout l'air disponible a été consommé : c'est la panne d'air.

Corollaire de la loi de Boyle & Mariotte, **l'autonomie en air est inversement proportionnelle à la profondeur. La panne d'air est donc plus fréquente et arrive plus rapidement en plongée profonde. De même, plus le temps fond est important, plus les paliers à réaliser seront géométriquement plus longs**¹⁵.

¹⁵ Pour une plongée à 50m, par tranche de temps fond de 5 minutes, le temps total de paliers (Table USN56) croît de la manière suivante : 0 ; 2 ; 7 ; 19 ; 32 ; 43 minutes.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Autonomie à effort constant:

	En surface	A 20m (3bar)	A 60m (7bar)
Consommation 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 avec un 15L à 200bar (3.000 L)	150 min	50 min <i>(37 min si l'on conserve 50bar comme réserve)</i>	21 min <i>(12 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>
Autonomie avec un Bi bouteille 2*10L à 200bar (4.000 L)	200 min	66 min <i>(50 min si l'on conserve 50bar comme réserve)</i>	28 min <i>(17 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>

Chez un même individu, la consommation n'est pas constante. Elle est principalement fonction de l'effort, du stress et de la fatigue du plongeur. **L'autonomie en air est inversement proportionnelle à l'effort.** Lorsque l'effort est effectué en profondeur, il faut faire attention à la panne d'air ... qui n'est jamais loin.

Autonomie à effort variable:

	Effort faible	Effort normal	Effort important	Proche de l'essoufflement
Consommation à 1 atm Consommation à 60 m	15L/minute ~100L/minute	20L/minute 140L/minute	60L/minute 420L/minute	120L/minute (et +) 740L/minute
Autonomie à 60m avec un 15L à 200bar (3.000 L)	30 min <i>(18 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>	21 min <i>(12 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>	7 min <i>(4 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>	< 5 min
Autonomie avec un bi bouteille 2*10L à 200bar (4.000 L)	40 min <i>(24 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>	28 min <i>(17 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>	9 min <i>(5 min si l'on conserve 80bar comme réserve)</i>	< 5 min

L'autonomie en air conditionne la fin de la plongée. Lorsque la prise en charge de la panne d'air n'est pas efficace, le plongeur en difficulté peut se voir contraint de revenir immédiatement en surface en négligeant les paliers obligatoires, voire la vitesse de remontée. Ce type de remontée comporte trois risques majeurs : l'accident de décompression, la surpression pulmonaire et la noyade (syncope). **La consommation du plongeur nécessite donc une vigilance constante de sa part.**

5.3.3.2 Prévention

- **Chaque membre de la palanquée doit avoir une bonne notion de sa consommation personnelle 'VRM' (soit le volume respiratoire à la minute)** dans différentes conditions de courant, de visibilité, de forme physique, de fatigue, de stress,... . [cf. exercice n° PPA.4.5 à réaliser en eau libre].

- Lors de la planification, **déterminer la quantité de gaz nécessaire pour réaliser la plongée envisagée** (sur base de sa consommation personnelle dans les conditions de plongée prévues) et **s'assurer que la quantité de gaz emportée est suffisante.**

Le volume de gaz comprimé emporté doit permettre de : réaliser le parcours prévu en profondeur, de respecter la vitesse de remontée préconisée et les paliers obligatoires, et de disposer d'une réserve suffisante pour faire face aux imprévus.

Le cas échéant, le temps de plongée ou la profondeur doivent être ajustés en fonction de la capacité des bouteilles disponibles et des paramètres de la plongée et aux conditions du moment (ex: courant, forme physique, matériel emporté, fatigue, stress, ...).

De manière générale, il faut emporter la quantité de gaz dont on a réellement besoin, sans viser trop juste et sans se déplacer avec une usine à gaz!

- **Gérer, en cours de plongée, l'autonomie des plongeurs de la palanquée** : surveiller régulièrement votre manomètre et celui des plongeurs de la palanquée ; fixer la réserve à la pression la plus adaptée aux circonstances de la plongée [voir chapitres qui suivent] et prévenez vos compagnons dès que vous arrivez sur réserve.
- **Contrôler votre respiration** et évitez tout effort superflu.

5.3.3.2.a Détermination de la quantité de gaz nécessaire pour une plongée donnée

Toute plongée bouteille s'effectue avec une quantité limitée d'air. Le problème consiste à évaluer correctement la quantité d'air dont on va avoir besoin pour réaliser la plongée envisagée.

Il n'y a pas que la loi de Boyle et Mariotte ni la prévoyance du plongeur qui interviennent dans la gestion de la consommation. L'augmentation de la densité du gaz respiré avec la profondeur engendre un **accroissement du travail respiratoire** (inspiratoire et expiratoire) **et donc de la consommation.**

D'autres paramètres influent aussi sur la consommation du plongeur, et donc sur son autonomie :

- Le **niveau de stress**, généré par exemple par des conditions de plongée difficiles (ex : faible visibilité, courant, la réalisation des paliers en pleine eau), la fatigue ou encore la nécessité d'encadrer d'autres plongeurs moins expérimentés, augmente la consommation d'air.
- Le **froid** a aussi un effet sur la ventilation, le corps se met à consommer de grande quantité d'O₂ (pour se maintenir à température normale) qui se répercute sur la consommation d'air. De plus, il réduit l'amplitude de la respiration, ce qui rend l'expiration moins efficace.
- **L'équipement** : un problème de flottabilité généré par un lestage mal adapté, une combinaison ou un gilet stabilisateur trop serré provoquent par exemple une surconsommation d'air ; le gonflage de la combinaison étanche et du parachute nécessitent également une certaine quantité d'air ; la configuration du matériel sur le plongeur peut aussi impacter la consommation (ex: manque d'hydrodynamisme qui entraîne une résistance à l'avancement dans l'eau plus importante et donc de l'effort à fournir).
- **L'entraînement physique** : une bonne hygiène de vie, un entraînement régulier en mer ou en piscine permettent de diminuer la consommation ; à l'inverse, un effort physique, (ex: palmage contre le courant, long déplacement sous l'eau) augmentent la consommation.
- Un **comportement "nerveux"** : mouvement intempestif des bras, palmage inefficace ou trop



rapide, vidage de masque incessant ont aussi un effet néfaste sur la consommation.

- Le **facteur physiologique** : chaque individu a une consommation normale, au repos, qui lui est propre. La capacité pulmonaire ainsi que la VO_2 (oxygène métabolisé), différentes pour chaque individu, intervient aussi dans le niveau de consommation d'une personne.

L'erreur classique, effectuée dans les calculs de détermination de la quantité de gaz nécessaire, est de prendre comme référence une consommation moyenne, au repos et à 1 atmosphère, de 20L/minute. Le plongeur doit être conscient que la **consommation varie non seulement d'un individu à l'autre, mais également d'une plongée à l'autre pour un même individu**. Il est donc nécessaire de **connaître sa consommation personnelle dans différentes conditions de plongée**.

(1) Calcul de votre consommation personnelle (VRM)

C'est d'ailleurs pour cela que vous avez effectué l'exercice de **calcul de votre consommation personnelle** au cours d'une plongée à 10m de profondeur. Le calcul de la consommation s'effectue pour une plongée au cours de laquelle vous effectuez vos déplacements calmement et fournissez un effort normal continu. Cet exercice n'a d'utilité que si vous êtes équipés du matériel que vous utilisez habituellement en plongée profonde (ex : même combinaison, même bloc bouteille, même redondance de certains équipements, ...) ; puisque le matériel a un impact direct sur l'effort fourni pour évoluer en profondeur et donc sur la consommation.

Cet exercice consiste à s'immerger à la profondeur de 10m. Arrivé à cette profondeur, le chrono est déclenché de façon à pouvoir déterminer un intervalle de temps de 10 minutes exactement. L'utilisation d'un timer électronique/ordinateur n'est pas prônée puisqu'elle ne donne pas une précision suffisante du temps écoulé (en minute et seconde). Lors du déclenchement du chrono, relever la pression de votre bouteille et notez la sur une plaquette immergeable (par exemple : 195bar). Vous entamez alors un palmage à un rythme constant durant 10 minutes à la profondeur de 10m. Après 10 minutes, relevez à nouveau la pression dans votre bouteille (par exemple : 175bar).

Il ne vous reste plus qu'à déduire votre consommation 'normale' à partir de ces données.

Pour un parcours de 10 minutes à 10m (soit à 2bar de pression absolue) avec un effort normal, la consommation (dans l'exemple) est de $195 - 175 = 20$ bar. Si vous aviez une 15L sur le dos, cela donnerait $20 * 15L = 300L$, soit une consommation de $[(300L / 10 \text{ minutes}) / 2\text{bar}] = \text{VRM} = \mathbf{15L \text{ par minute en situation normale}}$.

Il vous est aussi conseillé de réitérer cet exercice (même durée et même profondeur, même équipement, ...) en simulant un effort intense (comme s'il y avait du courant) et une situation de stress, en entreprenant un palmage rapide et soutenu pendant les 10 minutes. Vous obtiendrez une autre estimation de votre consommation « en cas d'effort intense » qui sera beaucoup plus importante qu'en situation normale (par exemple : **VRM = 26L/min en cas d'effort soutenu**). Ce volume respiratoire par minute « en cas d'effort intense » peut être nettement plus important que le VMR en situation normale, le cas présenté ici n'est qu'une illustration, mais des VMR de 40L/minute à 70L/minute ont déjà été observés lors d'effort très prononcé, et peuvent aller jusqu'à 100 à 120L/minute en cas d'essoufflement. Comme démontré au 5.3.3.1., une telle consommation viderait votre bouteille en quelques minutes !

Comme vous ne savez pas ce qui peut arriver lors d'une plongée, vous devez anticiper une situation difficile et prendre, comme consommation de référence pour vos calculs, une moyenne des deux situations. Dans l'exemple cela donnerait : $(15 + 26) / 2 = \mathbf{20,5 \text{ L/min comme consommation moyenne}}$.

Evidemment, si vous plongez sur un site sur lequel vous êtes certain que les conditions seront difficiles (p.e. vous êtes certains d'avoir du courant), faites vos calculs en utilisant votre consommation « en cas d'effort soutenu », il vaut mieux prévoir que se retrouver dans une situation de panne d'air.

(2) Déterminer la quantité de gaz nécessaire pour réaliser votre plongée

A ce stade, il ne vous restera plus qu'à **déterminer la quantité de gaz nécessaire pour réaliser votre plongée**. Exemple : Admettons que vous envisagez une plongée sur les cathédrales (Porto Pollo, Corse), site ne présentant pas de difficulté particulière, de 12min à 60m avant d'entamer votre remontée pour effectuer vos paliers de 1min à 9m, 4min à 6m et 10min à 3m.

Pour réaliser cette plongée **vous allez consommer : 2589L**, estimation réalisée comme suit :

- Sur le fond : $20,5\text{L}/\text{min} * 12\text{min} * 7\text{bar}$ de pression absolue = 1722L
- Pour la remontée : $20,5\text{L}/\text{min} * 6\text{min} * 3,5\text{bar}$ en moyenne = 430,5L
- Pour les paliers : $20,5\text{L}/\text{min} * [(1\text{min} * 1,9\text{bar}) + (4\text{min} * 1,6\text{bar}) + (10\text{min} * 1,3\text{bar})] = 436,65\text{L}$ ¹⁶

(3) Prévoir une marge pour les imprévus

Cette valeur ne représente que ce que vous allez consommer. Il vous faut **également prévoir une marge pour les imprévus**. Il y a plusieurs possibilités pour déterminer cette marge, mais généralement, on considère qu'il faut au moins prévoir une marge permettant de faire **face aux imprévus les plus courants**. Les récits d'incidents font souvent état d'une série de choses qui ne se sont pas déroulées comme prévu (« un problème n'arrive jamais seul »).

Calculons donc la quantité de gaz nécessaire (en plus de ce que vous avez déjà prévu pour le déroulement normal de votre plongée) pour faire face aux imprévus les plus courants :

- **Dépassement de la profondeur prévue et du temps prévu** : s'il s'agit chaque fois d'une tranche, vous aurez besoin d'un surplus de gaz pour effectuer les paliers supplémentaires (paliers totaux : 4min à 9m, 10min à 6m et 23min à 3m) égal à $20,5\text{L}/\text{min} * [(3\text{min} * 1,9\text{bar}) + (6\text{min} * 1,6\text{bar}) + (13\text{min} * 1,3\text{bar})] = 660,1\text{L}$;
- **Panne d'air de votre binôme qui nécessite que vous lui donniez de l'air pour la remontée et les paliers** : soit $430,5\text{L} + 436,65\text{L} = 897,65\text{L}$;
- **Interruption de paliers** nécessitant de redescendre et refaire les paliers * 1,5 : soit un besoin supplémentaire de $436,65 * 1,5 = 654,97\text{L}$;
- **Au retour en surface, la mer vous oblige à garder votre détendeur en bouche jusqu'à l'arrivée du bateau** pendant environ 10min : $10\text{min} * 20,5\text{L} = 205\text{L}$;
- **Votre manomètre n'est pas extrêmement précis, vous désirez disposer de 20bar supplémentaires** au cas où il vous indiquerait 200bar au départ alors qu'il n'y en a que 180 : **20bar**.

(4) Détermination de la capacité de la bouteille que vous allez utiliser

La situation qui semble la plus gourmande en gaz est celle de la panne d'air de votre binôme. Toutefois, il est possible qu'elle n'arrive pas seule. La **détermination de la capacité de la bouteille que vous allez utiliser** pour votre plongée résulte donc d'une savante réflexion à laquelle il n'y a pas de solution unique. Le principe de précaution s'applique dans tous les cas et il vous est conseillé de prévoir, plutôt que de devoir réagir à une situation de crise sous l'eau.

¹⁶ Ce calcul peut également être fait avec une approximation de 1,5bar comme pression absolue moyenne et avec toute la durée des paliers : $1,5\text{bar} * 15\text{min} = 461,25\text{L}$.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

En fonction des conditions de plongée, du support dont vous bénéficiez, de l'entretien de votre matériel, de vos partenaires et de leurs capacités, ..., vous allez devoir décider que la quantité de gaz que vous allez emporter. Pour l'exemple de notre plongée de 12min à 60m, la quantité de gaz nécessaire peut donc s'établir comme suit : [2589L + 897,65L = 3486,65L] + 20bar, ce qui revient à la recherche du volume d'un bloc qui pourrait contenir 3486,65L lorsqu'il est gonflé à 180bar. Cela donne un volume de 3486,65L / 180bar = 19,37L soit un bi-bouteille d'une capacité totale de 20L lorsqu'il est gonflé à 200bar. Partir pour réaliser cette plongée avec un bloc de moins de 20L pourrait s'avérer, en cas d'incident, insuffisant.

N'oubliez pas non plus que ce ne sont que des estimations vous permettant de planifier au mieux votre plongée, rien ne remplace une vigilance accrue en plongée, surtout lorsque les conditions de plongée sont différentes de celles dans lesquelles les estimations de consommation ont été effectuées, et une prompt réaction en cas d'arrivée sur réserve.

5.3.3.2.b Fixation de la pression de réserve

Après avoir déterminé la quantité de gaz nécessaire pour réaliser votre plongée, il vous faut maintenant donner des consignes précises à votre palanquée, notamment sur la pression qui sera considérée comme un passage sur la réserve.

Lorsque quelqu'un arrive sur réserve, cela signale généralement que la palanquée entame la remontée pour effectuer ses paliers et sortir de l'eau. En plongée profonde, c'est la même approche. Seulement, comme les paliers sont souvent plus longs et que la sévérité d'un problème potentiel est plus grande, il faut **prévoir une réserve plus importante.**

Les questions qui se posent alors sont : De quelle quantité d'air faut-il disposer comme réserve en plus de celle nécessaire pour la remontée et les paliers ? ; A quel(s) problème(s) faut-il pouvoir faire face ? ; La décision de parer pour tel ou tel problème est un **choix personnel** qui résulte souvent de l'expérience. Généralement, la réserve est fixée de manière à **disposer au minimum du volume d'air suffisant pour :**

- **réaliser la remontée et les paliers prévus,**
- **parer à certains problèmes** pouvant avoir une influence sur le bon déroulement de la fin de la plongée, comme l'imprécision éventuelle du manomètre (p.e. 20bar de différence entre la pression affichée et la réalité) ou la nécessité de conserver son détendeur en bouche jusqu'à l'arrivée du bateau (p.e. pendant 10min soit 10min * 20,5L = 205L).

En reprenant l'exemple de la plongée de 12min à 60m (cf. ci-dessus), si l'on avait décidé d'emporter un 20L à 200bar, il faut **fixer la réserve à une pression égale à :**

Cas 1 : pression « consommée » lors de la remontée + pression « consommée » aux paliers + pression conservée au cas où + pression « consommée » jusqu'à l'arrivée du bateau = (430,5L / 20L) + (436,65L / 20L) + 20bar + (205L / 20L) = 21,52 + 21,83 + 20 + 10,25 = **73,07bar.**

Ou **Cas 2 :** pression « consommée » lors de la remontée + pression « consommée » aux paliers + pression pour faire face à une panne d'air = (430,5L / 20L) + (436,65L / 20L) + (897,65L / 20L) = **88,24bar.**

Si vous prêtez une attention particulière à la réserve fixée par les palanquées en partance pour une plongée profonde, vous vous rendrez compte qu'elle est généralement **fixée entre 70 et 80bar. C'est un compromis** qui tient compte du fait que :

- la consommation varie d'un individu à l'autre,
- chaque plongeur de la palanquée ne part pas avec le même volume d'air (beaucoup n'ont pas d'autre bouteille que leur 15L, ne peuvent pas porter plus suite à des problèmes de dos,...),
- l'on doit prévoir une marge réaliste pour effectuer la remontée et les paliers sans pour autant anéantir les plaisirs de la plongée profonde à l'air,

- l'on ne peut faire qu'estimer les besoins pour une plongée, mais que la réalité est parfois bien loin des estimations et que l'on ne peut pas emporter du gaz pour faire face à tous les problèmes potentiels.

Cette **réserve moyenne pour une plongée profonde (70-80bar) correspond aussi au tiers de la bouteille** (partant du principe que les blocs sont la plupart du temps gonflés à 200bar), ce qui permet de faire le lien avec la règle des tiers [voir chapitre suivant]. Mais **n'oublions pas que la réserve n'est que le résultat d'un compromis évalué par la palanquée avant la plongée, en fonction des circonstances.**

Il est évident que la fixation de la réserve ne peut pas tenir compte de l'éventuelle présence de blocs de décompression emportés par certains plongeurs. La réserve est valable pour tous les membres de la palanquée, qu'ils disposent ou non de bloc de décompression (car il faut aussi prévoir l'éventualité que les blocs de décompression ne soient pas disponibles pour effectuer les paliers (ex : perte de gaz, problème de détendeur, ...).

5.3.3.2.c La règle des tiers - Déterminer les paramètres de LA plongée qui est réalisable avec une quantité d'air donnée

La règle des tiers est un autre moyen de déterminer les paramètres de la plongée, plus arbitraire, mais pas moins efficace. Lorsque vous n'avez pas le choix quant au volume de votre bouteille, il vous faut – lors de la planification – déterminer les paramètres de la plongée en fonction de l'autonomie que la bouteille 'à disposition' vous offre.

La règle des tiers suppose que **le volume de votre bouteille est divisé en 3 tiers :**

- **Un tiers pour la descente et le parcours sur le fond,**
- **Un tiers pour la remontée et les paliers,**
- **Un tiers pour la réserve et les imprévus.**

Prenons l'exemple d'un 15L gonflé à 200bar, vous disposez donc de 1/3 de son volume pour effectuer votre descente et le parcours sur le fond, soit $15L * 67bar = 1005L$ de gaz. Ce volume va vous permettre de déterminer les paramètres de votre plongée.

La plongée est généralement définie par un couple de données représentant le temps fond et la profondeur maximale. En fonction de vos objectifs de plongée, vous devez d'abord déterminer le paramètre (temps fond ou profondeur max) qui est le plus important pour vous :

- Si vous faites une plongée sur une petite épave d'avion posée sur le sable, vous n'avez pas vraiment le choix quant à la profondeur maximale. Vous allez alors **jouer sur le paramètre « temps fond » :**

Exemple : Si le sable est à 57m, vos 1005L – premier tiers – ne vous permettent d'effectuer que 7 minutes avant d'entamer votre remontée. **Le temps fond maximum, en minute, est donné par la division du volume de gaz disponible dans le premier tiers, exprimé en L, par la consommation moyenne personnelle (exprimée en L/min) à la profondeur maximale.** Soit $1005L / (20,5L/min * 6,7bar)$. Vous devez donc utiliser **7 minutes** comme temps fond dans votre planification.

$$\text{Temps fond max} = \frac{\text{volume de gaz dans un tiers}}{\text{consommation moyenne} \times \text{pression absolue}}$$

- Si vous effectuez une plongée sur un tombant, vous aurez plus de possibilités et préférerez peut-être **travailler sur la profondeur** pour étendre votre temps fond :

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Exemple : Si vous souhaitez disposer d'un temps fond d'au moins 10 minutes, la **pression absolue** (de laquelle il faudra déduire la profondeur maximale) **est donnée par la division du volume de gaz disponible dans le premier tiers par le temps fond souhaité par le temps fond, en minute, multiplié par la consommation moyenne personnelle (exprimée en L/min) en surface.** Soit $1005L / (20,5L/min * 10min) = 4,9bar$. Vous devez donc réduire votre profondeur à $(4,9 - 1) * 10 = 39m$ si votre planification suppose un temps fond de 10 minutes.

$$Profondeur maximale = \left[\frac{\text{volume de gaz dans un tiers}}{(\text{Temps fond max} * \text{consommation moyenne})} - 1 \right] \times 10$$

5.3.3.3 Et si... que faire ?

En tant que victime:

- Garder son calme.
- Dès le constat, prévenir le plus rapidement possible un membre de sa palanquée par le signe « panne d'air », arrêter sa progression et entamer une remontée contrôlée assistée en air par un autre membre de la palanquée.
- Dans ce cas, la situation permet un passage de la victime sur un des détendeurs du compagnon de plongée, sans agir dans l'urgence, en attendant l'arrivée d'un bloc de réserve. Le détendeur utilisé sera celui qui permet une gestion de la remontée le plus facilement possible (ex : celui disposant d'un long tuyau, celui ayant une rotule permettant de tourner le détendeur de manière à ce qu'il puisse être utilisé tout en gardant la victime en face de soi, ... pour autant que son autonomie en air soit suffisante).
- Conserver une faible pression (minimum 20bar) dans la bouteille pour faire face aux besoins du retour en surface et de la récupération. Il est parfois nécessaire de conserver son détendeur en bouche, notamment si la mer est formée, ou de devoir gonfler son gilet.
- Si le constat est fait au moment où le plongeur veut inspirer (après expiration), soit bouteille vide, la situation est critique et le plongeur a besoin d'air rapidement. La victime – en apnée – doit se diriger préférentiellement vers ses compagnons de plongée pour obtenir leur assistance, la remontée sans embout depuis 60m est fortement déconseillée, mais peut être pratiquée en dernier ressort si les compagnons de plongée sont introuvables. Il vaut parfois mieux faire 20m en apnée à 50m de profondeur pour se diriger vers un de ses compagnons, plutôt que de procéder à une remontée sans embout dans l'urgence, avec un risque important de barotraumatisme et d'accident de décompression dus à la remontée non contrôlée.
- En se dirigeant vers son compagnon de plongée, essayer de lui signaler le problème pour qu'il ne soit pas surpris et se prépare à fournir son embout principal ; si ce n'est pas possible, lui prendre son embout principal directement. On privilégie généralement le détendeur principal sur lequel le plongeur respire car la victime en panne d'air a la certitude qu'il fonctionne et pourra lui donner de l'air tout de suite.
- Entamer une remontée contrôlée assistée en air.

En tant que membre de la palanquée:

- Le temps de réaction d'une victime d'une panne d'air dépend principalement de sa capacité à gérer son stress pour agir calmement (bien et vite, et non dans la précipitation) et ses possibilités d'apnée,



généralement un maximum de 30 secondes dans ces conditions, avant que le réflexe respiratoire ne se déclenche et que la situation n'évolue vers la noyade.

- La **priorité doit être donnée à l'alimentation en air du plongeur**, il ne faut pas attendre que le plongeur en difficulté rende le détendeur, il doit d'abord récupérer son souffle et se calmer. Le compagnon de plongée doit directement attraper son second détendeur (prêt à l'emploi) et poursuivre l'assistance fournie à la victime pour entamer la remontée assistée en air.



- Le compagnon de plongée fait **signe aux autres membres** que **la plongée est interrompue** et qu'il faut **entamer la remontée**.

- Le chef de palanquée (ou préférablement un autre membre de la palanquée si c'est le chef de palanquée qui est en panne d'air) confirme les paliers à réaliser et examine la situation avec sa palanquée. Si un membre de la palanquée dispose d'assez d'air pour réaliser ses paliers ainsi que ceux de la victime en panne d'air. Les paliers sont réalisés ainsi. Si la réserve d'air dont dispose la palanquée n'est pas suffisante, la décision est prise de **communiquer** – au plus vite – **avec la palanquée de sécurité** (voir chapitre 5.2.6.1., deux parachutes côte à côte ou utilisation du parachute jaune Emergency) afin d'**obtenir une bouteille de réserve**, pour ne pas devoir procéder à une interruption de paliers.

5.3.4 La narcose à l'azote

5.3.4.1 *C'est quoi ?*

Tous les gaz que nous respirons sont toxiques à partir d'une certaine pression partielle. La narcose, ou ivresse des profondeurs, est un accident de type biochimique. Il n'y a pas de règle préétablie définissant à partir de quelle pression partielle – et donc de quelle profondeur - la narcose apparaît. Elle peut apparaître dès 30m, mais varie selon les individus, leur forme, le moment (fatigue, stress,...), les conditions de plongée (visibilité, courant, ...), la rapidité de la descente et du degré de maturité (expérience) du plongeur. Cependant, presque tous subissent les effets de la 'narcose' à partir d'une pression partielle de 5 bar (c.à.d. +/- 40m). Dès lors, **au plus on plonge profond à l'air, au plus le risque de narcose est grand**. C'est également pour cela que l'on recommande un **apprentissage progressif de la profondeur** afin de déterminer sa réaction personnelle à la narcose.

L'ivresse est **vécue de façon différente par les plongeurs**. C'est un peu comme avec l'alcool, certains ont la boisson joyeuse d'autre la boisson triste. La narcose peut avoir pour effet: un sentiment de vertige, d'angoisse et de malaise, une perte d'orientation, un désintérêt pour la plongée, une absence de réaction aux signes de sa palanquée, une crise de panique, ...

5.3.4.2 *Prévention*

- **Etre en forme et pratiquer la plongée profonde régulièrement.**
- **Limitez vos plongées en profondeur si vous n'êtes pas en bonne forme physique ou mentale**, si vous n'avez **pas plongé depuis quelques semaines**, si vous êtes **stressé ou énervé**, si vous êtes **fatigué** ou si vous êtes rentré un peu tard la soirée précédente (parfois il vaut mieux ne pas plonger du tout...),

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

- **Ne partez pas dans la précipitation**, préparez-vous suffisamment à l'avance et attendez un peu avant de vous mettre à l'eau si vous vous sentez oppressé,
- **Ne descendez pas trop rapidement** et préférez les descentes avec repère visuel.
- **Limitez vos efforts** (avant et pendant la plongée): un effort plus important implique une production de CO₂ plus importante et une perfusion plus grande, ce qui favorise l'apparition de la narcose et l'intensité de ses effets.
- Eviter de descendre tête vers le bas.
- **Eviter la prise de médicaments**, ce qui rapproche le seuil d'apparition de la narcose, tout comme le froid en plongée.
- **Prévoyez une protection thermique adéquate.**
- Ne cherchez pas à dépasser vos limites.
- **Soyez vigilant pour vous-même et vos partenaires**, si vous voyez apparaître une perte d'attention ou de concentration (lecture répétée ordi., gestes brusques, changements d'orientation fréquents, etc...), il est temps de remonter calmement de quelques mètres.
- En profondeur, les plongeurs narcosés ont tendance à répondre 'OK' instinctivement à toute demande de leur chef de palanquée. Prêtez donc attention à la précision des signes et testez-vous sous l'eau pour détecter les premiers signes. Plusieurs techniques sont possibles pour déterminer vos limites. Amusez-vous, lors de vos plongées de formation, à prendre un petit questionnaire avec vous sur une plaquette et soumettez les questions à votre compagnon de plongée. De retour en surface vous risquez d'avoir des surprises. Une autre possibilité consiste à convenir d'un signe spécial pour vous tester en profondeur et voir si vous répondez 'OK' sans réfléchir, par exemple en montrant le poing fermé qui ressemble au signe OK.

5.3.4.3 Et si ... que faire ?

En tant que victime:

- Si la victime en est capable, elle doit prévenir un membre de sa palanquée, s'équilibrer, arrêter sa progression et entamer une remontée contrôlée. Si la narcose n'est pas sévère, les symptômes s'estompent généralement lors de la remontée.

En tant que membre de la palanquée:

- A la détection du signal des symptômes de narcose chez un compagnon de plongée (ex: une réponse inadaptée à votre question, la non-réponse au signe 'ok?', un non respect des paramètres, un désintérêt du reste du groupe, ...), se mettre de préférence devant le plongeur pour le rassurer (ex: le regarder dans les yeux et lui faire des signes de se calmer), **éviter que la situation ne dégénère** (ex: la victime pourrait enlever son détendeur) et le **remonter par une prise ferme de son équipement**.
- On effectue une **remontée technique contrôlée** (à l'aide du système de stabilisation) jusqu'à ce que les effets de la narcose disparaissent. Lorsqu'il est pris en charge, le plongeur devient souvent inactif (ex: ne palme plus et ne gère pas son gilet). L'important est de remonter et de réduire la pression partielle d'azote.
- S'il est impossible d'intervenir par devant (ex: lorsque le plongeur est agressif ou paniqué), il faut être très prudent car le plongeur



paniqué risque de tenter une action désespérée vis-à-vis du sauveteur (p.e. lui arracher son masque). On se place derrière le plongeur et on le maintient au niveau de sa bouteille. Il faut effectuer une remontée technique contrôlée en plaçant idéalement une main sous l'épaule gauche de la victime pour atteindre et régler son système de stabilisation. Malgré que l'on se positionne à l'arrière de la victime, une attention particulière doit être portée au détenteur de la victime afin d'assurer que son état ne se dégrade pas et qu'elle a toujours son détenteur en bouche.

- Parallèlement à la prise en charge de la victime, **prévenir le reste de la palanquée.**
- **Poursuite ou interruption de la plongée selon l'état de la victime**, mais – dans tous les cas – éviter de redescendre en profondeur. Contrairement à ce que l'on dit, **les symptômes de la narcose ne disparaissent pas dès que l'on entame la remontée.** En effet, ils sont la résultante d'une tension d'azote dissout importante. Le fait remonter et de respirer un gaz avec une pression partielle d'azote plus faible permet de réduire, par les échanges gazeux au niveau des poumons, la tension d'azote dissout, mais cela prend un certain temps avant que les symptômes ne disparaissent complètement. Parfois, ce n'est qu'à l'arrivée sur le bateau que le plongeur reprend tout à fait ses esprits.

5.3.5 Intoxication au dioxyde de carbone

5.3.5.1 *C'est quoi ?*

L'intoxication au dioxyde de carbone (CO₂) ou hypercarbie, est un accident de type biochimique, dû à une concentration de dioxyde de carbone trop importante dans le sang. Il existe trois causes principales : une pollution du gaz lors du chargement de la bouteille, une production anormalement élevée de CO₂ (effort, stress, angoisse, froid, etc.) et/ou une élimination inefficace par l'organisme (hypoventilation, rétention). Les symptômes les plus couramment observés ou ressentis sont les maux de tête, la narcose et l'essoufflement.

Le dioxyde de carbone est un gaz lui aussi narcotique, dont les effets vont renforcer ceux de l'azote. Il a d'autres propriétés chimiques qui vont influencer négativement la performance physique et mentale du plongeur, ainsi que sa décompression (diminution de l'oxygénation, hypertension pulmonaire, vasoconstriction, tachycardie, etc.).

5.3.5.2 *L'essoufflement*

Ce dernier est d'intérêt tout particulier en plongée profonde parce qu'il se déclenche rapidement et est difficile à maîtriser.

Trois facteurs interviennent dans l'apparition de l'essoufflement en plongée profonde :

- *Premièrement*, avec l'accroissement de la profondeur et de la pression absolue, mais aussi s'il y a contamination du gaz respiré, la **pression partielle de CO₂ dans le gaz respiré augmente** (cf. Loi de Dalton).
- *Deuxièmement*, le travail, stress et l'effort fournis en profondeur **accroît la production de CO₂**: la respiration consomme plus d'énergie à mesure que l'air devient plus dense en profondeur ; le métabolisme est accéléré pour maintenir la température du corps en immersion froide mais aussi suite à l'angoisse, la peur, etc. ; l'effort fourni pour les déplacements contre un courant ou suite à l'encombrement de l'équipement impliquent un rejet de CO₂ plus important.
- *Troisièmement*, la ventilation en profondeur a tendance à devenir moins ample et moins efficace, parce que le plongeur ressent moins le besoin de respirer, qu'il a tendance à réaliser de courtes apnées (naturellement, mais – dans certains cas - volontairement pour moins consommer), parce que la densité du gaz respiré est plus importante et fatigue l'organisme ou que le détenteur devient moins souple ; ces **phénomènes ne permettent pas une évacuation suffisante et efficace du CO₂** produit par

l'organisme et contribue à l'apparition de l'essoufflement. (Il y a aussi des personnes naturellement réentrées de CO₂ ou simplement moins sensibles aux hautes concentrations de CO₂).

C'est donc sur ces 3 facteurs à la fois qu'il faut agir en cas de prise en charge d'un essoufflement.

Un effet supplémentaire vient également s'ajouter. Pour respirer, le plongeur effectue un travail musculaire important lors de l'inspiration en vue de dépasser les forces élastiques qui limitent l'expansion des poumons. Un certain travail est aussi fourni pour faire circuler l'air jusqu'aux poumons. C'est ce deuxième travail musculaire qui va engendrer l'**effet boule de neige de l'essoufflement**. Lorsque le rythme respiratoire augmente (suite aux 3 facteurs expliqués ci-dessus), l'effort à fournir pour faire circuler l'air augmente étant donné que la circulation rapide d'air engendre des turbulences qui accroissent les forces de résistance et nécessitent donc un effort supplémentaire pour circuler. Ce phénomène de turbulences existe aussi avec l'accroissement de la densité de l'air (avec la profondeur).

5.3.5.3 Prévention

- **Utiliser un matériel entretenu et fonctionnel**: éviter par exemple les détendeurs trop durs ou avec un faible débit d'air.
- **Se mettre à l'eau au bon moment et sans précipitation** : éviter le canard car il nécessite des efforts importants, se laisser dériver par le courant jusqu'à la balise, ...
- **Utiliser le bout pour se déhaler** à la descente afin de ne pas arriver en début d'essoufflement sur le fond.
- **Ne pas lutter contre le courant**. Si l'on ne peut se protéger du courant, il est conseillé de le faire près du fond où la force du courant est généralement plus faible et où il est possible de s'accrocher afin de faciliter ses déplacements.
- **Mouvements lents et amples** des jambes pour le palmage: Pour avoir un rendement efficace, il faut laisser à la palme le temps d'accomplir l'entièreté de son mouvement.
- **Contrôler sa flottabilité et sa position** pour limiter ses efforts et son énergie. Alors que le poumon-ballast (qui vise à utiliser les poumons du plongeur à l'instar de la vessie natatoire des poissons) est conseillé en plongée d'exploration à <40m, elle est déconseillée en plongée profonde car elle implique généralement une respiration moins ample, moins profonde. Comme ce type de respiration ne permet pas une évacuation idéale du CO₂, elle est déconseillée en plongée profonde. Une attention particulière sera également accordée au lestage (éviter le sur-lestage) et à l'utilisation correcte du système de stabilisation (aide à la flottabilité sans rendre les déplacements trop difficiles).
- **Prendre conscience de sa respiration et apprendre à la maîtriser** : Le plongeur doit prendre conscience des muscles qui lui permettent de respirer pour apprendre à mieux les contrôler. Il ne doit pas forcer son expiration, mais doit s'assurer d'expirer correctement (même en situation de stress). L'objectif est d'essayer de respirer en profondeur aussi normalement qu'en surface. Il ne faut surtout pas faire d'apnée. Dans des conditions normales et au repos, on observe que l'homme a naturellement tendance à marquer une courte pause après l'expiration, juste avant de procéder à une nouvelle inspiration ; cette pause peut être également marquée en profondeur au même endroit du cycle respiratoire (surtout pas après l'inspiration).
- **Maîtriser ses émotions**: On constate souvent que la respiration est directement liée au niveau de stress du plongeur. Lorsqu'il est calme et détendu, il respire lentement et profondément. Lorsqu'il est stressé, sa respiration s'accélère et devient vite inefficace. Il faut **apprendre à se calmer** et à maîtriser ses émotions pour ne pas greffer une panne d'air à un incident bénin.
- **Contrôle de la gestuelle** : supprimer les gestes parasites ou excessifs.
- **Porter une combinaison, un système de stabilisation et une ceinture de lest adaptés à votre morphologie** : S'ils sont trop serrés ou trop petits, ces trois équipements peuvent réduire les

mouvements de votre cage thoracique et de votre abdomen. Ce qui peut exacerber l'inefficacité de la respiration en profondeur.

5.3.5.4 Et si ... que faire ?

En tant que victime:

- Garder son calme.
- Si possible, le signaler directement à sa palanquée afin d'être pris en charge correctement. Sinon adopter la même réaction que celle d'un membre de la palanquée (voir 'En tant que membre de la palanquée').

En tant que membre de la palanquée:

- **Mise en sécurité du plongeur en essoufflement** et de soi-même (ex: empêcher le plongeur de remonter en ballon jusqu'en surface, éviter qu'il n'arrache votre détendeur ou qu'il enlève le sien, l'équilibrer, ...). Le plongeur victime d'un essoufflement peut avoir l'impression que son détendeur ne lui donne pas assez d'air et pourrait avoir envie de l'arracher ou d'utiliser celui de son sauveur.
- **Faire cesser tout effort à la victime.** On préférera trouver un appui situé à une profondeur moins importante, si ce n'est pas possible, une descente de 1-2 mètres est tolérable pour permettre au plongeur de se calmer, d'**expirer amplement** afin d'essayer de **diminuer la production de CO₂** (ex: offrir un appui à la victime et se mettre à l'abri du courant).
- **Calmer et rassurer la victime**, réduire le stress.
- Si l'essoufflement n'est pas maîtrisé (la victime ne récupère pas son souffle dans un très court laps de temps, maximum 1 minute), **remonter la victime à vitesse contrôlée** (remontée technique assistée) pour réduire l'effort respiratoire et la pression partielle de CO₂ respirée, réduire la consommation, mais surtout **faciliter l'expiration** pour éliminer le CO₂ excédentaire. La remontée permet généralement de rejoindre une zone où la température de l'eau est plus clémente, ce qui – lorsque les températures sont basses – pourrait diminuer la sensation de froid éventuelle, donc le frisson et ainsi amoindrir la production de CO₂.
- Dans tous les cas où une remontée a été nécessaire, il est **déconseillé de prolonger la plongée** et prescrit de **ne pas redescendre**. En effet, l'essoufflement a été provoqué par une tension élevée de CO₂ qui est un facteur favorisant de l'accident de décompression.
- Si la remontée a dû être faite jusqu'en surface (parce que la victime n'arrivait pas à récupérer son souffle), la successive est interdite. Lorsque des paliers étaient nécessaires, les procédures d'urgence sont appliquées.

5.3.6 La maladie de décompression

5.3.6.1 C'est quoi ?

La MDD résulte d'une décompression inadéquate suite à une exposition hyperbare. Elle englobe deux accidents, l'accident de décompression (ADD) et l'embolie artérielle gazeuse (EAG). L'ADD est du à la libération de bulles de gaz émanant de gaz dissouts (en solution) dans les tissus et/ou dans le sang. Ces bulles de gaz sont essentiellement composées de gaz inertes (par exemple, l'azote ou l'hélium), mais aussi dans des quantités relativement faibles de CO₂. L'EAG est le résultat de gaz alvéolaire faisant irruption dans le système circulatoire pulmonaire (par ex. lors d'une surpression pulmonaire).

Le facteur principal de risque de MDD est une réduction de la pression ambiante, mais il existe un grand nombre d'autres facteurs qui contribuent à élever ce risque. Principalement, ce sont les **plongées profondes et/ou longues, l'eau froide, un effort important en profondeur et une remontée rapide.**

La remontée rapide est liée étroitement avec le risque d'EAG. Il existe d'autres facteurs tels que l'obésité, la déshydratation, l'effort physique immédiatement après la plongée, les affections pulmonaires et d'autres encore qui varient tous d'un individu à un autre. C'est pourquoi nul n'est égal devant la MDD.

Dans certains cas, la maladie est bénigne et se résorbe sans séquelles. Dans d'autres cas, des conséquences physiologique graves peuvent survenir et **nécessitent un traitement dans les plus brefs délais possibles pour maximiser les chances d'un complet rétablissement**, et à défaut, les séquelles les moins importantes possibles. Les symptômes apparaissent usuellement entre 15 minutes et 12 heures après la sortie de l'eau, mais **dans des cas sévères, les symptômes peuvent apparaître avant de faire surface, ou immédiatement après**. Les cas décelés au-delà de 12 heures sont rares, mais existent, en particulier lors d'une remontée en altitude ou d'un voyage en avion après une plongée.

5.3.6.2 Prévention

La profondeur et la durée d'exposition sont des facteurs importants de risque de MDD. C'est pourquoi il est recommandé - en plongée profonde - d'utiliser tout les moyens disponibles pour réduire ce risque :

- **Prendre avantage des possibilités de conservatisme du moyen de décompression** : Les plongeurs expérimentés ne doivent pas hésiter à ajouter l'un ou l'autre facteur de conservatisme (cf. REVOD). Cette pratique est recommandée pour tous les plongeur, spécialement en plongée en eaux froides ou lorsque les conditions sont difficiles. Cela peut aussi passer par la planification d'un **temps de plongée plus court** lorsque l'eau est froide (tout en appliquant la procédure d'urgence spécifique si vous plongez aux tables).
- **Utiliser tant que possible un gaz de décompression suroxygéné** (voire de l'O₂ pur).
- **Respecter** impérativement la **vitesse de remontée** (surtout dans les derniers mètres) et les **paliers** indiqués par votre moyen de décompression.
- Limiter les efforts avant, pendant et après la plongée.
- Limiter la répétition de plongées profondes.
- Réaliser un **palier de défatigation** et un **palier de surface** si les conditions le permettent.
- Bonne hydratation, forme et condition physique (renoncer à la plongée profonde si fatigué).
- Matériel entretenu et performant ainsi qu'une protection thermique adéquate.
- Etc.

Les paragraphes¹⁷ qui suivent fournissent quelques explications sur l'**origine de plusieurs facteurs** (particulièrement important pour la plongée profonde) autrefois appelés tantôt '**favorisants**' ou tantôt '**aggravants**', leurs **conséquences** ainsi que les **recommandations permettant d'en limiter ou éviter les effets**. Il ne s'agit pas d'explications complètes, ni même exhaustives, mais plutôt d'une illustration de l'inégalité de chacun devant la décompression.

- › **Le gaz carbonique** : La présence en concentration anormale de CO₂ entraîne un stress sur l'organisme qui perturbe la dynamique de la (dé)saturation, notamment en modifiant la solubilité des gaz inertes et en favorisant la formation spontanée de microbulles dans la circulation. Cette concentration anormale de CO₂ peut avoir comme origine une cause exogène (pollution au CO₂ à l'entrée du compresseur, détendeur trop dur, combustion spontanée de matières organiques lors de l'utilisation de mélanges hyper-oxygénés, ...), endogène (essoufflement, rétention de CO₂, tabagisme,...) ainsi que les mécanismes physiologiques normaux (effort, froid, digestion, fatigue,...).

¹⁷ Reproduction partielle du texte "Réforme et évolution de la décompression" du groupe REVOD de la Commission de l'Enseignement - Lifras, Octobre 2008, V 5.

Une bonne hygiène de vie, la limitation des efforts immédiatement avant, pendant et juste après la plongée (y compris la digestion), l'arrêt de la plongée en cas d'essoufflement, l'entretien de son matériel, la limitation de l'exposition au froid, etc. permettent de réduire les effets du CO₂ sur la décompression.

- › **L'oxygène** : Si la majorité des modèles de décompression prédisent une réduction de la durée de décompression lors de l'utilisation de mélanges suroxygénés, ils ne tiennent pas compte des effets indirects néfastes de l'oxygène sur la décompression. En effet, au-delà d'un effet vasoconstricteur qui ralentit la désaturation, une haute concentration d'oxygène engendre des mécanismes d'oxydation cellulaire et de production de radicaux libres, ainsi que d'autres bouleversements chimiques complexes qui doivent *inciter le plongeur à utiliser des marges de sécurité accrues dans le calcul de la décompression 'accélérée' et à éviter autant que possible des expositions proches des limites de pression partielle maximale à l'oxygène et de temps d'exposition (horloge CNS).*
- › **La déshydratation** : Sous l'eau, la pression hydrostatique, proportionnelle à la profondeur, entraîne une modification de la répartition de la masse sanguine. Elle-même engendre une diminution de la masse sanguine par diurèse (d'où l'envie d'uriner bien connue en plongée). Dès la remontée, le volume sanguin peut s'avérer insuffisant, provoquant les symptômes de la déshydratation. La respiration d'un gaz sec ainsi que la transpiration contribuent eux-aussi, mais dans une moindre mesure, à ce phénomène. La déshydratation diminue la fluidité du sang et rend par conséquent plus difficiles les échanges gazeux. La déshydratation et l'hémoconcentration avant et pendant la plongée peuvent exacerber l'altération de la microcirculation quand la formation des bulles survient. *Il est conseillé de bien s'hydrater avant (dans les 24h) et après la plongée, avec des boissons non alcoolisées et non diurétiques, de se protéger de la chaleur et de se reposer. Comme la réhydratation n'est pas instantanée, il est conseillé d'espacer les plongées par des intervalles adéquats.*
- › **L'effort et la condition physique**: Mauvaise condition physique, stress, profondeur, froid, courant, houle, matériel inadapté, mauvaise flottabilité, manque d'expérience, ... exacerbent l'effort à fournir lors de la plongée. En immersion, l'effort entraîne entre autre une accélération du rythme cardiaque, une augmentation de la tension artérielle, de la température corporelle et du débit ventilatoire, qui accélère l'absorption/l'élimination de gaz inerte dans les tissus. Il en résulte un accroissement de la charge de gaz inerte, de CO₂ et de microbulles (par cavitation et tribonucléation) et donc du risque d'ADD. La multitude d'effets de l'effort, de la fatigue, de la consommation excessive d'énergie sur l'organisme éloigne le plongeur sensiblement des conditions et hypothèses d'utilisation des modèles de décompression. Les tables contemporaines telles celles de l'USN, MN90, MT92 ont été élaborées pour des adultes en parfaite condition physique, comme le sont, d'ailleurs, la plupart des algorithmes équipant les ordinateurs de plongées. *Il est donc préconisé de disposer d'une bonne condition physique, entretenue par une activité sportive régulière (Le test à l'effort ECG, est une assez bonne indication de la condition physique). Mais aussi, de limiter les efforts pendant et immédiatement après la plongée grâce à une formation/expérience adéquate pour la plongée entreprise, un matériel et un lestage adaptés, si possible effectuer un palier de défatigation et marquer un temps de récupération en surface avant de sortir de l'eau (palier de 'surface').*
- › **La fatigue** : Voyages (décalage horaire, transport, etc.), surmenage, digestion, déshydratation, effort, stress, froid, chaleur importante, manque de sommeil, mal de mer, maladies, ... provoquent divers effets sur l'organisme qui



s'éloignent sensiblement des conditions et hypothèses d'utilisation des modèles de décompression. La fatigue est un des facteurs principaux d'accidents de décompression. *Se remettre progressivement "dans le coup" est une bonne stratégie plutôt que de faire "une cinquante mètres" après avoir traversé la France du Nord au Sud après une année de travail sédentaire. Il vaut mieux remettre une plongée si la fatigue est marquée.*

- › **Les effets thermiques** : Ils sont exacerbés par la plongée en eau froide/chaude, plongées longues, vêtement isotherme inadapté, mauvais confort thermique avant et après la plongée etc. Le corps ne tolère que de très petits écarts de température. Il possède un arsenal de moyens lui permettant de maintenir sa température centrale normale : dilatation/vasoconstriction des vaisseaux ; accélération du métabolisme, frissons, transpiration, modification de la respiration, etc. Ces mécanismes vont avoir un impact direct sur la perfusion, le taux de CO₂ et la solubilité des gaz inertes et, indirectement donc, sur le transport et les échanges gazeux ainsi que sur la décompression. L'exposition au froid est souvent citée comme facteur de risque d'ADD, mais la véritable relation entre le froid et l'ADD est complexe et dépend aussi de la chronologie de l'exposition au froid. L'exposition aux eaux tropicales chaudes (30°C et plus) est, elle, citée comme facteur de risque de crise hyperoxique et d'infection bactérienne accrue. L'influence sur la décompression n'est pas directement avérée. Notons toutefois la tendance qu'à un plongeur d'étendre significativement la durée de la plongée en eau chaude au-delà du temps total initialement planifié. Cette attitude accroît dès lors son risque d'ADD. Il est utile de rappeler *l'importance d'une protection thermique adéquate avant, pendant et après la plongée* : l'eau ayant une capacité calorifique environ 10 fois plus importante que l'air, *une hypothermie peut se produire même dans une mer chaude. Sans une protection thermique efficace, mieux vaut éviter une plongée nécessitant des paliers tant la modification progressive de la perfusion lors de la plongée en eau froide (surtout au palier) peut être importante.*
- › **Les effets mécaniques** : La fluctuation importante de la pression engendrée par la sortie de l'eau, la plongée en dents de scie (yo-yo), ou du plongeur fixé sur un fond ou sur un mouillage en présence d'une forte houle entraîne une nouvelle répartition des fluides et de la pression artérielle pouvant créer les conditions propices à l'apparition spontanée de bulles dans l'organisme. Les modèles de décompression 'bullaires' modernes prévoient une augmentation significative des bulles circulantes lors des phases de descente et de remontée. Plus ces variations de profondeur sont nombreuses, d'amplitudes importantes ou proches de la surface, plus gros sera le volume total de bulles circulantes et plus important sera le risque d'ADD. *L'utilisation du palier de surface, éviter les plongées yoyo ou 'touch and go', et/ou effectuer le palier de décompression ou de 'sécurité' à l'abri de la houle (utilisation du parachute, palier à profondeur plus importante) permet dans une certaine mesure de mitiger l'amplitude de pression supportée par l'organisme.*
- › **Une vitesse de remontée excessive**, due à une mauvaise gestion de la flottabilité (étanche, gilet, parachute, lestage inadapté, flottabilité bouteille vide...), une désorientation spatiale (noir, chapelet de bulles, vertiges,...), un manque d'expérience, la panne d'air, un courant ascendant (ex à Némó), la houle, la perte de compagnon... entraînent un risque accru d'accident bullaire, tant dans les modèles néo-haldanien que 'bullaire'. On ne répète jamais assez l'importance du strict respect de la vitesse de remontée. Seulement, en pratique, il peut être très difficile de contrôler sa vitesse de remontée. *Dans le doute, il est prôné de ralentir ou, mieux encore, d'interrompre momentanément la remontée, tout en veillant à ne pas redescendre et à ne pas prolonger significativement le temps de saturation.*
- › **Une décompression lourde** : Dans le cadre d'une étude menée pour le compte de l'U.S.Navy, portant sur près de 700.000 plongées de 1968 à 1981 effectuées aux tables USN, le nombre observé d'ADD par rapport aux plongées no déco est 3,6 fois supérieur pour les plongées répétitives ; 8,5 fois pour les plongées avec paliers obligatoires et 17,8 fois pour les expositions exceptionnelles. En parallèle, une seconde étude a été menée pour déterminer le risque associé

aux plongées avec décompression (table USN). Ses conclusions ne sont pas surprenantes, **plus la décompression est lourde (surtout au niveau du temps fond) plus grande est la probabilité de survenance d'ADD.**

- › **L'hygiène de vie** : On cite souvent aussi l'influence négative d'une nourriture déséquilibrée, de l'alcool, de médicaments, de stupéfiants, et bien d'autres facteurs propres à l'hygiène de vie du plongeur. Ces facteurs sont tellement nombreux qu'ils n'ont pas tous fait l'objet d'études particulières sur l'influence néfaste précise qu'ils opèrent sur la décompression. Nonobstant, les facteurs propres à l'hygiène de vie du plongeur doivent inciter à la prudence et au bon sens.

5.3.6.3 *Et si ... que faire ?*

La prise en charge d'un ADD (ou d'une suspicion d'ADD) est la même qu'en plongée loisir classique (voir manuels brevet de plongeurs). Toutefois, on ne peut jamais assez insister sur:

- la vigilance des membres de la palanquée pour détecter au plus tôt les premiers signes,
- la nécessité de déclarer tout symptôme ou signe inhabituel que le plongeur ressent,

en vue d'une prise en charge la plus rapide possible. Au plus vite le traitement commence, au plus grande sont les chances de récupération.

5.3.7 La perte de compagnon

5.3.7.1 *Procédure à appliquer en cas de perte*

Lors des briefings auquel vous avez assisté, vous avez sûrement déjà entendu que, selon les plongeurs, la procédure à appliquer en cas de perte d'un compagnon peut être différente. Il s'agit d'un sujet qui ne fait pas l'unanimité puisque la procédure à appliquer peut être adaptée aux circonstances de la plongée. C'est souvent le cas en plongée profonde, notamment vu l'importance des paliers à réaliser.

Plus fondamentalement, de quoi parle-t-on?

- des **consignes** :
 - › **convenues avec les membres de la palanquée** lors du briefing,
 - › **connues de** (et en accord avec) **la sécurité de surface** (et du pilote),
 - › d'application pour la plongée envisagée (adaptée au site / au profil / aux plongeurs / au matériel disponible),
- **au cas où la palanquée viendrait à être scindée** (et qu'un ou plusieurs plongeurs seraient séparés du reste de la palanquée).

Tous ces éléments ont de l'importance étant donné qu'ils sont à la source des diverses procédures que l'on observe sur les sites de plongée. Il n'y a actuellement pas de protocole imposé par la Lifras en cas de perte de compagnon. A défaut, on applique dans la majorité des cas la procédure recommandée par la CMAS :

« En cas de perte d'un ou de plusieurs plongeurs, la même procédure est aussi bien suivie par les plongeurs perdus que par le chef de palanquée :

- **remonter de quelques mètres, et tourner sur 360° en regardant bien autour de soit (regarder également vers le haut et le bas),**
- **ceci ne peut durer plus de 30 secondes,**
- **en cas de résultat négatif, on remonte jusqu'en surface, à la vitesse de remontée prescrite ».**

Une mauvaise connaissance de la procédure à suivre peut engendrer:

- la panique de certains membres de la palanquée qui ne sauraient pas quoi faire s'ils étaient séparés du chef de palanquée,

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

- l'accident de plongeurs qui se mettraient volontairement dans une procédure d'exception alors que d'autres solutions existent,
- l'application de procédures différentes selon les plongeurs, ce qui pourrait entraîner un déclenchement de la procédure de recherche inutilement.

Il est donc **indispensable de préciser la procédure à suivre** pour que tous les plongeurs soient sur la même longueur d'onde. Elle doit être **claire et connue de tous**.

5.3.7.2 Comment adapter la procédure CMAS aux circonstances de la plongée profonde ?

Pour déterminer comment adapter la procédure classique, il faut d'abord analyser les différentes situations possibles qui pourraient se présenter en cas de perte d'un compagnon de plongée.

Le cas le plus simple d'un plongeur séparé de la palanquée : il s'est simplement perdu et il n'y a aucune entrave à la remontée de l'ensemble des plongeurs. Cette situation est similaire à celle du plongeur, séparé de sa palanquée, qui a un problème qu'il est capable de résoudre seul et qui entame la remontée comme les autres.

En appliquant la procédure CMAS, les membres de la palanquée se retrouvent en surface. En dehors du fait que la plongée s'arrête au moment où l'on détecte qu'il manque un plongeur, la remontée jusqu'en surface n'est pas idéale puisque les plongeurs profonds entrent alors dans une procédure d'exception pour effectuer leur décompression. La gestion de la remontée ne doit pas poser de problème étant donné que les plongeurs profonds sont des plongeurs expérimentés disposant au minimum du brevet de plongeur 3* et de tout le matériel nécessaire pour contrôler leur remontée et effectuer les paliers nécessaires.

Par contre, cette procédure peut être optimisée de la façon suivante:

- › Lorsque **le site de plongée présente un point caractéristique surélevé** où les membres de la palanquée peuvent se retrouver (ex: sur le haut d'un sec, la cheminée d'une épave, ...), on peut recommander de **marquer un arrêt de 30 secondes sur ce point caractéristique avant de poursuivre la remontée**. Cet arrêt permet aux membres de la palanquée de se retrouver et d'éventuellement reprendre le cours normal de leur plongée. Elle a surtout comme conséquence que les plongeurs n'entrent pas dans une procédure d'interruption de paliers.
- › Au vu des **paliers fréquemment importants à effectuer à la suite d'une plongée profonde**, on peut aussi conseiller de remonter jusqu'aux premiers paliers, d'**effectuer ceux-ci sans remonter en surface**, mais en **prévenant la sécurité par les moyens de communication prévus** (ex: deux parachutes côte à côte, parachute emergency). On fera directement le lien avec le chapitre 5.6 sur le matériel et la nécessité – pour chaque membre de la palanquée – de disposer du matériel adéquat pour communiquer avec la palanquée de sécurité s'il se retrouvait seul (ex: **deux parachutes, de préférence un jaune emergency qui attire l'attention de la palanquée de sécurité, plaquette pour écrire un message**). Afin que le signal soit le plus rapidement détecté par le support en surface, il est déconseillé d'utiliser la technique visant à « agiter » un parachute unique. La sécurité de surface devrait rapidement voir apparaître le signal d'alerte des autres membres de la palanquée (également deux parachutes ou un jaune emergency). Dès que les membres de la palanquée sont localisés et qu'il n'y a pas d'autre urgence, le support en surface prévient tout le monde que l'ensemble de la palanquée est au palier. Cela permet d'éviter la procédure d'interruption de paliers.
- › Lorsque les solutions précédentes ne peuvent être appliquées et qu'une interruption de paliers est inévitable pour donner l'alerte, on **évitera que toute la palanquée entre dans la procédure d'exception pour autant que les circonstances (ex: courant, visibilité, expérience des plongeurs,...) le permettent** et qu'un contact visuel puisse être maintenu entre le chef de palanquée (ou un autre plongeur) qui remonte en surface et les plongeurs restés au palier. Si les

circonstances ne le permettent pas, l'ensemble des plongeurs restent groupés et font surface. En surface, le chef de palanquée avertit la sécurité de surface et explique la situation. Il n'entame habituellement pas lui-même les recherches, le support en surface est prévu et formé pour ce type de situation. Si nécessaire, le chef de palanquée demande un bloc de réserve et rejoint sa palanquée au palier pour entamer la procédure d'exception pour interruption de paliers.

- › Dans tous les cas, si un membre de la palanquée venait à faire une interruption de paliers, la palanquée de sécurité doit être prête à l'accompagner s'il est seul et à mettre à l'eau une bouteille de réserve si le plongeur ne dispose pas d'une quantité d'air suffisante pour appliquer la procédure d'exception.
- › **Si la situation ne permet pas d'appliquer les procédures définies ci-dessus** (ex: le chef de palanquée panique et culpabilise d'avoir perdu un des membres de sa palanquée, un plongeur a peur d'être tout seul à réaliser ses paliers en se croisant les doigts sans savoir où est le reste de sa palanquée), **le plongeur remonte en surface**. Il est alors placé sous oxygène et se rend vers la chambre de recompression la plus proche (l'administration d'oxygène pourrait masquer des symptômes d'ADD). Néanmoins, il peut participer au mieux aux recherches en communiquant les circonstances exactes de la perte du compagnon (ce qui est plus difficile lorsqu'il redescend dans les 5 minutes).
- › Il est évident que – si la perte de compagnon a lieu au début de la plongée et qu'**aucun palier obligatoire n'est nécessaire** – **aucun palier de sécurité ne sera effectué** et la palanquée **remonte directement à la surface**.

L'autre situation est celle du plongeur séparé de sa palanquée qui a un problème qu'il n'est pas capable de résoudre tout seul. Son retour en surface est compromis. La question est de savoir ce que le reste de la palanquée peut réellement faire en plus de donner l'alerte au plus vite. En effet, en plus de rentrer dans une procédure d'exception, d'allonger leur temps fond et donc d'alourdir leur décompression, les plongeurs seraient tentés de repartir en plongée profonde avec une bouteille déjà entamée. Le(s) membre(s) de la palanquée ayant donné l'alerte sont généralement dans un état de stress rendant inefficace leur intervention dans la recherche du plongeur perdu, qui pourrait mettre en difficulté les plongeurs de la palanquée de sécurité. La plongée profonde s'organisant systématiquement en présence d'une palanquée de sécurité en surface prête à s'immerger avec un bloc gonflé, **il est préconisé que ce soit la palanquée de sécurité qui intervienne en premier**.

Il n'y a **pas de situation unique ni de solution toute faite**. Il faut souvent **s'adapter aux circonstances et essayer de limiter les risques**. La décision est laissée à l'appréciation des plongeurs, mais dans tous les cas la procédure qu'ils comptent appliquer doit être connue des autres plongeurs et du support en surface avant de plonger.

5.3.7.3 Et si ... que faire ?

En tant que plongeur perdu ou 'reste de la palanquée':

- Appliquer la procédure définie avec les autres membres de la palanquée et la sécurité de surface, et s'y tenir, sauf si les circonstances de plongée évoluent (ex: panique, malaise, ...).
- Au retour en surface, maximiser les chances d'être vu (ex: deux parachutes, un seul, miroir de signalisation, dive alert, ...) et donner l'alerte au plus vite pour maximiser les chances de retrouver le plongeur perdu.

En tant que support de surface:

- A la détection du signal de détresse, **communiquer avec les plongeurs ayant lancé le signal de détresse** en allant dans l'eau s'ils sont aux paliers ou en les rejoignant en surface – par déplacement du bateau si l'on se trouve en mer ou à la palme si l'on est sur un plan d'eau fermé.

- **Prendre la position précise du lieu de plongée, les paramètres de la plongée** (heure de mise à l'eau, profondeur, paliers, temps écoulé depuis de la détection de la perte de compagnon), **les circonstances de la plongée** (profil du fond, courant et visibilité en plongée ainsi qu'en surface, météo sur zone), **l'équipement du plongeur** (combinaison, capacité des bouteilles, moyens de signalement individuel, lampe).
- **Demander les circonstances de la perte de compagnon.** Par exemple, demander la profondeur à laquelle le plongeur a été vu pour la dernière fois pour éventuellement orienter les recherches ; la pression dans sa bouteille lors de la dernière vérification pour évaluer l'autonomie en gaz dont il dispose ; le lieu exact où se trouvait la palanquée lorsque la perte a été constatée et où le plongeur a été vu pour la dernière fois (s'il s'agit d'un lieu précis - ce qui est rarement le cas -, la chance de le retrouver est plus grande);...
- **Donner l'alerte au plus vite** pour lancer les recherches et maximiser les chances de retrouver le plongeur : **Prévenir le CROSS¹⁸** (canal 16), en France, **ou le MRCC local lorsqu'on est en mer ; les pompiers et la protection civile lorsqu'on est sur un plan d'eau fermé.** Il faut donc connaître la procédure de communication avec le CROSS par VHF (PanPan PanPan PanPan CROSS Med CROSS Med CROSS Med de...).
- La procédure « accident de plongée » doit être associée à celle relative à la recherche d'un « homme à la mer ». En effet, le plongeur est peut-être arrivé en surface sans être détecté par le support en surface et pourrait avoir été emporté par le courant.
- Coordonner et faire effectuer des recherches par tous moyens disponibles sur zone.
- Faire décoller un hélicoptère pour une phase de recherche en surface.
- Appliquer la procédure d'évacuation du plongeur lorsqu'il est retrouvé accidenté.

5.3.8 Autres incidents

D'autres incidents peuvent également se présenter en plongée, mais leurs origines, les moyens de les prévenir tout comme leur prise en charge ne diffère pas selon le type de plongée (notamment en plongée profonde). Nous vous renvoyons aux manuels et supports divers de vos brevets de plongeur, en particulier pour le **vertige**, la **remontée trop rapide** ou encore la **panne de matériel** et autres incidents liés au matériel utilisé.

5.4 La gestion des incidents moins fréquents

5.4.1 Hyperoxie

5.4.1.1 *C'est quoi ?*

L'hyperoxie est un incident de type biochimique, provoqué par une tension toxique d'oxygène dans les tissus de l'organisme. Elle peut se présenter sous deux formes : celle qui affecte le fonctionnement du

¹⁸ Le **CROSS** est un centre régional opérationnel de surveillance et de sauvetage. Il assure entre autre la recherche et le secours maritime, et la diffusion de renseignements de sécurité maritime. Les CROSS font partie du réseau mondial des centres de coordination de sauvetage maritime (MRCC) institués par la convention internationale SAR (search and rescue) de 1978. Ils sont dirigés par du personnel militaire non officier de la marine nationale française. Ils ne disposent pas de moyens propres mais sont habilités à mettre en œuvre, diriger et coordonner les moyens nautiques et aériens des différentes administrations de l'Etat français pour accomplir leur mission. Ils peuvent également requérir les moyens privés qui sont sur zone.

système nerveux central ("effet Paul Bert") et celle qui atteint le système respiratoire (« effet Lorrain-Smith »). Le risque d'hyperoxie 'neurologique' est celui qui concerne le plus le plongeur loisir ; il devient significatif, en mélange fond, dès que la pression partielle d'oxygène alvéolaire se rapproche de la zone de 1,3 à 1,6 bar. Il apparaît que cette limite varie significativement d'un individu à un autre, et d'une plongée à l'autre.

Plusieurs facteurs entrent en compte: la composition du gaz respiré, la sensibilité individuelle à l'oxygène, la profondeur ainsi qu'une série de facteurs favorisants (froid, stress, effort, fatigue,...).

Pour la plongée profonde, le risque majeur est la **crise hyperoxique convulsive**. Plus on plonge profond à l'air (ou au nitrox d'ailleurs), plus le risque d'hyperoxie s'accroît. Elle peut également s'inviter au palier lors de l'utilisation de mélange suroxygéné, tout particulièrement en décompression lourde.

Elle se déroule habituellement en **3 phases**:

- › Pendant la **phase tonique**, constituée de contractions musculaires incontrôlables et généralisées dont la durée varie habituellement entre 30 secondes et 2 minutes, le plongeur perd le contrôle de sa flottabilité, ainsi que sa capacité de signaler un problème. Plus grave encore, suite aux contractions des muscles de la respiration, le plongeur peut ne plus savoir respirer et perdre connaissance. Comme la respiration est interrompue mécaniquement, la remontée est rendue très dangereuse par le risque aigu de surpression pulmonaire.
- › Au cours de la **phase clonique**, le plongeur est pris de convulsions (alternance de contractions – décontractions musculaires) dont la durée varie entre 2 et 3 minutes, provoquant généralement la perte du détendeur et du masque. Or pendant cette phase, la respiration peut reprendre spontanément, ce qui peut entraîner la noyade. Les mouvements brutaux et imprévisibles de la victime sont potentiellement dangereux pour tout plongeur souhaitant lui porter assistance.
- › Lors de la **phase résolutive** qui peut prendre de 5 à 30 minutes, on observe un relâchement musculaire général et une reprise progressive de la conscience. La victime reste toutefois confuse et agitée. Elle ne comprend pas ce qui lui est arrivé, ses actions sont désordonnées et souvent inadaptées à la situation.

La crise hyperoxique convulsive est particulièrement dangereuse, quoique relativement rare, et peut s'aggraver encore par d'autres éléments qui viennent compliquer la situation : narcose, stress, panique, essoufflement, fatigue, panne de matériel.

5.4.1.2 Prévention

- **Connaitre sa PpO₂** : Dans le cas de l'utilisation de mélange suroxygéné, connaître la MOD (Max Operating Depth) et la respecter.
- **Réduire les facteurs favorisants**: être reposé et dans un bon état physique et mental ; porter un matériel d'isolation thermique adapté, éviter les gros efforts et la production de CO₂, etc.
- **Éviter les longues plongées à une pression partielle d'oxygène élevée**, proche de la PpO₂ de 1,6 bar.
- **Éviter les efforts intenses en profondeur** (là où la PpO₂ est maximale et proche de la limite tolérable par l'organisme).
- Être vigilant et **détecter les signes annonciateurs d'une crise hyperoxique** (CENTRAVIVOS: convulsion, euphorie, nausée, tremblement, respiration anormale, anxiété, vision tunnel, irritabilité, vertiges, oreilles qui bourdonnent, somnolence).
- **Contrôler votre CNS**, surtout lorsque vous pratiquez des décompressions suroxygénées (cf. formation Nitrox).

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

5.4.1.3 Et si ... que faire ?

- Dès les premiers signes : **saisir la victime, maintenir le détendeur en bouche – prendre le contrôle de la flottabilité**. Il faut œuvrer à ce que la situation n'empire pas et empêcher la noyade. La position d'intervention doit être à l'abri des mouvements de la victime. Outre le danger de surpression pulmonaire, la plongée profonde peut entraîner des paliers importants qui engendrent également un risque de maladie de décompression lorsqu'une remontée d'urgence jusqu'en surface est effectuée.
- **Attendre que la phase tonique passe** (parfois plus d'une minute) : ensuite, entamer une remontée lente (jusqu'en surface si no déco) pour limiter les risques de surpression pulmonaire. Si la phase convulsive apparaît, assurer tant bien que possible que le détendeur reste en bouche et le masque sur la figure.
- **Remonter en respectant la vitesse de remontée**, en maintenant l'embout en bouche et en maintenant la tête en extension pour aider l'expiration. La phase clonique n'est pas exempte de risque, mais elle permet généralement le début de la remontée. Le sauvetage se poursuit au cours de la phase résolutive avec maintien du détendeur tout au long de la prise en charge.
- Une fois en surface, la victime doit être **prise en charge** par le support de surface (mise au chaud et allongée pour la phase de récupération) **et évacuée**. La victime s'endort généralement assez rapidement sans se souvenir de la crise. Elle doit être prise en charge immédiatement pour une suspicion ADD ou de surpression pulmonaire (même si asymptomatique).
- Le plongeur ayant remonté la victime a le choix de se mettre sous oxygène et d'être évacué à son tour ou de retourner effectuer la procédure d'interruption pour le ou les paliers manqués.

5.4.2 Hypothermie

C'est quoi ?

L'homme étant un homéotherme (un organisme à sang chaud), il doit conserver une température constante quels que soient les échanges de température avec le milieu qui l'entoure. Dès que les mécanismes de l'organisme ne suffisent plus à compenser la perte de chaleur de l'organisme, il n'est plus à même de maintenir sa température interne proche de 37°C. Si la température chute de plus d'un degré, il y a danger d'**hypothermie**.

En plongée profonde, les pertes de chaleurs sont souvent plus importantes parce que les phénomènes classiques de conduction (perte de chaleur 23 fois plus vite dans l'eau que dans l'air) et de convection ont une action plus rapide et plus longue :

- **Perte de chaleur plus rapide en présence d'eau plus froide** : Le plongeur passe du temps en profondeur où l'eau est généralement plus froide (moins de pénétration des rayons du soleil pour la réchauffer, phénomène de renouvellement de l'eau par de l'eau froide [upwelling], présence de courant permanent).
- **Présence d'eau froide sous une thermocline**, qui peut ne pas être adaptée à la protection thermique utilisée par le plongeur (cas typique en été des lacs et carrières profonds).
- **Perte de chaleur progressive lors de longues exposition dans une eau plus froide que la température corporelle** (de 37°C) : Le plongeur passe beaucoup de temps aux paliers où il se trouve dans une phase d'inaction. (Il est parfaitement possible de faire une hypothermie en mer rouge lors de plongées très longues).
- **Perte de chaleur plus grande en présence d'un air froid et dense**: Plus l'air respiré est dense, plus il est conducteur de chaleur. En d'autres termes, toutes autres choses étant égales, plus on plonge profond, plus la déperdition calorifique sera importante.

- **Perte de chaleur plus importante avec la diminution de l'efficacité de la protection thermique** : Avec l'accroissement de la pression ambiante, les bulles d'azote ou d'air contenues dans le néoprène de la combinaison ont tendance à s'écraser en plus. L'épaisseur de la combinaison devient plus fine. L'efficacité de la protection thermique diminue avec la profondeur.

Le froid est un ennemi silencieux : une prévention adéquate est essentielle parce que les mécanismes de défense de l'organisme peuvent rapidement se retourner contre le plongeur, en particulier, lors de la décompression. Confronté à un refroidissement important, l'organisme va d'abord tenter de générer de la chaleur par des micros contractions musculaires (les frissons puis les tremblements). Parallèlement, il va restreindre progressivement la circulation périphérique (par vasoconstriction) jusqu'à ne préserver que les organes nobles (cerveau, cœur et reins).

Cette vasoconstriction va restreindre la perfusion des zones périphériques du corps, diminuant notamment la coordination, sensibilité et dextérité des mains. Les tremblements seront sources de CO₂, mais aussi de stress et d'anxiété. Cette vasoconstriction déclenche la production d'urine et réduit ainsi le volume sanguin circulant. Tous ces éléments sont des facteurs favorisant de l'ADD.

Brièvement, les symptômes de l'hypothermie sont: confusion, perte de mémoire, fatigue, apathie, perte de sensation, perte de coordination motrice, hallucination, etc. En plongée, les compagnons de plongée peuvent typiquement observer un désintérêt de la victime pour le reste de la palanquée ou ce qui se passe autour d'elle, une volonté pressante de mettre fin à la plongée, des tremblements, un accroissement de la consommation, une incapacité à manipuler son matériel et le gérer adéquatement. Plus l'hypothermie s'installe, plus le plongeur risque de prendre de mauvaises décisions.



Avoir froid pendant la plongée peut donc accroître le besoin physiologique de décompression. Avoir chaud pendant la plongée puis froid pendant la décompression empêche l'élimination normale de gaz inerte ; ce qui tend à sous estimer le dégazage réel des tissus.

Prévention :

- **Prendre des sucres lents avant la plongée** (bien s'alimenter).
- **Ne pas prendre froid avant la plongée**. Si les conditions climatiques sont fraîches, bien se couvrir pour ne pas partir en plongée avec un déficit de chaleur.
- **Ne pas boire d'alcool avant la plongée**, l'alcool accroît la perte de chaleur par vasodilatation.
- **Porter une protection thermique** en rapport avec les conditions de plongée. N'oubliez pas de vous protéger, même dans les mers chaudes !
- **Protéger la tête**: Les vaisseaux sanguins situés dans la tête (en particulier la base du crâne et le cou) se contractent très peu au contact du froid. Le mécanisme de protection de l'organisme (vasoconstriction) n'est pas très efficace dans cette zone du corps. Il est donc nécessaire de porter une protection thermique appropriée au niveau de la tête.
- **Limiter le temps d'exposition** de manière à ce que chaque plongeur n'entre pas dans une situation d'inconfort thermique.
- **Eviter les mouvements inutiles** lorsque l'on porte une combinaison humide car cela accroît la circulation d'eau dans la combinaison et donc le refroidissement du plongeur. On préférera également conserver les bras près du corps pour limiter la circulation d'eau sous les aisselles.
- **Mettre fin à la plongée** dès que le plongeur ressent les premiers symptômes.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

- **Se couvrir dès la sortie de l'eau**, en particulier lorsqu'il y a du vent.

Et si ... que faire ?

- Dès le constat des premiers signes, **interrompre la plongée !**
- Surveiller la victime, les symptômes pourraient s'aggraver.
- Il faut en priorité **arrêter la perte de chaleur : mettre la victime au sec et dans des vêtements chauds** pour arrêter la déperdition de chaleur. Dans tous les cas, protéger la victime du vent et du froid.
- Faire boire une **boisson chaude et sucrée** (pas d'alcool). Le réchauffement par l'intérieur est plus efficace pour l'organisme qu'un réchauffement massif de l'extérieur. On privilégiera également un réchauffement naturel progressif plutôt qu'une douche ou un bain très chaud.
- Lorsque les symptômes sont sévères, **évacuer vers un centre médicalisé**.

5.4.3 Incidents dus à la prise de médicaments, drogues et alcool

C'est quoi ?

Dans le cadre de la plongée, les médicaments, les drogues et l'alcool sont perçus de la même manière, c.-à-d. à travers leurs impacts directs sur l'organisme et leurs effets secondaires. Evidemment, les maladies soignées par ces médicaments (et drogues) peuvent aussi constituer une contre-indication à la plongée, mais cet aspect est déjà traité dans les manuels des brevets de plongeur.

Pour chaque médicament et drogue, il faut déterminer si les effets désirés et les effets secondaires ne sont pas incompatibles avec la pratique de la plongée, et en particulier la plongée profonde. Des médicaments qui sont considérés comme sûrs dans des conditions normales d'utilisation peuvent avoir des effets imprévisibles en plongée. Le problème c'est que très peu d'études permettant de déterminer la compatibilité des médicaments avec la pratique de la plongée.

Les grands thèmes qui intéressent le plongeur :

- › **L'alcool** : En dehors de ses effets directs bien connus, l'alcool est un diurétique qui peut prédisposer à la déshydratation, accroître la concentration sanguine et donc favoriser l'accident de décompression. La vasodilatation périphérique est aussi souvent observée ; elle entraîne une perte de chaleur plus importante et peut être cause d'une hypothermie. Ces deux phénomènes combinés peuvent aussi modifier le fonctionnement de certains organes, dont le cerveau, en affaiblissant la circulation et l'apport d'oxygène.
D'autre part, l'ébriété partielle peut multiplier les effets de la narcose : les fonctions cérébrales sont perturbées entraînant une baisse de performance des fonctions comme la compréhension, le jugement, le raisonnement, mais aussi des modifications extrêmes de l'humeur et du comportement. Les tâches faciles en surface deviennent difficiles voir impossible en profondeur. L'alcool est un élément observé dans beaucoup de cas de noyades.
- › **Les anti-nauséux contre le mal de mer** (type Touristil) : Sauf exception, ils ne provoquent pas tous un effet de somnolence et n'ont pas effet dangereux prouvés sur la décompression. L'impact favorisant l'ADD de ce type de médicament est contrebalancé par l'absence d'angoisse liée au mal de mer et la réduction des efforts de vomissements (et de la fatigue et de la déshydratation qui pourraient en résulter) qui sont, eux aussi, des éléments favorisants.

Prévention

- **Ne pas plonger sous influence (alcool et drogue).**
- Avant toute prise de médicaments **poser 3 questions à son médecin** :
 - › Est-ce que la prise de ce médicament constitue un facteur favorisant ou aggravant des incidents rencontrés en plongée (ex : a-t-il pour effet d'épaissir le sang ?)?

- › Est-ce que la prise de ce médicament avant la plongée peut accroître les effets indésirables/secondaires au cours de la plongée ?
- › Est-ce qu'il a un effet sur les capacités physiques, motrices ou mentales ?

Dans l'affirmative à l'une de ces questions, ce médicament peut constituer une contre-indication à la pratique de la plongée et **l'avis médical est obligatoire**.

- **Eviter les médicaments** avant la plongée.

Et si ... que faire ?

- Dès le constat, **interrompre la plongée !**
- Surveiller la victime, les symptômes pourraient s'aggraver.
- **Remonter et respecter les procédures de décompression.**
- Faire boire une **boisson sucrée**.
- Maintenir la victime sous observation.

5.4.4 Autres incidents moins fréquents

D'autres incidents « moins fréquents » peuvent également se présenter, mais leurs origines, les moyens de les prévenir tout comme leur prise en charge ne diffère pas selon la profondeur. Nous vous renvoyons aux manuels et supports divers de vos brevets de plongeur, en particulier pour l'**intoxication au monoxyde de carbone**.

5.5 La gestion de la décompression

5.5.1 Compétences relatives à la gestion de la décompression

Le plongeur doit:

- avoir des connaissances élargies de la théorie de la décompression et des **règles de bonnes pratiques** en la matière. Il connaît les grands modèles de décompression et leurs implications parfois opposées voir incompatibles sur la gestion de la remontée. Il connaît aussi les **mécanismes qui influencent défavorablement la décompression** et sait comment minimiser son risque en adaptant, entre autre, son profil de plongée.
- déterminer sa stratégie de décompression en connaissance de cause : Il est informé des différents moyens de décompression possibles et des techniques de décompression avec mélanges enrichis. Il sait choisir le moyen de décompression et, le cas échéant, le mélange de décompression qui lui conviennent.
- être capable de planifier et effectuer la plongée lorsque coexistent **plusieurs moyens de décompression différents** au sein de sa palanquée : Il définit les paramètres de plongée (temps fond et profondeur maximale, temps et profondeur des paliers, vitesse de remontée), à l'avance, en tenant compte du protocole de décompression le plus contraignant de la palanquée et du moyen de backup de décompression. Le plongeur profond met tout en œuvre pour respecter sa planification de la décompression.
- Lorsque les choses ne se déroulent pas comme prévu, il est capable de basculer vers un profil de décompression et/ou un moyen de décompression de secours. Il définit des paramètres de plongée de backup (interruption inopinée, remontée précoce, prolongement imprévu de la plongée,

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

profondeur maximale dépassée etc.), en tenant compte du protocole de décompression le plus contraignant de la palanquée et/ou du moyen de backup de décompression.

- maîtriser les techniques de plongée lui permettant d'effectuer une décompression dans de bonnes conditions de sécurité et de confort. Il maîtrise sa flottabilité et contrôle parfaitement sa vitesse de remontée, il sert de point de repère pour ses compagnons de plongée. Il sait réaliser un palier dans toutes les circonstances (en pleine eau, au pendeur, avec un parachute, sur une roche ou tombant).

Afin d'atteindre ces objectifs, une lecture attentive du texte traitant de la "Réforme et évolution de la décompression" au sein de la Ligue est nécessaire (Commission de l'enseignement, Groupe REVOD, Octobre 2008, V 5).

5.5.2 Théories de la décompression

Personne aujourd'hui ne maîtrise réellement le nombre astronomique de paramètres physiques et physiologiques qui régissent le corps humain. Face à une telle complexité, une représentation (très) simplifiée de la réalité est nécessaire. Non seulement, c'est la grande faiblesse de la modélisation de la décompression qui adopte une série d'hypothèses simplificatrices, mais c'est également la raison pour laquelle plusieurs modèles coexistent. Trois grandes familles de modèles se distinguent : les modèles de type 'haldanien', les modèles 'bullaires' et les modèles hybrides.

Pour bien comprendre ce qui différencie les modèles de décompression ainsi que leurs implications – parfois opposées – sur la gestion de la remontée, revenons d'abord à quelques notions fondamentales en matière de décompression.

5.5.2.1 *Notions de base*

Sous l'effet de l'énergie ou 'agitation' thermodynamique (qui est proportionnelle à la pression et à la température du gaz), les molécules d'un gaz se trouvant en contact avec un liquide entrent en collision avec la surface de celui-ci. Un certain nombre d'entre elles pénètrent dans le liquide. Ces molécules de gaz sont incorporées dans le liquide et ne s'y trouvent donc plus sous forme gazeuse. On dit qu'elles se dissolvent dans le liquide, elles augmentent dès lors la tension du gaz dans ce liquide (soit la concentration des molécules de gaz 'dissout').

Au même moment, certaines de ces molécules dissoutes, proches de la surface du liquide, vont s'échapper et repasser en phase gazeuse. Elles augmentent dès lors la pression partielle du gaz (soit la concentration des molécules sous forme de gaz 'libre'). Si la concentration de gaz dissout est suffisamment grande par rapport à la capacité de dissolution du liquide, ou si un élément extérieur venait à perturber ces molécules de gaz dissoutes, elles peuvent spontanément se 'regrouper' et reprendre leur forme gazeuse au sein même du liquide, formant une ou plusieurs bulles.

5.5.2.2 *La capacité de stockage*

La solubilité d'un gaz, appelé soluté, est la quantité maximale de gaz que l'on peut dissoudre, à une température donnée, dans une quantité définie de solvant. La solution ainsi obtenue est dite alors 'saturée'. En décompression, les solvants les plus courants sont le sang et les tissus ; les solutés peuvent être de l'oxygène, de l'azote, du gaz carbonique, de l'hélium etc. **La solubilité caractérise en quelque sorte la capacité de stockage d'un tissu.** Elle est fonction de la température, même une variation de 1 à 2 degrés centigrade peut modifier significativement la solubilité d'un gaz.

Loi de Henry : A l'équilibre (il y a autant de molécules qui entrent et qui sortent du soluté) et à température donnée (elle ne varie pas), la concentration de gaz dissout dans un liquide est proportionnelle (autrement dit le coefficient de solubilité) à la pression partielle qu'exerce un gaz au-dessus de ce liquide.

Ainsi, la capacité de stockage d'un tissu est fonction de la pression ambiante.

Moins un gaz est soluble, au plus la pression du gaz s'exerçant sur la surface du liquide doit être grande pour qu'il puisse s'y dissoudre. A quantité dissoute de gaz donné, plus le gaz est soluble, moins importante sera sa tension. Inversement, à tension de gaz donné, plus le gaz est soluble, plus importante sera la quantité dissoute. Cet état de fait permet de comprendre le principe de la fenêtre oxygène [voir chapitre 5.5.5.1].

5.5.2.3 Diffusion et diffusivité dans un liquide

La diffusion est le phénomène de transport relatif (bilan global entre les molécules qui entrent et sortent), dans un milieu non uniforme (par exemple entre le gaz alvéolaire et le sang), qui tend à réduire les gradients (ou concentrations) de gaz dissout.

Le coefficient de diffusion, ou 'diffusivité', diminue lorsque la taille de la molécule augmente (la taille de la molécule se mesure par sa masse molaire). Ce coefficient est fonction des caractéristiques du milieu. Il varie proportionnellement à la température et de façon inversement proportionnelle aux coefficients de friction et de viscosité du milieu. A température constante, **la 'diffusibilité'** est directement proportionnelle à la solubilité du gaz et inversement proportionnelle à la racine carrée de sa masse molaire.

Application : La masse molaire de l'azote est de 28 g/mol et celle de l'hélium de 4 g/mol ; l'hélium diffusera donc théoriquement plus vite (2,65 fois) que l'azote. Quoique, dans des milieux différents, par exemple dans le sang, l'hélium diffuse env. 1,5 fois plus vite que l'azote ; dans la graisse, l'azote diffuse env. 1,7 fois plus vite que l'hélium.

5.5.2.4 La cinétique de décompression

La cinétique de décompression est l'étude des mouvements de molécules de gaz d'un milieu vers un autre (par exemple entre l'alvéole et le sang des capillaires pulmonaires qui l'entourent), dans leurs causes (par exemple l'existence d'un gradient de pression/tension), et leur vitesse (par exemple exponentielle).

Elle est généralement **modélisée par une fonction mathématique dont les variables sont la tension dissoute, l'évolution de la pression ambiante et du temps** et les paramètres sont le plus souvent liés à la diffusivité et la solubilité du gaz dans son milieu. Cette fonction mathématique prend tantôt la forme d'une exponentielle, parfois linéaire, sigmoïdale, voir beaucoup plus complexe encore. On peut classer les modèles, selon leur cinétique de décompression, en 4 groupes :

Symétriques – exponentiels

C'est le cas des modèles classiques issus des équations de Haldane. Ils sont appelés symétriques car la **cinétique de saturation est symétrique à celle de désaturation**, et 'exponentiels' car **la forme des courbe de (dé)saturation est de type exponentiel**.

Utilisation : USN56 – Lifras 94 ; MN90 ; Buhlmann ; DSAT.

Asymétriques – exponentiels

C'est le cas des modèles classiques issus des équations de Hempleman. Ils sont appelés asymétriques car la **cinétique de saturation n'est pas symétrique à celle de désaturation**, et 'exponentiels' car **la forme des courbe de (de)saturation sont de type exponentiels**.

Utilisation : tables BSAC, DCIEM.

Asymétriques – exponentiel/linéaire

C'est le cas du modèle de Thalmann dérivé de l'USN56 (et donc des équations de Haldane). Ils sont appelés asymétriques car la **cinétique de saturation n'est pas symétrique à celle de désaturation**, et 'exponentiel/linéaire' car **la forme des courbe de saturation est de type exponentiel et la forme de la courbe de désaturation est de type linéaire**.

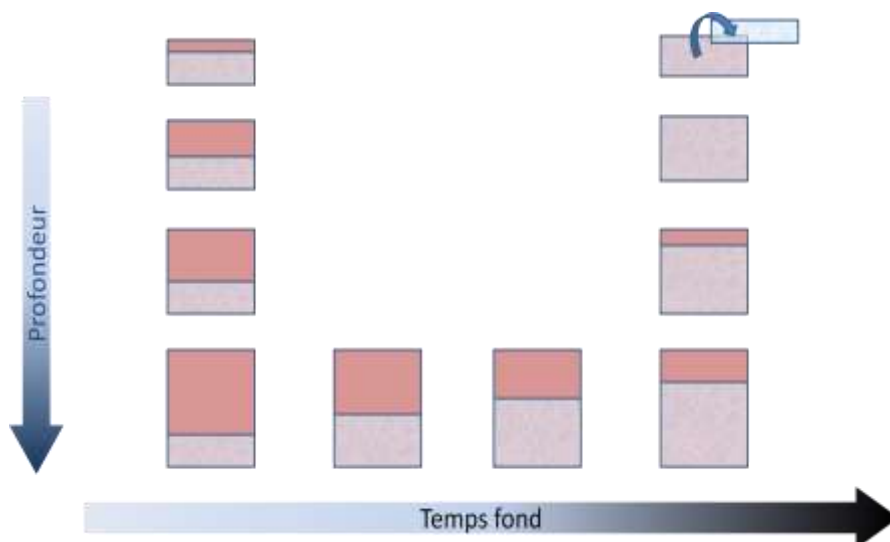
Utilisation : USN2008.

Selon la **cinétique** choisie dans le modèle, sur lequel le moyen de décompression est basé, la modélisation de l'évolution de la tension au sein d'un tissu sera différente ; ce qui implique que **les paramètres de décompression seront différents**.

5.5.2.5 Le critère de remontée

Chaque tissu possède une **capacité de stockage** de gaz dissout propre, **qui varie en fonction de la pression ambiante**, et dans une moindre mesure d'un ensemble de facteurs physico-chimiques tels que la température, le PH, la présence de 'catalyseurs'. La **quantité de gaz qui va se dissoudre dépend du gradient (différence entre la tension de gaz dissout, et la pression partielle du gaz inspiré)** et de la **solubilité du gaz**

A la descente, cette capacité de stockage augmente, permettant la dissolution d'une quantité de plus en plus importante de gaz. Sur le fond, la capacité de stockage est stable, mais la tension de gaz dissoute augmente avec le temps. A la remontée, cette capacité de stockage diminue entraînant la nécessité d'évacuer la quantité de gaz 'excédentaire'. **L'évacuation de la quantité de gaz 'excédentaire' n'est pas instantanée et doit être contrôlée**.

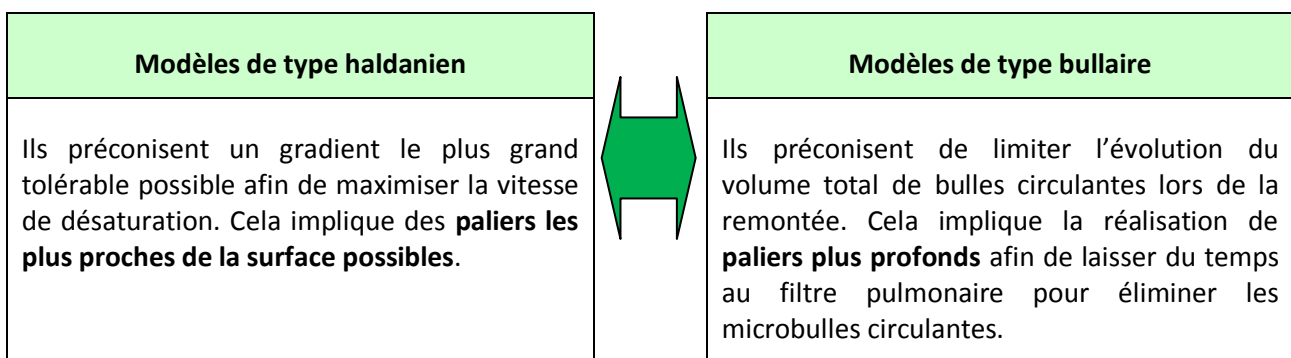


Les critères de remontée définissent les facteurs qui limitent la remontée. Ils sont découverts par expérimentation et ensuite modélisés. Il existe 3 grandes familles de critères de remontée : les déterministes, les probabilistes et les hybrides.

- Les **critères déterministes** sont issus de la modélisation de facteurs physiques observés et mesurés, avant d'être modélisés. Les deux critères déterministes principaux sont :
 - › les ratio(s) critique(s) et dérivés (comme les M de Workman) ; ils représentent une sursaturation maximale en fonction de la pression ambiante.
 - › le volume de bulles critique et leur perméabilité (dans les modèles VPM) ; ils symbolisent une quantité critique de gaz circulant.
- Les **critères probabilistes** sont, eux, issus de l'étude du risque d'accident de décompression ; Les modèles probabilistes **pénalisent très fort les plongées de type longue et/ou profonde** car ces expositions occasionnent statistiquement plus d'ADD que les autres. C'est pourquoi, à tort peut-être, on ne les rencontre pas ou très rarement en plongée loisir profonde.
- Les **critères hybrides** trouvent leur source à la fois dans des critères déterministes et dans des critères probabilistes ; la plupart des modèles modernes sont de ce type (notamment, les tables USN2008, Comex, MT92).

5.5.2.6 Conséquences pour la gestion de la décompression

Si la cinétique utilisée est souvent distincte d'un moyen de décompression à l'autre, **c'est au niveau du critère de remontée qu'il y a une différence fondamentale de philosophie** notamment entre les moyens de décompression utilisant un modèle de type bullaire et ceux ayant recours à un modèle de type haldanien.



Il s'agit là de **deux critères de remontée opposés.**

De plus, on intègre aujourd'hui des paliers (plus) profonds dans les modèles de type haldanien. Qualifiés de 'symétriques', les modèles haldaniens supposent que la désaturation se fait normalement – comme la saturation – sans génération de microbulles. Or, il est prouvé expérimentalement (initialement par Spencer) que même les désaturations asymptomatiques produisent un certain volume et un certain nombre de microbulles circulantes. C'est pourquoi, à l'aide de la méthode des gradients factors (les GF), on durcit artificiellement les M-values utilisées comme ratios critiques, d'une part, en réduisant celles qui déterminent la tension acceptable pour une certaine profondeur (via un GF low) et, d'autre part, en abaissant celles qui reflètent la tension tolérable pour faire surface (via un GF high).

Les moyens de décompression de type bullaire commencent aussi à permettre de durcir la décompression ; notamment pour tenir compte de la saturation de tissus longs qui s'opère lors de paliers profonds (alors que, par le passé, cette saturation « à la remontée » n'était pas prise en compte).

LES TECHNIQUES DE PLONGÉE PROFONDE

La situation est donc fort complexe pour le plongeur face à différents moyens de décompression dans sa palanquée. Il lui est souvent difficile de déterminer l'impact du moyen de décompression d'un autre membre de la palanquée sur son plan de plongée. La décompression doit donc être gérée précautionneusement.

5.5.3 La décompression lourde¹⁹

A l'instar de la plongée 'spéléo', sous glace ou encore avec pénétration d'épave, la plongée à décompression obligatoire ne permet pas une remontée directe jusqu'en surface, et requiert, au même titre que les autres types de plongée, une technique spécifique et une expérience pratique qui se construit avec des plongées dont la difficulté est progressive.

C'est pourquoi la Lifras a divisé l'apprentissage de la décompression en trois étapes : la no-déco, la décompression légère et la décompression lourde. Contrairement aux deux premières, la décompression lourde ne fait pas partie du tronc commun du cursus de plongée, et est exclusivement réservée à des plongeurs expérimentés (minimum 3*), qui ont satisfait aux exigences du brevet de spécialisation à la plongée profonde à l'air.

5.5.3.1 *Définition*

La plongée avec décompression lourde est une plongée nécessitant une **décompression obligatoire** et répondant à au moins un des critères suivants :

- le **Temps Total pour faire Surface** (soit le TTS) est **supérieur au temps fond**,
- le **TTS excède 20 minutes**.

Les techniques de décompression lourde évoquées dans ce chapitre ne doivent, bien entendu, pas se limiter aux définitions reprises ci-dessus. Il est d'ailleurs conseillé de les envisager pour toute plongée profonde à l'air nécessitant un ou plusieurs paliers obligatoires.

Il est **recommandé** de se limiter à **une plongée à décompression lourde par jour** (intervalle de 24h). La successive est interdite si la première plongée dépasse 60m (ou 57m à la table USN). De plus, en décompression lourde, il est interdit d'effectuer une seconde successive (plongée répétitive).

5.5.3.2 *Moyens de décompression primaire et back-up*

5.5.3.2.a Moyens de décompression primaire

La décompression lourde nécessite bien entendu un **moyen de décompression** pouvant **répondre au profil de la plongée envisagée** ainsi qu'aux gaz utilisés, et doit permettre une planification précise des paramètres de la décompression envisagée (temps de remontée, profondeur et durée de chacun des paliers). Il peut s'agir :

- de **tables** de plongée (avec mesure du temps et de la profondeur),
- **d'ordinateur**,
- ou de plaquette reprenant les calculs effectués par un logiciel de décompression²⁰ (**run time**) associée à un profondimètre et un chronomètre (ou tout autre appareil donnant ces informations).

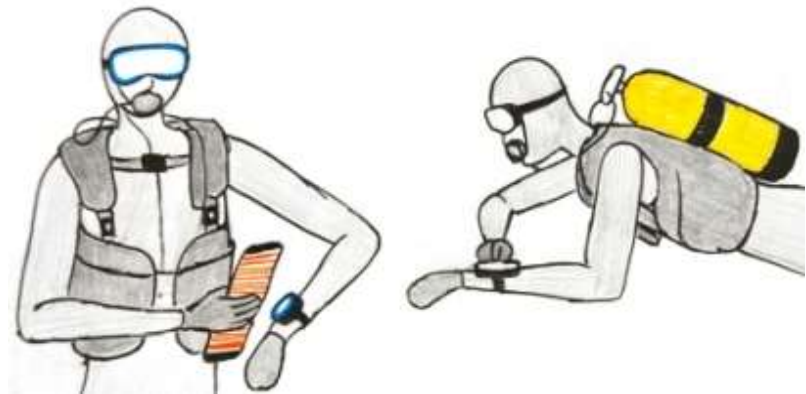
¹⁹ Reproduction partielle du texte "Réforme et évolution de la décompression" du groupe REVOD de la Commission de l'Enseignement - Lifras, Octobre 2008, V 5.

Notez que tous les moyens de décompression ne sont pas destinés ou même suffisants pour la pratique de la décompression lourde. La lecture attentive des limites d'utilisation référencées dans le manuel (ou autres documentations) permet de **déterminer s'ils sont adaptés ou non à la plongée avec paliers de décompression obligatoires**, dans le doute, un autre moyen de décompression doit être envisagé.

Ceci suppose donc **une bonne connaissance et pratique de l'utilisation, des conditions d'emploi et des limites d'utilisation du moyen de décompression choisi.**

Notamment, de la vitesse de remontée, de la profondeur des paliers et du dernier palier, en particulier (3 ou 6m), de l'inclusion

d'un palier de sécurité dans les paramètres de décompression (durée?), des possibilités de conservatisme, de l'impact de la prise en compte de la consommation ou du rythme cardiaque, des procédures d'exception (en particulier, en cas de remontée trop rapide, trop lente, de brûlage de paliers). L'ensemble de ces éléments doit être connu, maîtrisé avant la plongée et débattu lors de la planification afin que chaque membre de la palanquée puisse en tenir compte.



5.5.3.2.b Moyens de décompression de secours

La remontée directe en surface n'étant pas possible, la redondance du matériel est de première importance. Il en va de même pour le moyen de décompression. Un **moyen de décompression de secours** (ou 'backup') doit être choisi par chaque plongeur.

Selon une étude du DAN (Annual Diving Report 2006 edition), l'ordinateur est la deuxième cause la plus fréquente d'un problème de matériel après le masque et le plongeur est 20 fois plus susceptible d'avoir un problème d'ordinateur que de détendeur.

Si une plaquette de plastique telle que la table LIFRAS ne peut tomber en panne (on peut bien sûr la perdre), il n'en va pas de même pour un instrument électronique qui peut cesser de fonctionner ou afficher des données erronées (tomber en panne). Le but recherché par la notion de moyen de décompression de secours est de **couvrir**, dans tout les cas de figures, **les conséquences d'une défaillance du moyen de décompression primaire.**

Le moyen de décompression de secours est un **moyen de décompression alternatif** qui est **personnel**. Le plongeur ne peut se reporter sur la décompression affichée par l'ordinateur de plongée d'un de ses compagnons. Il doit **pouvoir être utilisable dans tous les cas de figure** (y compris en successive et utilisable à tout moment de la plongée).

²⁰ On entend par 'logiciel de décompression' tout logiciel (programme informatique) permettant de calculer sur un ordinateur personnel, PDA ou Smartphone, un protocole de décompression (vitesse de remontée, niveau des paliers et durée de ceux-ci, etc.) établi à partir d'une simulation à sec.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Il peut s'agir :

- de **tables** de plongée (accompagnées d'un instrument de mesure du temps et de la profondeur),
- un tableau temps/profondeur/paliers (**run-time**) issu d'un programme de calcul et reporté sur une plaquette associé à un profondimètre et un chronomètre, ou autre appareil donnant ces informations,
- une **plaquette** sur laquelle on a recopié la planification d'un ordinateur utilisé comme moyen de décompression primaire associé à un profondimètre et un chronomètre, ou autre appareil donnant ces informations,
- d'un **ordinateur** de plongée pouvant gérer la décompression de la plongée envisagée (c.à.d. représentant correctement l'état de saturation du plongeur).

Le choix du moyen de décompression de secours (ce choix sera entériné lors de la planification de la plongée) dépendra notamment de la complexité du profil (classique de type carré ; complexe de type multi niveau, triangle, ...) et du type de plongée (unitaire ou successive).

Si l'emploi d'un second ordinateur semble le plus simple, c'est aussi probablement le plus coûteux. Dans tout les cas, il faut **s'assurer avant de s'immerger qu'il permette d'apporter une solution de secours dans tous les cas de figures**. Il ne faut jamais se mettre délibérément dans une situation de gestion de crise sous l'eau.

5.5.3.3 *Basculement vers le moyen de déco de secours - D'un ordinateur vers la table USN*

Estimation de la charge de gaz inerte provenant d'une plongée antérieure à l'ordinateur lorsque le moyen de décompression de secours est la table USN

Si le **moyen de décompression de secours** choisi **pour un ordinateur est une table**, un problème particulier se pose lors d'une successive ou d'une répétitive. Etant donné qu'il est **exclu d'improviser sous l'eau, il faut savoir effectuer (et donc planifier) le passage de l'ordinateur à la table**.

Plus précisément, se pose la question de savoir comment estimer la sursaturation résiduelle de gaz inerte provenant des plongées antérieures – effectuées à l'ordinateur – pour le calcul de la pénalité lorsque l'on souhaite utiliser la table USN comme moyen de décompression de secours.

Une **approximation** acceptable peut être **dérivée des paramètres de la plongée précédente**. Pour ce faire, il faut:

- prendre la profondeur maximale de la plongée précédente,
- prendre la durée totale de la plongée précédente moins la durée des paliers effectivement exécutés,
- déduire l'indice dans la table et calculer la pénalité comme si la plongée avait été réalisée à la table avec ces paramètres.

Cette approximation n'est valable que dans le cadre de la planification d'un moyen de décompression de secours 'table'. Si elle devait être mise en œuvre, elle serait considérée comme procédure d'urgence. A la sortie d'une telle plongée, il faut **attendre minimum 24h avant de replonger** avec un autre moyen de décompression.

5.5.3.4 *Changement du moyen de décompression primaire*

Hormis la procédure du passage au moyen de décompression de secours lors d'une plongée (procédure exceptionnelle), un **intervalle de 24 heures sera obligatoire pour changer de moyen de décompression**

(ceci est également applicable au passage d'un ordinateur vers un autre du même modèle), sauf avis contraire du manuel d'utilisation du moyen de décompression.

5.5.3.4.a La problématique des tables U.S. Navy (Edition 93) – LIFRAS 94

Dans l'absolu, la table LIFRAS n'est pas concernée par l'état de saturation d'un compartiment passé un délai de 24 heures en atmosphère normobare. En effet, le compartiment le plus long de la table est celui de 240 minutes qui est considéré comme complètement désaturé après 6 périodes, soit 24 heures.

Il est intéressant de noter que la table ne tient compte que du compartiment 120 minutes pour le calcul des pénalités des plongées successives. Cela veut dire que lorsque la table LIFRAS 94 est utilisée comme moyen de décompression, et lorsqu'on en respecte tous ses protocoles, il suffit d'un intervalle de 12 heures en atmosphère normobare pour remettre les 'compteurs à zéro' (pour autant qu'il soit possible de calculer un indice et que la plongée ne soit pas une 'exposition exceptionnelle' telle que définie par l'U.S.Navy).

Malgré cela, l'ordinateur permet des profils de plongée qui s'écartent forts de l'utilisation stricte de la table LIFRAS 94. En d'autres termes, dans un souci de conservatisme, l'intervalle de 12 heures ne permet plus de remettre le 'compteur à zéro', il faudra attendre un délai supplémentaire. Devant l'impossibilité d'estimer ce délai supplémentaire, on recourt à l'intervalle maximum, soit celui de 24 heures avant de passer d'un moyen de décompression type 'ordinateur' vers l'utilisation de la table LIFRAS 94.

5.5.3.4.b La problématique de l'ordinateur

Chaque ordinateur possède son propre jeu de compartiments dont les périodes varient usuellement entre 120 et 650 minutes. Cela veut dire que pour chaque ordinateur, le délai de 'complète désaturation' peut varier de 12 à 65 heures (soit près de trois jours). Il faut donc se référer au manuel de l'ordinateur afin de déterminer le délai minimum à respecter avant de passer d'un moyen de décompression à un autre.

A titre indicatif, pour les appareils les plus récents voici le tableau récapitulatif (en octobre 2008):

› Uwaterc : Galiléo, Smart, Alladin	24 heures
› Suunto : Vytec, Viper, D6, D9	48 heures (suggère même jusqu'à 100 h)
› Oceanic / Aeris : séries Atom et Data	24 heures
› Marès : Nemo, Nemo wide, Nemo sport	24 heures
› Cressi : Archimède et Quantum	24 heures
› Delta P Technologies: VR2 & VR3	24 heures

5.5.3.5 *Moyens de décompression différents au sein d'une même palanquée*

On trouve aujourd'hui couramment des plongeurs utilisant des moyens de décompression différents au sein d'une même palanquée. Cela engendre quelques complications pour la gestion de la décompression de la palanquée dans son ensemble. En effet, **les différents ordinateurs de plongée, tables et autres logiciels de décompression utilisés** par les membres d'une même palanquée **donnent rarement exactement la même décompression**.

Ce genre de situation doit **susciter une réflexion** de la part des membres de la palanquée **avant la mise à l'eau** (lors de l'étape de planification), afin d'éviter de devoir gérer une situation de crise dans l'eau.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Les contraintes à respecter sont les suivantes :

- › la **palanquée doit rester groupée**²¹ **pendant toute la plongée**, y compris pendant les phases de remontée et de paliers éventuels,
- › **à aucun moment** l'un des plongeurs de la palanquée **ne doit outrepasser les indications de vitesse de remontée ou de paliers** que lui indique son moyen de décompression,
- › tout les membres de la palanquée doivent **respecter le protocole de décompression le plus contraignant**. Il est en effet irresponsable de demander à un plongeur de remonter plus vite voir de sauter ou même d'écourter un palier que lui donnerait son système personnel de décompression.

Ces contraintes impliquent que des plongeurs de la palanquée vont peut-être effectuer plus de paliers que ne leur en donnerait leur propre système de décompression. Si les plongeurs sont équipés d'ordinateurs de plongée, la gestion de ce temps additionnel sera automatique car leurs profils de décompression sont ajustés constamment par l'ordinateur.

Si des plongeurs utilisent des tables (USN, MN90, ...) et que la vitesse de remontée a été celle imposée par les ordinateurs ou que des paliers plus profonds (ex. mi-profondeur) ont été effectués, il faudra en tenir compte (selon les protocoles prévus par la table en question). Il faut être conscient que cette situation pourrait entraîner un allongement quelques fois important de la décompression. Il est d'autant plus important d'aborder ces aspects lors de la planification de la plongée.

5.5.3.5.a Problématique du prolongement d'un palier à la table LIFRAS 94

Dans le cadre de l'utilisation de la table LIFRAS 94, il n'y a pas de conséquences particulières pour la décompression lorsqu'un (ou plusieurs) palier(s) compris entre 3 et 9m est (sont) prolongé(s)²², par exemple lorsqu'un autre moyen de décompression dans la palanquée est plus contraignant. Seul le calcul de la sursaturation résiduelle et donc de **l'indice table pourrait théoriquement être affecté par cette prolongation**.

En plongée à décompression légère, l'utilisation de l'indice immédiatement supérieur (c.à.d. la lettre qui suit alphabétiquement) permet de couvrir la sursaturation additionnelle générée par la prolongation d'un ou plusieurs paliers. Attention, cette règle n'est autorisée que pour obtenir un indice valable suite au prolongement du palier pour faire face à un moyen de décompression plus pénalisant. Ce n'est pas une procédure de plongée multi-niveau table.

En **plongée à décompression lourde**, ce genre de **question se règle lors de la planification** par le choix d'un plan de plongée qui permet de combiner l'ensemble des moyens de décompression ou par la décision de ne pas effectuer de successive. Il n'y a **pas d'approximation d'indice possible**.

5.5.3.5.b Problématique du palier mi-profondeur ou profond à la table

Par **palier profond**, il faut entendre un **palier qui se déroule bien plus bas que la profondeur habituelle des paliers de 3, 6, voire 9 m** que nous connaissons, voir même à mi-profondeur et plus profond encore. Le

²¹ Les membres de la palanquée doivent, à tout instant, être capables de porter assistance à un plongeur en difficulté. Le plongeur sera particulièrement attentif au risque de ne pas pouvoir redescendre (ex. des oreilles qui ne passent pas), ou de ne pas réagir à temps si la distance verticale (et horizontale) entre les compagnons de plongée est trop importante (ex. visibilité dégradée, blow-up, courant,...).

²² Sous-entend que tous les paliers obligatoires de la table aient, par ailleurs, été effectués.

palier profond trouve son origine dans les procédures de plongée technique où les modèles haldaniens n'apportaient plus entière satisfaction et étaient générateurs d'ADD.

Notons que l'**efficacité des paliers profonds en plongée loisir est contestée** non seulement par l'expérimentation scientifique animale, mais aussi par l'analyse statistique faite par la NEDU (US Navy Experimental Diving Unit). Il faut noter ici que DAN est en faveur du palier profond dans la mesure où sa pratique est de nature à augmenter le contrôle effectif de la vitesse de remontée.

En conclusion, s'il faut inclure un palier profond dans un profil haldanien (calculé par une table ou un ordinateur), il faut prendre conscience que **la durée totale de la décompression augmentera** suite à l'application du protocole de remontée lente. La règle LIFRAS sur la remontée trop lente est remplacée par : « **Le délai²³ occasionné par une remontée trop lente**, arrondi à la minute supérieure, (qu'il s'agisse de palier(s) profond(s), d'une vitesse de remontée < 10m/min, etc.), **est ajouté au temps table**. Dans le doute, ou l'incapacité d'estimer le délai, le temps table est le temps d'immersion jusqu'à la profondeur du premier palier obligatoire »²⁴.

Il faut le prévoir car la très grande majorité des ordinateurs de plongée (sinon tous) présents sur le marché européen sont de type purement haldanien. Il faut donc éviter de se retrouver aux paliers avec une durée totale de paliers que l'on aurait pas anticipée (ou pour laquelle on aurait pas prévu assez de gaz). Ce problème est d'autant plus important que les paliers prévus en plongée profonde sont déjà relativement longs.

5.5.3.6 Planification

Lorsque l'on dépasse 40m, la gestion de la décompression occupe une place de première importance dans la planification et est une étape cruciale de la plongée. Les paliers s'allongent et deviennent parfois plus long que le temps fond. La planification de la décompression sera réalisée avec la plus grande rigueur et le principe "**Planifier votre plongée et respecter votre planification**" (développé au chapitre 5.1.2.) est d'application !

Elaboration du plan de la plongée:

1. **Définition du profil de plongée** (temps fond max – profondeur max – temps de remontée – paliers) en fonction du site, des niveaux d'expérience, des conditions de plongée, de la météo, du support en surface, des moyens de secours, etc..., **et élaboration du déroulement probable de la plongée** (de la mise à l'eau jusqu'à la sortie de l'eau).
2. **Détermination de l'impact du choix des moyens de décompression primaires et de secours** de chacun des membres de la palanquée **sur la profondeur et la durée**



²³ Le délai est la différence entre le temps mis réellement pour atteindre la profondeur du premier palier (obligatoire) et le temps de remontée théorique à la vitesse de 10 m/min pour atteindre ce même palier.

²⁴ USN Diving Manual Rev. 5, Avril 2008.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

des paliers (paliers profonds obligatoires ou non, plafonds de décompression, dernier palier à 6m ou à 3m, etc.) **ainsi que des vitesses de remontée prescrites** (différente selon les moyens de décompression, constante ou dégressive).

3. **Calcul du plan de décompression commun à la palanquée** en fonction de l'état de (sur)saturation estimé au moment de la mise à l'eau (indice table, temps de saturation restant, etc....), de la concentration en oxygène des mélanges choisis (si gestion multi-gaz, Air/Nitrox pour la décompression), de la plage d'altitude (le cas échéant), du type d'eau (eau douce ou eau de mer) ainsi que des unités utilisées.
4. **Planification de la décompression en situation anormale** : prévoir la procédure à suivre si la planification n'est pas respectée. Par exemple, arrêter la plongée et entamer la remontée si le temps maximum prévu ou la profondeur maximale est dépassée ; interruption d'urgence de la plongée et décompression accélérée en cas d'incident ; passage sur plan de décompression air en cas de perte du gaz de décompression (pony vide ou perdue, non disponibilité du narguilé, problème de matériel,...).
5. **Détermination des exigences en terme de matériel**: autonomie en gaz, niveau de réserve, aspects de flottabilité et de confort thermique, matériel propre à la décompression (bouteille pony, narguilé, ... ; composition idéale du mélange de décompression), matériel pour le bon déroulement des paliers (parachute, dévidoir) ; matériel propre à la sécurité ; matériel propre à la communication avec le support en surface (parachute jaune, plaquette) ; ...
6. **Définitions des protocoles d'urgence, de communication et des mesures d'organisation de la sécurité**. Notamment, la procédure en cas d'interruption de paliers, de panne d'air, de perte de compagnon, ainsi que définition des situations conduisant à l'arrêt de la plongée etc.

Il s'agit d'un **processus itératif**. **Si une des étapes de l'élaboration du plan de plongée ne peut être finalisée ou respectée** (ex: si l'on ne trouve pas de plan de décompression commun permettant de combiner tous les moyens de décompression, ou si les exigences en terme de matériel ne peuvent être atteintes), **revoir les étapes précédentes** (modifier le plan de plongée).

Attention, la planification ne peut pas tout anticiper et ne résout pas tout. En effet la prise en compte par l'ordinateur d'un effort ou de l'évolution du rythme cardiaque, température et / ou consommation n'apparaîtra pas lors de la planification. Il reste donc important, au cours de la plongée, de **vérifier régulièrement les paramètres indiqués par l'ordinateur**.

5.5.4 La décompression aux mélanges enrichis (Nitrox) ou à l'oxygène pur

Le **Nitrox** est un mélange composé d'oxygène et d'azote (l'air est donc aussi un Nitrox), c'est d'ailleurs de la combinaison du nom de ces deux gaz qu'il tient son appellation: **NIT**Rogen (Azote en anglais) + **OXY**gen = NITROX. Dans le cadre de la plongée profonde à l'air, les mélanges Nitrox utilisés sont hyperoxiques (c'est-à-dire comprenant un % d'O₂ qui est supérieur à 21%), mais ce terme peut également désigner un mélange N₂O₂ quelles qu'en soient les proportions. On préférera dès lors utiliser le terme: **mélange suroxygéné ou enrichi à l'oxygène**.

5.5.4.1 *Intérêts des mélanges enrichis pour la décompression (décompression accélérée)*

1. **Se donner une marge de sécurité**: La réalisation des paliers, tels que prévus par une décompression "à l'air", avec un mélange suroxygéné permet d'atténuer le risque d'ADD. Ce type de décompression est appelée décompression "safe air" et est fortement conseillée lorsque le plongeur présente des facteurs favorisants (ex: obésité, âge, stress, fatigue, ...), effectue des profils atypiques (ex: exercice) ou encore lorsque les conditions extérieures sont difficiles (ex: effort, froid, etc.). Elle est également conseillée comme gaz 'déco' en plongée profonde et lorsque l'on pratique

la décompression lourde au vu du stress important imposé à l'organisme lors de ce type de plongée.

2. **Améliore et 'accélère' la décompression** - 3 grands mécanismes :

- **Maximiser le gradient tout en se maintenant à une pression ambiante sûre** : L'oxygène respiré à une pression partielle élevée permet d'augmenter le gradient entre la pression partielle d'azote du gaz respiré et la tension d'azote dissout dans le sang ainsi qu'entre la tension d'azote dissout dans le sang et celle d'azote dissout dans les tissus. Un gradient plus grand permet d'échanger une plus grande quantité d'azote par unité de temps entre les tissus, le sang et les poumons. Dès lors, la respiration d'un mélange suroxygéné permet de limiter le dégazage sous forme non dissoute et la croissance des bulles qui pourraient engendrer une décompression symptomatique.
 - **Sous saturation inhérente ou 'fenêtre oxygène'** : L'O₂, présent sous forme dissoute en grande quantité, est rapidement métabolisé (tension d'O₂ diminue fortement) et se transforme en CO₂. Seulement, comme le CO₂ est 20 fois plus soluble que l'O₂, l'augmentation de tension de CO₂ qui résulte de la combustion de l'O₂ est minime par rapport à la diminution de la tension d'O₂. Cela laisse donc de la place pour dissoudre plus d'N₂ dans le sang, le transporter vers les poumons et l'éliminer. Ce mécanisme est appelé la **fenêtre oxygène**. On peut accentuer ce phénomène en augmentant le % d'oxygène dans le mélange (on dit alors que l'on ouvre la fenêtre oxygène).
 - **Effet physiologique d'une grande concentration d'oxygène** : L'oxygène améliore le transport des gaz inertes en diminuant la perméabilité de la paroi des vaisseaux. Il a un effet vasoconstricteur qui se produit après une douzaine de minute et permet de réduire les éventuels œdèmes engendrés par la circulation de microbulles dans les vaisseaux. La vasoconstriction des vaisseaux améliore la circulation sanguine et aide au maintien du volume circulant ; ce qui aide à l'élimination des gaz inertes.
3. **Sert de traitement préventif**: Une décompression asymptotique occasionne des microbulles qui, dans leur ensemble, n'ont pas d'impact majeur sur l'organisme. Toutefois, la limite entre une décompression asymptotique et symptomatique n'est pas très nette. L'utilisation d'O₂ au palier a non seulement un effet positif immédiat sur la qualité de la décompression, mais traite préventivement les possibles œdèmes provoqués par le blocage de petits vaisseaux en présence d'un amas de microbulles.
4. **Réduction de la fatigue**: La décompression occasionne un stress pour l'organisme qui se traduit par un métabolisme accéléré et une fatigue plus importante. Utilisé au palier, un mélange sur oxygéné peut réduire la durée de décompression ou réduire le stress occasionné et ainsi, l'effort total fourni par l'organisme.
5. **Réduction du temps de paliers**: Lorsque l'on opte pour une décompression à 6m au lieu de 3m (car il est observé que l'on désature mieux à 6m qu'à 3m), l'utilisation d'un mélange suroxygéné permet de réduire le temps total de paliers.

5.5.4.2 *En pratique*

Notez que l'utilisation du Nitrox ou de l'**oxygène pur** est associée à des dangers et des risques particuliers et en conséquence, seuls les plongeurs qui ont reçu un enseignement spécifique sont autorisés à pratiquer la plongée au Nitrox et en particulier la décompression suroxygénée.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

Deux possibilités pour réaliser sa décompression avec un mélange suroxygéné:

- Le **bloc de décompression embarqué**: Le plongeur emporte avec lui, pendant toute la plongée, un petit bloc contenant un mélange enrichi accroché à son gilet/harnais. La contenance de ce bloc doit lui permettre de réaliser ses paliers et est donc principalement fonction de la durée de la décompression et de la consommation du plongeur. On privilégiera un petit bloc, de 3-4L maximum, afin de ne pas alourdir inutilement le plongeur. Le recours à cette bouteille ne doit pas être pris en compte dans la détermination de la quantité de gaz nécessaire pour la réalisation de la plongée.
- Le **narguilé** : Il s'agit d'un détendeur (deuxième étage) mis à la disposition du plongeur, par le support en surface, pour faire ses paliers. Sa particularité est qu'il est relié par un long flexible moyenne pression à un premier étage situé sur le bateau et connecté sur une grande bouteille d'oxygène pur, généralement une B50. Ce système donne accès à une grande quantité de gaz pour la décompression et évite le transport d'un bloc de décompression en plongée. Toutefois, il impose de remonter à l'endroit où se trouve le narguilé, couramment sous le bateau, ce qui pourrait poser problème en cas de mauvaise orientation ou de conditions de plongée ne permettant pas de revenir au point de départ.



Les **mélanges** les plus intéressants pour la décompression sont **supérieurs à 50%** (d'oxygène) et sont donc accessibles seulement aux plongeurs disposant du brevet "Nitrox confirmés". Les plus courants sont les 70%, 80% et 100%. La fraction d'oxygène optimale du mélange de décompression est souvent le résultat d'un compromis entre, d'une part, le matériel à disposition et les risques de manipulation, et d'autre part, les difficultés qu'impliquent les changements de gaz multiples au palier. Une fraction élevée d'oxygène est facilement réalisable lorsque l'on dispose d'une nouvelle B50 parce que le bloc de déco peut être porté à une pression proche des 200bar. Cela est nettement moins évident lorsqu'on dispose d'une bouteille (source pour gonfler les blocs de déco) usagée. Il faut généralement du matériel spécial – comme un booster (surpresseur) – pour porter le bloc déco à une pression totale élevée et implique des risques supplémentaires (voir formation nitrox). Si ce matériel n'est pas disponible, on **essayera d'avoir la fraction d'oxygène la plus élevée possible dans le mélange final en gonflant le bloc avec un maximum d'oxygène pur avant de le compléter avec de l'air**.

Il est vrai que **d'un point de vue de la décompression pure, la fraction la plus élevée sera préférée** parce que la respiration d'oxygène pure au début des paliers (même si ce n'est pas le cas durant toute la durée des paliers) permet d'ouvrir la fenêtre oxygène au maximum (le gradient est maximal) au moment le plus critique de la décompression qu'est la phase de remontée et l'arrivée au palier. Seulement, cela implique un nouveau changement de gaz au palier dès que la source d'oxygène est épuisée. Or, les changements de gaz ne sont pas toujours faciles à réaliser (ex: ouverture de bouteille, manipulation de plusieurs détendeurs avec risque de se tromper, pratiquer souvent à tort des courtes apnées, peut engendrer des problèmes de flottabilité, ...). De plus, il n'est pas conseillé de partir avec un bloc de déco à moitié vide, même s'il est sensé permettre de réaliser l'entièreté des paliers prévus, on n'est jamais à l'abri d'une augmentation de la consommation. Il vaut donc mieux **partir avec un bloc de décompression gonflé à 200bar et réaliser l'ensemble de ses paliers avec un mélange dont la fraction d'oxygène est inférieure à 100%**.

Lorsque l'on utilise de l'oxygène pur comme mélange de décompression, la décompression se fera de préférence à 6m (sans palier à 3m) afin de maximiser le gradient en se positionnant à la profondeur maximale autorisée pour la pression partielle d'O₂ utilisée. De plus, le fait de rester à 6m permet de mieux contrôler sa flottabilité, maximise la fenêtre oxygène, réduit les risques d'interruption de paliers ainsi que ceux liés aux dangers provenant de la surface (ex. houle et bateau). On observe aussi que la décompression s'opère, d'un point de vue physiologique, nettement mieux en restant à 6m. A l'inverse, le maintien à la

profondeur de 6m implique une consommation de gaz (O₂) plus importante et un CNS à la sortie de l'eau plus important. En conséquence – et lorsque le moyen de décompression le permet –, on planifiera sa décompression de manière à éviter les paliers à 3m. Pour ce faire, l'on préférera l'**utilisation d'un moyen de déco permettant de tenir compte du changement de gaz pour la réalisation des paliers** (ex: ordinateur multigaz, software de décompression ou encore certaines tables comme l'USN2008). On ne procédera pas à des calculs approximatifs savants pour déterminer les temps de paliers.

5.5.5 Prendre l'avion

Lorsqu'on prend l'avion, on est confronté à une baisse relativement rapide de la pression ambiante dès que l'avion décolle. Si, à cause de cette dépressurisation, un des tissus présente une sursaturation excessive, un ADD peut se déclencher.

Pour éviter cette situation, il faut **observer une période d'attente 'Do Not Fly' avant de prendre l'avion**. La plupart des ordinateurs de plongée indiquent une durée à respecter avant de prendre l'avion.

D'après BUHLMANN, la **période 'Do not fly' doit permettre à tous les compartiments, même le plus long, de suffisamment désaturer pour supporter une chute brutale de pression** (jusqu'à une certaine valeur) **sans qu'aucune tolérance de sursaturation ne soit dépassée**.



La 'certaine valeur en question' est la pression habituelle régnant dans un avion commercial. Elle est à peu près équivalente à la pression atmosphérique régnant à 6000 pieds (1800m). Quoiqu'en cas d'urgence, la pression peut se retrouver à la pression ambiante régnant à l'altitude de vol. Aussi, par mesure de prudence, il est plus prudent de tabler sur une altitude de 13000 pieds (3900m) – (une dépressurisation en vol commercial est toutefois excessivement rare).

Le fait d'utiliser le temps nécessaire pour terminer la désaturation – selon le moyen de décompression utilisé – va toujours dans le sens de la sécurité. Même si, selon certains moyens de décompression, cela signifie que le 'do not fly' peut allègrement dépasser les 24h à la suite de deux ou trois plongées par jour, et quelquefois plus, pendant plusieurs jours.

5.6 Le matériel et sa configuration

5.6.1 Compétences relatives à l'utilisation et à la configuration du matériel

Le plongeur profond à l'air doit :

- être autonome dans la **préparation de son matériel** : Le plongeur assure la présence du matériel obligatoire et dispose également de l'équipement spécifique et approprié à la plongée profonde envisagée. Le matériel à disposition est en parfait état de fonctionnement, permet au plongeur d'être autosuffisant par rapport aux besoins de la plongée profonde et ne doit pas être la source d'incident durant la plongée profonde.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

- être capable d'agencer **son matériel** de manière optimale : Le matériel du plongeur est configuré de façon minimaliste tout disposant de la redondance des équipements essentiels. Chaque pièce d'équipement est adroitement positionnée et ajustée pour former un ensemble réfléchi et équilibré. Cette configuration tient compte à la fois du confort, de l'aspect profilé et, surtout, de la sécurité et de la possibilité de mettre cet équipement en œuvre rapidement et de manière efficace.
- être efficace dans l'**utilisation de son propre matériel** et à l'aise avec l'utilisation du **matériel utilisé (conjointement) par tous les plongeurs** de sa palanquée. Le plongeur manipule l'ensemble de son matériel comme s'il s'agissait du prolongement de son propre corps. Il a développé des automatismes pour gérer son matériel et maîtrise sa flottabilité dans toutes les situations. Il sait en prendre avantage pour, entre autres, limiter ses efforts en profondeur et se maintenir sans difficulté aux paliers.
- pouvoir utiliser son propre matériel ainsi que celui de ses compagnons pour leur porter assistance et est capable de faire face aux imprévus liés à une panne ou un problème d'équipement.

5.6.2 Le matériel et la plongée profonde

Se lancer dans la plongée profonde n'est pas synonyme de course à l'« armement ». Descendre plus bas ne veut pas nécessairement dire : prendre plus de matériel avec soi. Comme le matériel à disposition est de plus en plus performant (notamment, les détendeurs), le plongeur doit **s'interroger sur l'équipement dont il a réellement besoin** pour réaliser la plongée profonde envisagée, **tant pour son confort personnel que pour le bon déroulement de la plongée.**

5.6.2.1 *Les principes généraux*

L'équipement tient une place prépondérante lors d'une immersion en profondeur et quelques principes sont à respecter :

- **Utiliser un matériel que vous connaissez et maîtrisez.** Vous devez être capable d'utiliser chaque pièce de votre équipement en situation d'urgence, c.-à-d. dans une situation où vous n'avez pas le temps de penser ni de réfléchir à ce qu'il faut faire. Si vous n'êtes pas capable d'utiliser chaque pièce de votre équipement "en mode automatique" ou lorsque vous achetez un nouvel équipement, prenez le temps de vous y familiariser dans des conditions normales lors d'une plongée test à faible profondeur. De plus, n'oubliez pas d'en **démontrer le fonctionnement à vos compagnons de plongée** qui pourraient devoir l'utiliser.
- **Plus l'équipement est simple, mieux c'est :** S'il un élément de votre matériel est déjà compliqué à utiliser en surface (notamment lors de la vérification de son fonctionnement), que dire lorsque vous serez en profondeur, légèrement narcosé. Par ailleurs, simplicité rime souvent avec fiabilité.
- **En état de fonctionnement irréprochable :** Avant chaque plongée, il faut contrôler son matériel, tant d'un point de vue de sa complétude qu'au niveau de son fonctionnement. On ne peut pas se permettre de plonger avec du matériel que l'on ne pourrait pas utiliser en cas de besoin. Un entretien régulier est indispensable.
- **L'idéal est de n'emporter avec soi que le strict nécessaire,** le superflu peut rester dans votre sac de plongée. En effet, ce matériel inutile entraîne un effort supplémentaire lors de vos déplacements et, beaucoup plus grave encore, peut être confondu avec un élément essentiel du matériel (comme la purge) ou entraver l'accès rapide de celui-ci (ex: il peut cacher, s'enlacer, bloquer une autre pièce de votre équipement). Il peut tomber en panne ou ne pas fonctionner correctement, vous pourriez le perdre etc.
- Le **principe de redondance** suppose **de doubler l'équipement vital** pour le plongeur profond (en particulier, tout le matériel nécessaire à la réalisation de la décompression : détendeur, moyen de

décompression,...). Néanmoins, la redondance a ses limites : il n'est pas possible de plonger avec un double pour chaque équipement car cela impliquerait une surcharge de matériel difficile à gérer, tant d'un point de vue des déplacements que de la flottabilité, et ne serait donc pas neutre sur la consommation et la sécurité du plongeur. Il faut de ce fait **choisir avec soins les éléments** de son équipement **pour lesquels on souhaite disposer d'un backup**. L'équipement vital pour lequel un double est nécessaire implique de disposer au minimum : d'un second détendeur sur seconde sortie ; d'un moyen de décompression de secours ; d'un second parachute. Selon les conditions de plongée, d'autres équipements peuvent être considérés comme indispensables (ex: deuxième lampe).

5.6.2.2 L'équipement spécifique et spécificités de l'équipement classique

Détendeurs : Comme la densité du gaz respiré augmente avec la profondeur, l'effort respiratoire s'accroît lui aussi, le détendeur doit offrir un **débit suffisant et un effort mécanique respiratoire minimum** pour assurer **souplesse et confort au plongeur**. La plupart des détendeurs modernes sont sûrs et robustes. Seulement, tous n'offrent pas les mêmes **performances en plongée profonde**. La publicité des constructeurs ne doit certainement pas être le seul critère guidant le choix de détendeur, le conseil de plongeurs expérimentés est généralement une bonne source d'information. L'utilisation d'un détendeur en plongée test avant de l'acheter est souvent la meilleure manière de s'assurer qu'il correspond aux critères demandés. Notez que le test en magasin d'un détendeur n'est pas le gage de leur performance en profondeur !

En règle générale, le **second détendeur** doit être aussi performant que le premier. C'est lorsqu'on est en difficulté que l'on apprécie toute l'importance d'un matériel de secours de qualité.

L'avantage apporté par les **flexibles 'longs'** qui facilitent l'assistance en air (parfois jusqu'à 2m de long) doit être comparé à leur impact sur la performance et le confort du détendeur en bouche. Le cas échéant, le long tuyau doit être lové, par exemple contre la bouteille avec un morceau de chambre à air ou de tuyau chirurgical, pour éviter tout accrochage lorsqu'il n'est pas utilisé. Arrivé en surface (et lorsqu'il n'est plus utilisé), il doit pouvoir être placé "hors du chemin" afin de permettre la sortie de l'eau sans accrochage (par exemple enroulé autour du bras).

L'adjonction d'une **rotule** sur le second étage ajoute du poids et est parfois source de problèmes supplémentaires, mais facilite l'utilisation du détendeur par un plongeur en difficulté que l'on souhaite garder devant soi.

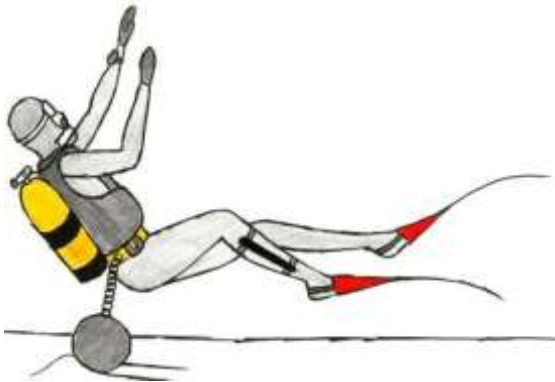
Note sur les **'stop flow'**: s'ils permettent d'interrompre un débit constant, ils doivent être installés en conjonction d'une valve de surpression sur le premier étage. De plus, le briefing veillera à bien décrire son fonctionnement afin d'en tirer correctement avantage en cas de difficulté.

Lestage : Matériel sans lequel le plongeur ne pourrait s'immerger, le lestage nécessite quelques précautions. Présent sur le marché sous différentes formes, la ceinture classique, largable facilement en dégrafant la boucle abdominale, est **simple d'utilisation** et n'a que des avantages en plongée profonde. Le lestage intégré au gilet, selon le système d'accroche, est soit difficilement **largable** (au risque de ne pas pouvoir être largué), soit trop facilement (et pourrait se perdre à la mise à l'eau ou en plongée). Quoi qu'il en soit, le plongeur doit être capable de se débarrasser rapidement de son lestage en cas de besoin et expliquer son utilisation à ses compagnons de plongée qui pourraient devoir lui porter assistance.

Alors que le plongeur a tout intérêt à être un peu lourd pour réaliser ses paliers, il a tout intérêt à ne pas être trop lourd. Le lestage doit donc être **bien adapté**. Une vérification de

LES TECHNIQUES DE PLONGÉE PROFONDE

son adéquation doit être faite lors d'un changement apporté à l'équipement du plongeur (ex: nouveau matériel). De plus, le lestage a un impact non négligeable sur la **position du plongeur** en immersion et donc sur ses **déplacements**.



Lorsqu'il est trop lesté, le plongeur risque de: ne pas pouvoir se maintenir en surface sans l'aide de son système de stabilisation, couler rapidement dès sa mise à l'eau (sans pouvoir équilibrer correctement ses oreilles, sans pouvoir gérer sa profondeur maximale), éprouver des difficultés à trouver son équilibre en profondeur (ce qui va s'accroître avec la profondeur au fur et à mesure de l'écrasement de sa combinaison). Il doit souvent compenser en gonflant son système de stabilisation, ce qui augmente sa résistance à l'avancement, accroît sa prise au courant, rend son palmage plus difficile, le fatigue énormément, augmente sa consommation, et pourrait engendrer un essoufflement.

Lorsqu'il n'est pas assez lesté, il éprouve des difficultés à s'immerger, il a le dos courbé et les palmes vers le haut afin de palmer pour ne pas remonter, son inconfort grandit à mesure que la pression de sa bouteille diminue, il subit également les effets de la variation du volume pulmonaire à chaque respiration et risque de ne pas pouvoir maintenir la profondeur de ses paliers ou de ne pas maîtriser sa vitesse de remontée.

Système de stabilisation: Gilet, aile, stab intégrée ont le même objectif : aider le plongeur à **se stabiliser et** lui permettre d'adopter une **position de confort**. Le confort est important en plongée profonde parce qu'il confère généralement une confiance en soi plus grande. Gardons également à l'esprit:

- › Le besoin de disposer d'une capacité de levage suffisante. Malgré les tendances actuelles d'augmentation du volume des stabs, un volume de 40 litres n'est clairement pas indispensable. Néanmoins, quelque soit le volume de votre système de stabilisation, ce dernier doit vous **suffire pour remonter du fond**. Il faut donc voir le système de stabilisation en parallèle avec le reste du matériel utilisé et non comme un élément séparé. Si le lestage est correct, 25 litres devraient amplement suffire. La première étape vers une maîtrise de la flottabilité est de parfaire son lestage!
- › Prenez garde également au volume d'eau déplacé par la stab : lorsqu'il est important, il implique un effort plus grand, ce qui n'est pas souhaitable.
- › La **rapidité d'inflation** du matériel à disposition a, elle aussi, son importance. En profondeur, il est nécessaire de pouvoir réagir vite. Dès lors, un tuyau d'inflateur à débit élevé permettant un gonflage plus rapide est nécessaire pour modifier rapidement la flottabilité d'un plongeur (surtout lorsque la quantité de gaz à introduire dans le système de stabilisation est grande, ce qui est le cas en profondeur).

Le **gonflage** se fait toujours **au direct-système** et pas à la bouche.

Parachute de palier : En sus du gréage dont on a déjà parlé (minimum 9m de bout, etc), le parachute doit être de couleur **visible** (orange ou rouge), suffisamment **long** pour dépasser les éventuelles crêtes formées par la houle et bien **large** pour ne pas plier et se coucher lorsqu'il y a du vent. Si sa couleur s'atténue au cours du temps, une petite teinture peut régler l'affaire. Beaucoup de sites d'épaves profondes se situent dans des chenaux de navigation forts empruntés, il est nécessaire d'être toujours bien en vue des navires en surface qui s'approcheraient de votre zone de plongée.

Tous les plongeurs doivent avoir l'habitude de manier un parachute et de faire des paliers en pleine eau. Chaque plongeur doit disposer d'un parachute. Pour être secouru, il faut être

vu ; les **deux parachutes** sont donc une nécessité en plongée profonde (surtout si vous deviez être séparé de votre palanquée)! A la place d'un deuxième parachute rouge, on privilégiera le parachute jaune Emergency.

Il est aussi utile de **marquer votre parachute** pour que le support en surface puisse vous identifier en cas de besoin. Le marquage suppose l'inscription de 3-4 lettres, majuscules bien épaisses, au marqueur indélébile noir afin d'être vu de loin. Certains attachent un petit foulard coloré à la bordure du dessus, d'autres dessinent quelque chose. L'important est d'être visible et compréhensible par le support en surface.

Le parachute est indispensable lors de plongées en mer où les paliers se font en pleine eau. Il existe un risque de dérive bien réel, surtout lorsque les paliers sont longs et que les conditions sont propices à emporter la palanquée loin du lieu où le parachute a émergé. Le parachute permet de mieux repérer un plongeur à la surface de l'eau. Toutefois, la solution la plus adéquate est de **larguer le parachute le plus tôt possible** à l'aide d'un dévidoir, soit dès que vous quittez le fond. Ainsi, le support en surface pourra plus facilement repérer votre palanquée et la suivre tout au long de sa dérive (comme c'est souvent le cas en Mer du Nord).

Bloc bouteille : Non, **le bi-bouteille n'est pas indiqué pour tous**. Son poids et son encombrement doivent être pris en compte autant que l'autonomie et la stabilité relative qu'il apporte. La planification détermine la capacité de gaz à emporter avec soi ; seulement, le choix du bloc dépend aussi de la pression de remplissage, des systèmes de fixation, de la familiarité avec ce type de bouteille, de l'impact sur le lestage, de la capacité du plongeur à transporter ce matériel (mise à l'eau / sortie de l'eau) etc. **Il vaut mieux parfois limiter le temps fond ou la profondeur afin de conserver son équipement habituel.**

Une attention particulière doit être consacrée aux accessoires attachés directement au bloc bouteille. Avec un sanglage, du cerclage, un chambre à air et autre sandow, ils doivent être fixés solidement, ne pas se desserrer une fois humide ni se détacher accidentellement ou être source d'obstacle ou d'emmêlement. Toutefois, ce système est très utile pour débarrasser le devant du plongeur du matériel dont il n'a pas directement besoin (comme son tuba) et dégager l'espace où se trouve le matériel principal.

Ces systèmes de fixation peuvent également servir pour fixer les flexibles longs et autres matériels qui pourraient être source d'emmêlements s'ils s'écartent trop hors du bloc bouteille. Mais attention à ne pas endommager ces flexibles, ils pourraient eux aussi être source de problèmes s'ils étaient trop pliés, coupés ou abimés dans une épave ou une grotte, etc.

Instruments : Pour les moyens de décompression, voir le chapitre 5.5.4.2 traitant des moyens de décompression primaires et de secours.

Quant aux autres instruments, soyez-sûr de pouvoir les lire en profondeur où la luminosité est faible et les lampes souvent éblouissantes. Les instruments doivent être lisibles à tout moment.

5.6.3 La configuration du matériel

La configuration du matériel 'sur le plongeur' traduit l'**emplacement donné à chaque pièce d'équipement**. Cet emplacement doit être étudié avant de se mettre à l'eau et réfléchi pour la plongée en question.

Il existe autant de configurations que d'opinions, mais toutes ne conviennent pas à la plongée profonde. Si une plongée d'exploration à faible profondeur peut parfaitement bien se réaliser avec un matériel qui n'est pas configuré de manière optimale, il en va autrement en plongée profonde où **la configuration peut**

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

mettre à mal l'utilisation ou le fonctionnement d'un équipement essentiel, réduire le confort du plongeur et rendre son évolution sous l'eau plus difficile, voire porter atteinte à sa sécurité.

La configuration doit être déterminée en tenant compte de 3 principes:

- Respecter le triangle de vie (ou triangle de sécurité),
- Accroître l'hydrodynamisme et réduire les efforts,
- Limiter les contacts dangereux entre le matériel et le milieu.

Une fois déterminée, la configuration doit être « testée » au sec. Il ne faut pas hésiter à monter son bloc et le mettre sur le dos pour vérifier que **tout le matériel est bien placé** (ex: à la bonne hauteur), **bien attaché et facilement accessible**.

Tout changement dans la configuration doit être **testé en plongée d'exploration** avant de procéder à une plongée profonde. On procèdera généralement par un changement à la fois pour bien évaluer s'il correspond aux attentes du plongeur. Ils doivent être le moins nombreux possible, parce qu'ils impliquent une modification des réflexes (et cela prend du temps). Une fois la **configuration optimale** « trouvée », elle doit être **maintenue tant en plongée profonde que pour les plongées d'exploration à moins de 40m** (sinon les réflexes ne s'acquièrent pas et le plongeur – dans une situation d'urgence – pourrait ne plus se souvenir de la configuration qu'il a adopté ce jour-là).

5.6.3.1 Le triangle de vie

Le triangle de vie (ou triangle de sécurité) suppose que l'on positionne son équipement (l'équipement primaire ainsi que la majorité des équipements de support) de manière à pouvoir **l'atteindre, l'utiliser et le replacer en toute circonstance, des deux mains ; sans qu'il gêne le plongeur** et afin qu'il soit bien **visible pour être saisi par un autre plongeur**. On déconseille de placer du matériel sur le côté des jambes car il est moins facilement accessible et risque de s'accrocher facilement. Cette position nécessite que le plongeur se plie pour ramener ses mollets à la hauteur de ses mains, ce qui n'est pas toujours faisable.

Deux écoles existent, celle qui positionne le triangle '▲' avec sa base horizontale dans l'axe du bassin et celle qui le place base vers le haut '▼' dans l'axe des deux épaules. Le résultat est quasi identique si ce n'est que la première englobe également les équipements (comme c'est souvent le cas du parachute) qui sont accrochés par des anneaux de la ceinture sur le côté de la hanche des plongeurs.

- › L'équipement primaire est composé des détendeurs, du système de stabilisation (tant l'inflateur qu'une des purges) et du système de lestage.
 - Le **détendeur de secours** ne peut ni traîner dans le sable (il pourrait s'encrasser), ni recevoir des chocs sur la roche ou sur l'épave (il pourrait se fêler et engendrer une entrée d'eau), ni pendouiller derrière le plongeur (il pourrait ne pas être trouvé en cas de besoin), il doit être accessible et fonctionnel à première demande. Une façon de faire consiste à accrocher le détendeur de



secours autour du cou du plongeur, par un tuyau chirurgical ou du sandow, à une dizaine de centimètres sous le menton. Attention, ce système d'attache doit pouvoir céder sous une certaine traction afin de ne pas présenter un risque d'étranglement pour le plongeur. L'orientation des flexibles a aussi son rôle à jouer pour éviter les situations inconfortables (détendeur qui 'tire' en bouche).

- Le système de stabilisation, en particulier, **l'inflateur et la purge rapide**, sont généralement situés dans le triangle de sécurité (quelques soient les modèles). Afin de rétablir sa flottabilité ou celle d'un plongeur en difficulté, l'inflateur et la purge rapide doivent être accessibles. Aucun autre matériel n'est positionné devant et ne doit entraver leur utilisation. Privilégier une couleur visible pour la purge et les boutons de l'inflateur.
 - Au sommet ou à la base du triangle selon les écoles, le **système de largage du lestage** doit également être accessible dans le triangle de vie. Qu'il s'agisse d'une ceinture classique ou de poches largables, elles sont localisées sur l'abdomen du plongeur. Aucun autre matériel n'est positionné devant et ne doit entraver leur utilisation.
- › L'équipement secondaire comprend le manomètre, le parachute (et éventuellement son dévidoir), un instrument coupant, une lampe.
- Le **manomètre** ne peut pas s'écraser sur chaque gorgone au-dessus de laquelle passe le plongeur, il doit être visible en un mouvement de la tête, sans devoir le chercher sur le côté du plongeur. Qu'il soit accroché au gilet, passe sous le bras et soit maintenu au niveau de l'abdomen en étant placé sous une sangle du harnais du plongeur, l'important est qu'il ne faille pas le chercher pour le consulter. Dans le cas d'utilisation d'une sonde reliée à un ordinateur avec gestion des gaz, il faut prévoir un back-up (ex : manomètre boulon est le minimum).
 - Le **parachute** est souvent accroché au gilet sur le devant du plongeur ou à la ceinture sur le côté de la hanche. Il s'agit d'un équipement important pour signaler la présence du plongeur et se trouve également dans le triangle de sécurité.

5.6.3.2 Hydrodynamisme et effet 'sapin de Noël'

L'hydrodynamisme est la physique qui étudie les forces engendrées par le déplacement d'un corps dans un liquide. En présence d'une forte résistance à l'avancement, le plongeur en immersion doit fournir un effort plus important pour se déplacer. Il faut donc rechercher la configuration qui entraîne une **résistance à l'avancement la plus faible possible**.



Même si dans ses déplacements, le plongeur n'atteindra jamais la grâce qui transparait chez nos cousins mammifères marins, il peut s'améliorer en devenant plus hydrodynamique. Pour ce faire, il faut avoir recours à toutes les techniques qui permettent de **plaquer et de fixer tout ce qui pend, dépasse, flotte autour du plongeur**. Il faut éviter l'effet 'sapin de Noël' qui contribue à freiner le plongeur.

- › **Fixer les tuyaux qui traînent et le tuba** autour de la bouteille à l'aide d'un morceau de tuyau chirurgical ou d'une rondelle de chambre à air. Tout ce qui pend, freine le plongeur

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

- › Utiliser des clips, anneaux crochets et autres accessoires pour **fixer le matériel sur le système de stabilisation, le harnais ou la ceinture** du plongeur.
- › Disposer d'un **matériel ajusté au corps du plongeur**. Par exemple, le système de stabilisation doit être ajusté et réglé près du corps afin d'épouser au mieux les formes du plongeur. Le gilet peut également constituer une résistance aux déplacements, non seulement lorsqu'il est gonflé, mais également lorsque l'eau s'engouffre au niveau de l'encolure.
- › **Placer le lest sur le devant du plongeur** afin de contrebalancer la lourdeur de la bouteille dans le dos et le stabiliser en immersion. Cela lui procurera une meilleure position dans l'eau qui réduira ses efforts de locomotion.

5.6.3.3 Limiter les contacts dangereux entre le matériel et le milieu.

Limiter les contacts dangereux entre le matériel et le milieu veut dire plusieurs choses:

- › **Ne pas s'accrocher** et freiner le plongeur dans ses déplacements voir l'empêcher de remonter (ex: s'il est coincé dans filet ou qu'un de ses tuyaux est accroché),
- › **Ne pas trainer sur le fond** où il pourrait s'ensabler et ne plus être opérationnel,
- › **Ne pas être endommagé** lors d'un contact avec le milieu ; notamment, s'il peut se briser, se couper, se déchirer (ex: sur un objet ou un fond coupant ou pointu, comme des tôles rouillées, des échardes de bois, des concrétions calcaires).
- › **Attention aux clips suicides, et autres gadget pouvant s'accrocher à un bout, ligne de pêche, filet etc.**
- › **Il doit pouvoir être remplacé** sur le plongeur **après utilisation**, et doit d'une part ne pas être "dans le chemin" et d'autre part pouvoir être réutilisé sans difficulté (ex: un détendeur avec un long tuyau lové sur la bouteille ne doit pas gêner le plongeur lorsqu'il doit sortir de l'eau et que son détendeur n'est plus utilisé par la victime).

5.7 Le comportement du plongeur en plongée profonde

5.7.1 Compétences relatives au comportement

Le plongeur doit développer certaines compétences en termes de comportement à adopter pour réaliser des plongées profondes à l'air dans les meilleures conditions possibles. Il doit :

- par son savoir-être, faire preuve :
 - de **rigueur** et de **maturité** dans la planification de sa plongée et la limitation de sa prise de risques (et celle de sa palanquée), en particulier au niveau du respect de ses prérogatives et celles de ses compagnons de plongée ;
 - de **vigilance** et d'**anticipation** tout au long des opérations de plongée profonde à l'air afin d'agir et de réagir pour en garantir la sécurité ;
 - d'**humilité** et de **discernement** par son écoute et son ouverture aux sentiments et aux émotions de ses compagnons de plongée ;
 - d'une **capacité à s'adapter** à l'évolution des conditions de plongée ;
- par son savoir et son expérience,
 - disposer d'une **expérience** étendue de la plongée lui permettant d'**appréhender** objectivement les risques de la plongée profonde à l'air et **s'y préparer mentalement** ;

- **faire profiter** le plongeur débutant ou confirmé en plongée profonde à l'air de son expérience ;
- s'efforcer de maintenir sans cesse ses **connaissances** à jour, sa **forme physique** à un niveau élevé et son **matériel** de plongée en état de fonctionnement ;
- faire preuve d'**esprit critique** par sa **remise en question** des procédures de plongée profonde à l'air en vue de les améliorer.

5.7.2 Le comportement du plongeur profond à l'air

Le comportement peut être défini comme l'ensemble des réactions objectivement observables²⁵ d'un point de vue extérieur. Ces réactions sont souvent une réponse à l'environnement dans lequel on évolue et aux relations interpersonnelles auxquelles nous sommes confrontés. Elles diffèrent selon les individus, leur personnalité, leurs expériences passées, leur état psychologique du moment, leur niveau de stress et de fatigue, les sentiments qu'ils éprouvent à l'égard des personnes qui les entourent, leurs émotions, leurs croyances, Bref, il existe un très grand nombre de variables qui affectent le comportement des individus, ce qui peut engendrer des réactions diverses et variées à une même situation. Toutefois, on constate généralement que ces dernières vont dans le sens d'un même objectif final : celui de la recherche du plaisir et l'évitement des désagréments²⁶.

En plongée, le but n'est pas de comprendre les explications sous-jacentes des comportements, beaucoup de chercheurs s'y emploient et la tâche se révèle extrêmement complexe. Notre objectif est d'**apprendre à repérer certains comportements et d'anticiper leurs conséquences et leurs effets sur le bon déroulement de la plongée. Cette démarche doit être effectuée tant vis-à-vis de ses compagnons de plongée qu'envers soi-même !**

De manière générale, les conséquences néfastes de certains comportements observables chez le plongeur peuvent se traduire :

- **par une altération de la perception du risque,**
- **par une prise de risque délibérée,**
- **par une réaction inadaptée au risque encouru ou perçu.**

5.7.2.1 *Les principaux comportements qu'il faut détecter*

5.7.2.1.a L'habitude

L'habitude est une façon de se comporter qui repose sur l'expérience acquise. Considérée comme positive lorsqu'elle entraîne certains réflexes ('les gestes qui sauvent'), elle peut nous faire baisser la garde et nous rendre moins vigilant. "L'habitude est une étrangère, qui supprime en nous la raison"²⁷ disait Prudhomme. En effet, elle installe une certaine routine, dans nos opérations de plongée, qui nous entraîne à renouveler le même acte sans qu'on y soit poussé par une réflexion préalable. C'est cette anesthésie de raisonnement qui est néfaste pour la plongée profonde car elle ne pousse pas le plongeur à remettre en question tous les aspects de sa plongée. Le plongeur devient un acteur passif de sa sécurité car il n'a pas connaissance de ses points faibles et de ses limites, il peut en arriver à oublier certains éléments de sa sécurité ou de son matériel.

²⁵ **Le ROBERT**, Le CD-ROM du Grand Robert de la langue française, version 2.0, 2005, www.lerobert.com.

²⁶ **VOLODALEN L'entraînement à la course**, <http://www.volodalen.com/15psychologie/psychologie20.htm>

²⁷ **SULLY PRUDHOMME R.-F.**, 1839-1907, poème "L'habitude" extrait du recueil 'Stances et poèmes'.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

L'habitude nous donne l'impression d'avoir vu cela des centaines de fois, plongées au cours desquelles tout s'est bien passé. Nous y sommes accoutumés et notre attention n'est pas/plus attirée sur la préparation minutieuse de notre matériel, sur les conditions de plongée qui diffèrent d'une plongée à l'autre, sur notre compagnon de plongée qui répond machinalement OK alors qu'il est complètement narcosé, ... Si en plongée d'exploration, l'habitude peut ne pas avoir d'issues fatales, elle peut se révéler lourde de conséquences en plongée profonde.



Même si l'on dispose d'une grande expérience, cette dernière "est une lanterne que l'on porte sur le dos et qui n'éclaire jamais que le chemin parcouru"²⁸. Il faut donc rester en alerte permanente afin de détecter les risques spécifiques à la plongée du jour et d'anticiper les éventuelles évolutions des conditions de plongée. En effet, chaque plongée est différente et peut comporter des risques distincts. Notre expérience (en ce compris les incidents passés) nous aide à appréhender encore mieux les risques liés à chaque nouvelle plongée et à prendre les mesures adéquates pour les prévenir et les gérer.

5.7.2.1.b L'existence d'une opportunité

L'existence d'une opportunité engendre un comportement atypique que l'on a lorsqu'on veut saisir une occasion qui ne devrait pas se présenter souvent. L'objectif principal du plongeur est de réaliser la plongée qui se présente à lui, quelles que soient les conditions dans lesquelles elle va se réaliser. Le plongeur peut être tenté de prendre des risques démesurés et de s'exposer délibérément au danger pour plusieurs raisons : sentiment de rareté, goût du risque, volonté de se faire plaisir, impression de danger, rentabiliser la sortie plongée et sa journée, ... Le problème c'est qu'il s'agit souvent de situations où la préparation de la plongée profonde est quasi inexistante ; où l'organisation et l'infrastructure ne sont peut-être pas adaptées aux conditions de plongée telle qu'une météo peu favorables ou des compagnons de plongée ne disposant pas de l'expérience nécessaire, ...

Il faut adapter nos objectifs de plongée profonde de manière à ce qu'ils soient compatibles avec les conditions de plongée et faire preuve de maturité dans notre décision de réaliser ou non la plongée envisagée. Lorsque l'on réagit sous le coup d'une opportunité, il faut évaluer le pour et le contre consciencieusement et apprendre à ne pas s'engager dans une plongée considérée comme trop risquée !

5.7.2.1.c L'excès de confiance et le manque de confiance – La peur et le stress

L'excès de confiance et le *manque de confiance* sont deux comportements opposés, mais qui peuvent tous deux mettre en danger le bon déroulement d'une plongée profonde.

D'une part, le plongeur peut avoir un sentiment d'invulnérabilité qui provoque un comportement téméraire par l'absolue conviction de maîtriser la situation. Ce sentiment d'invincibilité n'est pas

²⁸ CONFUCIUS, BC 551 - BC 479, Philosophe chinois.

uniquement le résultat d'une confiance en soi inappropriée : il peut être engendré par une vision de la réalité faussée par une fatigue physique ou psychique intense, par la consommation d'alcool, médicament ou de drogue, ou encore biaisée par l'habitude qui gomme les détails de la situation. La peur refoulée peut avoir les mêmes conséquences. Afin de paraître confiant vis-à-vis de ses compagnons, un plongeur peut être amené à faire abstraction de la réalité.

D'autre part, le plongeur peut souffrir d'un manque de confiance en lui-même ou en d'autres participants. Ce manque de confiance est un sentiment naturel chez tout humain qui s'engage dans une situation inhabituelle, nouvelle ou hasardeuse. C'est typiquement le cas d'une plongée d'exploration sur un site inconnu, d'une plongée profonde à l'air ou encore d'une pénétration d'épave. Elle peut aussi résulter d'un mal-être, d'une dépression ou de l'imagination. Quoiqu'il en soit, la *peur* et le *stress* s'installent. Ils vont avoir des conséquences directes sur les opérations de plongée :

- par une exacerbation de l'attention et de la vigilance qui tend à prévenir les risques (positif).
- par une prise de précautions excessive qui va à l'encontre même de la sécurité (négatif). Lorsque le manque de confiance se traduit par un sentiment d'insécurité extrême, le plongeur profond a l'impression de ne plus maîtriser la situation mais de la subir. Il peut par exemple vouloir vérifier machinalement son matériel 10 fois d'affilée sans repérer que son inflateur n'est pas branché ou mobiliser le skipper pour se rassurer de ses capacités et l'empêcher de manœuvrer correctement. C'est aussi le cas du plongeur qui fait le signe OK à ses compagnons toutes les 3 minutes et provoque une lassitude de ceux-ci qui finissent par ne plus réagir et ne pas apercevoir ses signes de détresse le moment venu.
- par une réaction instinctive et non réfléchie qui pousse le plongeur à réagir de façon inadaptée au problème constaté (négatif). Lorsque le plongeur profond est pris d'une peur panique, d'une volonté de se protéger à tout prix parfois même sans réellement savoir de quoi il veut se protéger, il perd ses repères et tout lui semble déroutant. C'est son instinct de survie qui prend le dessus et dirige ses réactions... qui peuvent être malheureuses. Par exemple, le plongeur profond qui panique lorsqu'il est pris d'un essoufflement peut avoir envie de remonter en surface au plus vite car il a l'impression qu'il n'a pas d'autres solutions pour respirer correctement. Ses compagnons de plongée doivent le détecter le plus rapidement possible pour éviter qu'il ne remonte sans respecter la vitesse de remontée ou ses paliers.

Il faut envisager ce type de comportement lorsque le plongeur manifeste les symptômes suivants:

- sur le plan physique : palpitations (accélération du rythme cardiaque), hyperventilation (accélération de la ventilation en plongée), mains moites et sueurs, tremblements, sensations de chaud ou de froid, maux de tête, estomac noué, difficulté à déglutir, bouche sèche, fatigue, perturbations du sommeil, gestes brusques, ... ;
- sur le plan mental: nervosité, surexcitation, irritabilité, indifférence, apathie, changements d'humeur impétueux, inquiétude démesurée, angoisse, sentiment d'incompétence et/ou d'inutilité, manque d'intérêt ou le renoncement à la plongée, repli sur soi, fuites des idées, dialogue intérieur, communication non verbale, altération du raisonnement et défaut de mémoire, diminution des capacités d'organisation,

Vous aurez certainement reconnu de nombreux symptômes généralement repris dans les symptômes enseignés au niveau des accidents « classiques » de la plongée sous-marine. La différence ici est qu'ils peuvent aussi apparaître avant la plongée. La peur et le stress peuvent se manifester de multiples façons et de grandes variations individuelles existent dans ce domaine. Que ces symptômes soient exprimés ou pas, nos capacités de compréhension, d'analyse et de réaction peuvent être altérées.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

La peur et le stress sont des réactions normales de l'organisme qui doivent l'aider à répondre à une situation problématique ou vécue comme telle. Ils servent à se défendre et à se protéger. **En fonction des circonstances, chaque plongeur, qu'il soit expérimenté ou non, peut prendre peur. Un plongeur qui prétend n'avoir jamais eu de craintes, doutes ou stress ne fait état finalement que d'un manque flagrant d'expérience.**

De manière générale, il ne faut pas ignorer ou refouler la peur et le stress, mais les tempérer et les utiliser de manière à améliorer le déroulement de la plongée profonde. Pour cela, il faut apprendre à les contrôler. **Le contrôle de sa peur passe par une préparation en bonne et due forme de la plongée, par la planification de la plongée pour éviter toute surprise, par une visualisation précise et préalable de tout ce qui devrait/pourrait se passer.** On conseillera aussi de faire des incursions en profondeur de façon progressive afin que les conditions propres à la plongée profonde ne soient pas subies par le plongeur profond, mais prises en charge par lui.

La gestion du stress passe par une communication franche avec ses compagnons, par une préparation de la plongée suffisamment tôt pour ne pas se mettre de pression inutile due à des contraintes d'horaire, et surtout en se réservant un moment de relaxation avant la mise à l'eau. N'oublions pas que le stress est une réaction d'autodéfense de l'organisme et qu'elle est différente pour chaque individu. Il y a donc tout un travail personnel à réaliser pour identifier les éléments qui stressent et apprendre à les maîtriser.

5.7.2.1.d L'effet de groupe

*L'effet de groupe*²⁹ est l'influence exercée par un groupe sur chacun de ses membres. Elle se traduit par une sorte d'encouragement mutuel, plus ou moins conscient, à faire ou à penser une même chose, que dans certains cas les membres du groupe n'auraient pas faite ou pensée de façon isolée. Autrement dit notre perception de ce que les autres pensent entraîne une modification de notre comportement, de nos opinions,... qui généralement aboutit à établir un consensus sur la solution la plus acceptable pour sauvegarder la cohésion du groupe et éviter les sources de conflit.

Par son désir de séduction et la volonté de se faire accepter par le groupe, le tout accentué par l'ambiance du moment et l'aspect pratique des choses, le plongeur profond peut prendre de mauvaises décisions ou des décisions irrationnelles, même si isolément il en aurait fait différemment. La même chose peut arriver si le leader du groupe est très directif et que le plongeur n'ose pas le confronter, ou encore lorsqu'une confiance aveugle existe vis-à-vis des partenaires de plongée. Le plongeur profond aura alors tendance à s'engager dans une plongée sans tenir compte des autres choix ou possibilités qui peuvent s'offrir à lui. Dans une telle situation, on constate que **le regroupement de personnes augmente la prise de risques.** Le groupe finit par se mettre d'accord sur une solution qui satisfait rarement toutes les contraintes liées à la sécurité. Le groupe tend aussi à repousser les limites au-delà du cadre d'évolution acceptable.

Pour éviter les situations accidentogènes, la proposition formulée à l'attention de la palanquée doit être justifiée notamment par rapport aux règles de la Fédération, à l'analyse de risques et aux conditions dans lesquelles la plongée va se réaliser. Il est important d'instaurer un dialogue préparatoire avec les plongeurs. La décision finale de plonger (et tout ce qu'elle implique en particulier au niveau des paramètres de plongée) doit être prise en commun par les membres de la palanquée afin, d'une part, de responsabiliser tous les participants et, d'autre part, de permettre à chacun de s'approprier la décision finale.

²⁹ **JANIS Irving L.**, "Groupthink: Psychological Studies of Policy Decisions and Fiascoes", 1982, Houghton Mifflin Company, 2^e édition, ISBN-10: 0395317045.

Par ailleurs, il ne faut pas hésiter à prendre un peu de recul pour s'assurer que l'on va (tout comme le groupe) dans la bonne direction. Il faut rester à l'écoute de nos sens qui peuvent nous guider inconsciemment dans nos actions lorsque notre attention est déjà focalisée sur un problème.

5.7.2.1.e Le refus d'admettre l'accident

Au-delà des problèmes liés à la préparation et au déroulement de la plongée en elle-même, *le refus d'admettre l'accident* est un problème délicat parce qu'il ne permet pas une prise en charge rapide et efficace d'un accident, et aggrave potentiellement les séquelles.

Beaucoup de plongeurs nient être victimes d'un essoufflement, d'une narcose, d'un accident de décompression... Ils ne font généralement appel à leurs compagnons de plongée que lorsque la situation n'est plus du tout maîtrisable (ex : lorsque l'essoufflement leur donne une forte envie de remonter à la surface), lorsque la douleur n'est plus tolérable (ex : bends ou autre en cas d'accident de décompression) et, parfois, ne savent même plus lancer cet appel 'au secours' car leur état ne leur permet plus de réagir (ex : narcose avancée ou perte de connaissance).

Ne pas vouloir admettre l'échec, la faute éventuelle, souhaiter éviter un traitement lourd et coûteux en caisson, ne pas rapporter les circonstances exactes, et surtout la tendance à vouloir confondre les symptômes avec ceux de maux communs, ou à les ignorer suite au peu de gravité apparente, etc. sont des phénomènes courants et il faut y prêter attention pour porter assistance à nos compagnons de plongée le plus tôt possible.

La surveillance et la confiance mutuelle non seulement durant la plongée, mais également après le retour en surface, est indispensable. Ce climat de confiance s'instaure notamment par la connaissance de nos compagnons de plongée, un dialogue et une écoute permanente quelle que soit la situation. Il ne faut pas hésiter à signaler toute situation inhabituelle et à faire appel à l'expérience et l'aide que les autres plongeurs peuvent nous apporter.

LES TECHNIQUES DE PLONGEE PROFONDE

5.7.2.2 Synthèse des comportements risqués et conseillés

Comportements risqués	Comportements conseillés
Routine et habitude, se reposer sur ses acquis, négligence	Expérience et maturité technique, rigueur, prévention des risques, remise en question Vigilance, alerte permanente et anticipation de l'évolution des conditions de plongée
Recherche d'adrénaline, goût du risque, volonté de se faire peur, sentiment de rareté	Recherche de plaisir, d'accomplissements, de sensations différentes, conditionnée par une maturité dans la prise de décision et analyse des risques
Emotions inhibées, sentiment d'invincibilité et excès de confiance, ou encore peur panique et manque de confiance	Préparation mentale, gestion du stress et de la peur, évolution progressive vers une profondeur maximale
L'effet de groupe, le défi, la gloriole, le sensationnalisme, le désir de séduction....	Dialogue préparatoire avec les plongeurs, responsabilisation de toute la palanquée, validation par le groupe du plan de plongée, "écoute des sens"
Refus d'admettre un problème, un incident, des symptômes particuliers	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

La sécurité concerne tout le monde, chacun doit donc adopter un comportement qui œuvre pour la sécurité de tous.



Conclusion

A lecture de ce manuel, vous aurez compris que la théorie ne suffit pas. Quel que soit son niveau de départ, le plongeur qui s'essaye à la plongée profonde ne peut revendiquer la connaissance de cette discipline en quelques immersions. Un apprentissage progressif, avec des plongeurs expérimentés, combiné à un entraînement régulier est nécessaire pour confirmer les compétences acquises lors de la présentation du brevet de spécialisation de plongée profonde à l'air.

Au delà de sa définition, la plongée profonde peut être résumée comme une plongée:

- qui se prépare et se planifie,
- qui se conjugue régulièrement avec la pratique de la plongée à décompression lourde,
- qui nécessite une maîtrise des techniques de plongée classiques (gestuelle, matériel, ...) et spécifiques (décompression suroxygénée, comportements,...),
- un contrôle de soi permanent (notamment dans la ventilation, ...),
- et une rigueur dans son exécution qui s'acquière en grande partie avec l'expérience mais qui se gère en partie par un comportement responsable.

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



Bibliographie

BENNETT P.B. ELLIOTT D.H., "Physiology and Medicine of Diving", 5th Edition (2003) – Edited by Brubakk A.O. and Neuman T.S. Edition Saunders. ISBN: 0702025712.

BLANCHARD J.-L., "La plongée profonde", **SUBAQUA** n°219 (Revue de la FFESSM), Juillet-Août 2008, pp 43-44, N°ISSN 0990-0845.

BRUN F., BERNABE P., STRAZZERA P., "Le Guide de la plongée Tek", Editions GAP, Collection Sport 2008. ISBN:978-2-7417-0349-5.

Commission de l'Enseignement - Lifras, "Code de communication – Parachute jaune Emergency", Hippocampe n°207 (Revue officielle de la LIFRAS), Mars 2008, pp 8-9.

Commission de l'Enseignement - Lifras, "Cours Plongeur 3 et 4* CMAS", Juin 2004.

Commission de l'Enseignement - Lifras, groupe REVOD, "Réforme et évolution de la décompression", Octobre 2008, V 5.

CMAS, Confédération Mondiale des Activités Subaquatiques, "Plongée aux mélanges – Standards", version 2002.

FORET A., TORRES P., "Plongée plaisir 3* - Accès aux plongées profondes et à l'autonomie", Editions GAP, Collection Sport 2007. ISBN: 978-2-7417-0345-7.

GAERTNER Y., Dossier technique - "Risque et plongée", synthèse de mémoire d'**Yves Gaertber** pilotée par **Jean-Louis Blanchard**, **SUBAQUA** (Revue de la FFESSM) n°218, pp 66-71, Mai-Juin 2008, première partie, et n°219, pp 66-71, Juillet-Août 2008, deuxième partie. N°ISSN 0990-0845.

GILLIAM B., "Deep Diving – An advanced guide to physiology, procedures and systems", Watersport Publishing Inc, Second Printing, Revised 1995. ISBN: 0 922769 31 1.

IANTD, "Sport Diver Instructor Manual – Deep Diver Program", Section Nine – Unit One : Standards Deep Diver, IANTD/IND Inc, 1999.

JONES G., "Etudes de la modélisation de la décompression de Haldane jusqu'à nos jours", travail personnel présenté dans le cadre de l'examen théorique pour l'obtention du titre de Moniteur National, Janvier 2007.

JORIS M.-I., "Le balisage d'un site de plongée", Hippocampe n°204 (Revue officielle de la LIFRAS), Juin 2007, pp 44-45.

Le ROBERT, Le CD-ROM du Grand Robert de la langue française, version 2.0, 2005, www.lerobert.com.

LIPPMANN J., Dr. MITCHELL S., "Deeper into diving", J.L. Publications, Melbourne, Second Edition October 2005. ISBN: 0 9752290 1 X.

SERVICE PUBLIC FEDERAL, Economie, P.M.E., Classes Moyennes & Energie, Qualité et Sécurité - Division Sécurité, Service Sécurité des Produits, Brochure "Analyse des risques & Gestion des risques - Organisation de divertissements actifs", édition 1.0 2 - version provisoire, Bruxelles, <http://mineco.fgov.be>

US Department of the Navy, "U.S. Navy Diving Manual", Rev. 5 & 6. Naval Sea Systems Command.. Washington: Naval Sea Systems Command; 2005 & 2008.

VETTIER J., "Nitrox trimix : Matériel - Logiciels - Fabrication des mélanges", Editions Ulmer (15 janvier 2004). ISBN: 2841382184

WIENKE B.R., "Deep Stops", NAUI Technical Diving Operations, Tampa, Florida

Webographie

VERDIER C., <http://www.sagascuba.com/francais/articles/tek/> ; S.A.G.A. articles divers sur la plongée

CRASSON P., <http://www.diving4xs.com> ; portail pédagogique reprenant diverses fiches de préparation aux différents niveaux de brevet