

CRFI 2017/003 : Planifier sa plongée

Préambule : Le récit et les recommandations qui en découlent ont pour objectif unique la prévention des accidents ; il ne s'agit nullement de déterminer des fautes ou des responsabilités.

Récit du déclarant :

J'ai 35 ans, je suis Guide de palanquée depuis juillet 2016 et je totalise 240 plongées.

Mon binôme a 22ans et c'est un jeune N3 (courant 2016) avec moins de 80 plongées.

La mer est agitée et il y a un fort courant. C'est la première et unique plongée de la journée.

Hormis, le courant la plongée s'est déroulée sans encombre. Arrivés au mouillage avec 14min de palier à 3m, on y croise d'autres plongeurs du club.

Avec mon binôme on échange nos pressions, elles sont quasiment identiques, un rapide calcul me fait penser que l'on a assez d'air pour faire le palier. Quelques minutes plus tard, je redemande la pression de mon binôme et surprise il y a plus de 20 bars d'écart. Un autre calcul me fait penser qu'entre nos deux blocs, nous n'aurons pas assez d'air. Je sors le parachute et l'agite violemment (consigne donné par le DP à proximité du bateau).

Au bout de quelques minutes, toujours pas de bloc de secours. Une personne d'une autre palanquée ayant fini ses paliers monte sur le bateau et enfin le bloc de secours arrive.

On lâche le mouillage pour attraper le bloc et avoir de l'air. Un rapide coup d'œil à mon ordinateur me fait remarquer qu'on est au-dessus de 3m et qu'on continue à monter. Je fais signe au binôme de lâcher le bloc pour retourner à 3m puis au mouillage à contre-courant. Il m'était difficile de revenir au mouillage et impossible pour mon binôme. Heureusement, un moniteur d'une autre palanquée est venu l'aider. On a fini nos paliers sur les blocs des autres moniteurs présents au palier.

Remontant tremblant sur le bateau, la personne qui était en sécurité surface nous indique qu'elle avait bien compris notre détresse. Lors de la mise sous pression du bloc de secours il y avait une fuite. Cette fuite venait du premier étage où un des bouchons MP était manquant. La solution pour nous envoyer de l'air a été trouvée par le plongeur qui est remonté (je ne me souviens plus de ce qu'il a fait sur le bateau).

Avec le recul, je réalise la nécessité :

- D'une bonne condition physique ;
- de plus discuter avec le binôme de sa forme physique ;
- de réduire les paramètres de plongée par mauvais temps ;
- de vérifier le bon fonctionnement du matériel de secours ;
- d'accrocher le bloc de secours à un pare-battage plutôt qu'au bateau.

La meilleure solution aurait pu être de respirer sur les blocs des plongeurs qui nous entouraient.

On a eu de la chance.

Analyse et recommandations :

L'analyse du profil de plongée en annexe 1 montre :

- Une température de l'eau variant entre 14 et 16°C ;
- Une profondeur maximale de 39,2m atteinte au bout de 18min et marquant le début de la remontée ;
- Une remontée lente de 39m à 15m en 10min suivie 2min plus tard de la remontée finale vers les paliers effectués à 5m ;
- Une interruption des 14 min de paliers obligatoires au bout de 11min ;
- Une reprise des paliers après une redescende vers 10m pour 6 min ;
- Une sortie de l'eau 55min après le début d'immersion ;
- La pression dans le bloc du GP est de :
 - o 224 bars en début de plongée,
 - o 135 bars 18min après le début d'immersion (début remontée lente),
 - o 80 bars 32min après le début d'immersion (début des paliers),
 - o 58 bars à l'interruption des paliers,
 - o 46 bars à la reprise des paliers avec absence de consommation pendant 3min30s,
 - o 35 bars en fin de plongée
- Une consommation moyenne de 4,5bars/min en début de plongée.

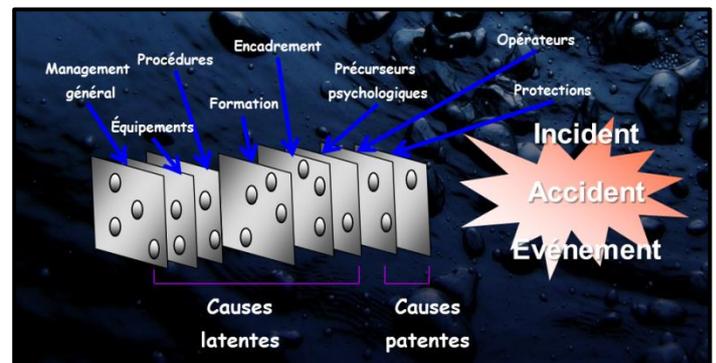
L'autre plongeur avec au minimum 20 bars d'écart est ressorti avec une bouteille vide ou presque.

L'événement relaté est un exemple typique de la mécanique d'un accident selon le modèle de James Reason¹.

Nous établissons dans le cadre de la pratique de notre activité des plaques de protection pour éviter l'accident ; ces plaques sont :

- la formation
- l'entraînement
- la réglementation
- les procédures
- les équipements ...

Un incident se produit lorsqu'une ou plusieurs plaques se révèlent défaillantes.



Un accident se produit dès lors qu'aucune plaque n'est à même de nous protéger de l'événement redouté.

Dans le cas qui nous occupe, l'accident était proche car la dernière plaque de protection qui a permis d'éviter l'accident était en place par chance ; c'est bien la présence des autres plongeurs qui permet in fine à la palanquée de ne pas tomber en panne d'air.

Les plaques de protection défaillantes ont été sur cet événement :

- Une planification mise en défaut par une absence de prise en compte de facteurs externes (condition physique, expérience du plongeur, température de l'eau, courant, houle ...) ;
- Un bloc de secours défaillant avec une absence de vérification de son bon fonctionnement avant l'immersion des plongeurs² ;

¹ James Reason est un expert anglais en facteurs humains spécialisé dans le management de la sécurité des systèmes complexes

- Une mise en place inadaptée du bloc de secours dans les conditions du jour rendant son utilisation impossible.

Recommandation n°1 : La planification de la plongée doit tenir compte des facteurs externes tels que la condition physique, l'expérience des plongeurs, la température de l'eau, la présence de courant ou de houle ... Une majoration dans la consommation en air doit être alors appliquée.

Recommandation n°2 : Le bloc de secours doit être préparé (gréage, fixation) et vérifié avant l'immersion des plongeurs.

L'analyse du CRFI 2016-008 « Une bouteille de sécurité en difficulté » précise les autres recommandations que l'on peut appliquer dans le cadre de la mise en place d'un bloc de secours. Notamment, la mise en place sur demande au moyen d'une bouée permet au bateau de rester manœuvrable si nécessaire et permet d'éviter en cas de courant fort que les plongeurs accrochés au pendeur ne se retrouvent à une profondeur inférieure à celle requise par les paliers.

Ce CRFI est l'occasion également de faire un point sur la planification en plongée et son suivi en temps réel afin d'éviter de se retrouver avec une quantité de gaz ne permettant pas de terminer la plongée.

Une panne d'air peut avoir des conséquences dramatiques, de la remontée panique à la rupture des paliers, et donc générer un accident grave.

Comme indiqué dans l'analyse du CRFI 2015-001, les six causes les plus fréquentes d'une panne d'air sont probablement :

1. Mauvaise (ou absence de) planification de la plongée : l'autonomie en air ne permet pas de réaliser les paliers obtenus
2. Absence de réserve de sécurité : C'est justement lorsque l'on en aura besoin !
3. Mauvaise gestion de la plongée : Ne pas sous-estimer la complexité de la gestion d'une palanquée aux moyens de désaturation hétérogènes
4. Défaut de surveillance dans le cadre d'une palanquée encadrée
5. Ouverture partielle de la bouteille en surface : Le débit peut être insuffisant à partir d'une certaine profondeur
6. Incident matériel



² L'absence d'un bouchon MP sur le détendeur du bloc de secours était dû à un « emprunt » non restitué lors d'une plongée précédente sur le détendeur du club qui allait être retenu le jour de l'incident pour équiper le bloc de secours.

Disposer d'une quantité suffisante de gaz pour réaliser en sécurité la plongée nécessite de planifier sa plongée et donc :

- d'estimer quelle sera la quantité et éventuellement la nature des gaz nécessaires à la réalisation de la plongée en fonction des paramètres retenus (profondeur, temps de plongée, durée totale de remontée ...)
- de définir le ou les critères qui doivent mettre fin à la plongée et débiter la remontée tout en disposant de suffisamment de gaz
- de déterminer quels sont les facteurs du jour pouvant affecter la consommation (condition physique, température de l'eau, courant ...)
- de déterminer une réserve de gaz permettant de pallier à un événement inattendu (fuite, surconsommation, non-respect de la planification, erreur de navigation ...)
- de partager ces informations au sein de la palanquée

Il faut donc savoir comment planifier sa plongée (paramètres de plongée, pression de décollage/DTR³) pour remonter avec une marge de sécurité suffisante même en cas de perte d'une partie du gaz⁴.

Un exemple d'une méthode de planification établie par un MF1, Laurent Bardassier, **avec son suivi en temps réel par un calcul mental simple** nous est donné sur le lien suivant :

<https://drive.google.com/open?id=0B2QgE3QM4MCHa3VDazdySWU0Mmc>

En résumé :

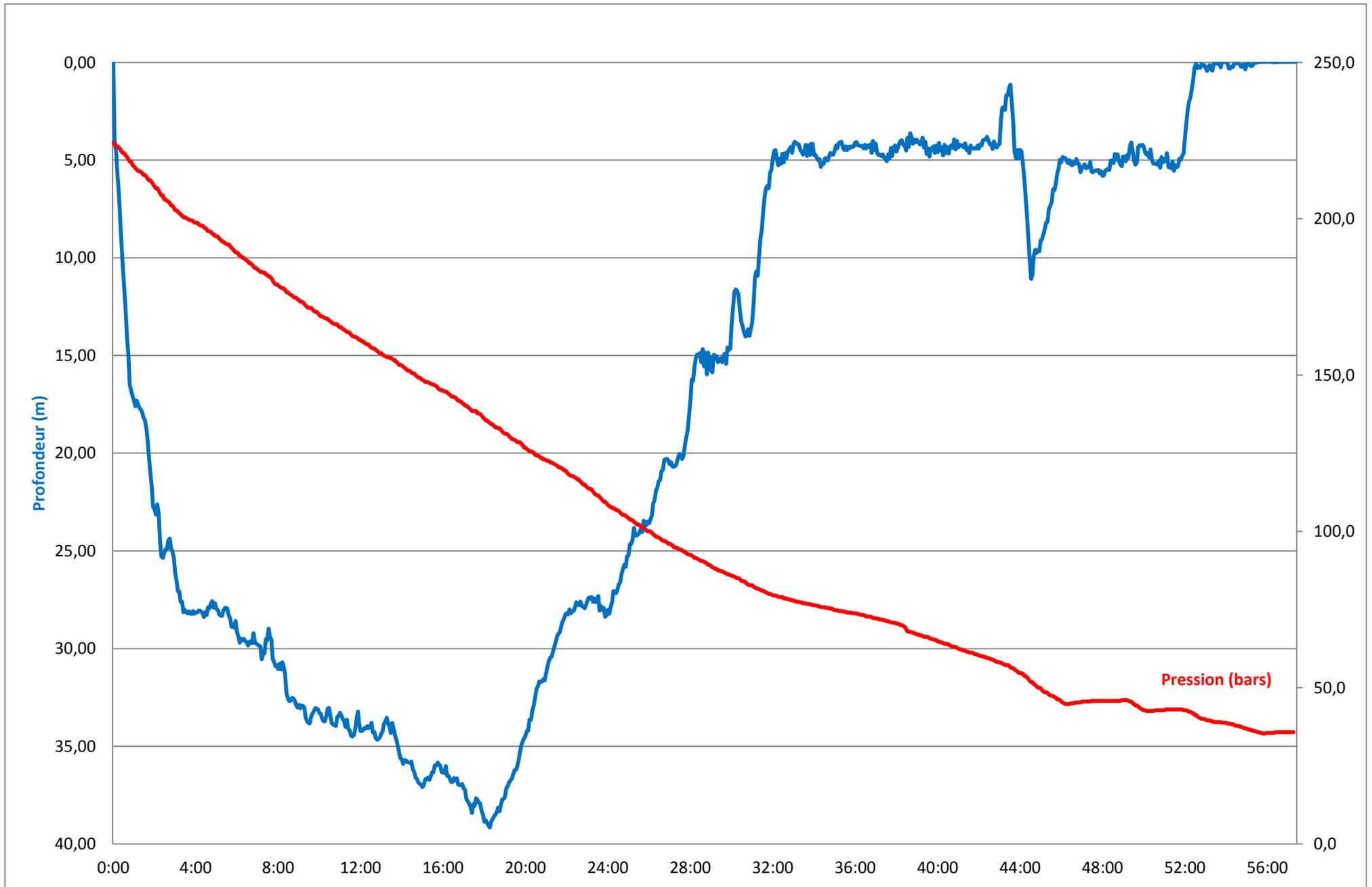
- **La palanquée choisit et fixe ses paramètres de plongée en fonction des conditions du jour dans le respect des consignes du Directeur de Plongée ;**
- **Les paramètres sont la profondeur maximale d'évolution, la DTR et la pression de décollage ; ces deux derniers paramètres sont les critères de fin de plongée.**
- **Le choix de la durée maximale des paliers détermine la DTR ;**
- **La pression de décollage correspond à la pression de gaz nécessaire pour assurer la remontée et la fin de la plongée avec une réserve de sécurité ;**
- **La pression de décollage peut se déterminer par un calcul mental simple (calcul approché majorant) qui vaut pour un plongeur consommant 20l/min en surface :**
 - **3bars/min de DTR pour un plongeur utilisant un bloc de 15l**
 - **4bars/min de DTR pour un plongeur utilisant un bloc de 12l**
- **La pression nécessaire à l'accomplissement des paliers peut se déterminer par un calcul mental simple qui vaut pour un plongeur utilisant un bloc de 15l et consommant 20l/min en surface 2bars/min de paliers à 5m.**

Bien évidemment, la quantité d'air contenu dans le bloc de secours ne doit pas être comptabilisée dans les calculs d'autonomie de la palanquée.

³ Durée Totale de Remontée

⁴ Voir dans l'analyse du CRFI 2016-007 la partie traitant des conséquences des différentes fuites possibles

Annexe 1 : Profil de la plongée du Guide de Palanquée avec pression du bloc



Lessons in Gas Management

Running out of breathing gas is the most significant trigger in diver deaths.

DIVER NO. 1

A 37-year-old male diver with approximately 30 lifetime dives was doing his first night dive. It was also his first cold-water and first drysuit dive. He was healthy and not taking any medications. The diver descended



to 95 feet, breathing air and using a dive computer. He had some difficulty beginning his descent due to his failure to adjust his weight to compensate for the increased buoyancy of the drysuit. After some time at the bottom he checked his air gauges and found he had less than 300 psi remaining. He signaled to his buddy he was terminating the dive and began to ascend. Because of inexperience, the ascent was not fully controlled, and the diver reported feeling "close to panic." After surfacing, he waited for his buddy, and they swam back

to shore. The diver never experienced symptoms, but he contacted DAN[®] the next day to discuss the events and inquire if he was still in any danger.

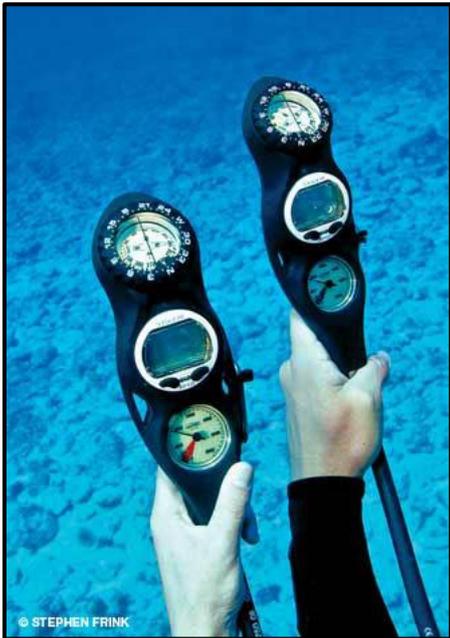
DIVER NO. 2

A 72-year-old male with hundreds of lifetime dives, including several technical dives, was participating in a series of wreck dives with three buddies. He was not known to have any medical conditions or to be taking any medications; he was reportedly in good general health. The first dive was an uneventful wreck dive to 112 feet for 28 minutes. The second dive was planned as a shallower dive, and the diver's three buddies descended ahead of him. His body was later found floating on the surface a half mile away from the initial descent area. One witness reported the decedent's snorkel was in his mouth when his body was recovered. His weight belt was not in place, and his tank was empty. Circumstances indicated he made a buoyant emergency ascent. His computer recorded a nine-minute dive to 29 feet. Apparently, each of the four divers used a single tank (per diver) to make both dives. The autopsy findings were consistent with drowning.



DIVER NO. 3

The diver was a 24-year-old female with approximately 100 lifetime dives. She reported a history of regular exercise and good general health, and she denied taking any medications. Her dives were warm-water ocean dives hunting lobster. The first dive was along a reef structure at a maximum depth of 73 feet, and some time passed before she located her prey. Trying to capture one lobster required a short chase and



raised her respiratory rate. The diver checked her gauge only when she became aware of increased breathing resistance. It displayed "0." She admitted to panicking and swimming rapidly toward the surface. She failed to jettison her weights or inflate her BCD, which she would have to have done orally because of her empty cylinder. Other divers saw her struggling to keep her head above water and remove the regulator from her mouth. They helped her return to the dive boat, where she had difficulty breathing and coughed up pink, frothy sputum. Crew members provided oxygen and returned to shore, where emergency medical service personnel were waiting. She was transported to the hospital and diagnosed with seawater aspiration. She developed pneumonia and was hospitalized for two weeks, after which she was discharged with no residual problems.

DISCUSSION

To many people who drive a car every day, running out of fuel may seem improbable, but according to AAA it is a daily occurrence. Likewise, ineffective breathing-gas management while diving is a recurrent problem. During peak season, DAN Medicine speaks with at least two divers every week who have concerns about having made a "rapid ascent" after finding themselves low on or out of breathing gas. Although the incidence of fatal injuries is very low, about 41 percent of dive fatalities involve insufficient breathing gas as the trigger that led to other harmful events and, ultimately, the death of the diver. Drowning is the leading cause of death in these situations. The reasons behind bad gas management are numerous and varied. The first diver in this case study introduced new environmental factors (a night dive in cold water) and new equipment (a drysuit), and he failed to make adjustments for any of it. As a result, poor buoyancy control, unfamiliar equipment and stressful dive conditions increased his air consumption and reduced the volume in his tank faster than usual. He had an adequate gas supply to make a safe ascent, but his inexperience left him unable to control his ascent rate.

The second diver started his second dive with a practically empty tank, which was either an oversight or a bad decision. He followed his training in making a buoyant emergency ascent, though he clearly ignored it in failing to ensure he had an adequate gas supply at the start of the dive. The third diver was involved in vigorous and distracting activities. These increased her respirations and sped up the depletion of her gas supply, which she did not monitor carefully. She failed to follow her training by not releasing her weights to increase her buoyancy at the surface

Exertion, stress, anxiety and environmental factors can all increase respiratory rate. Activities like lobster hunting or spearfishing may consume gas supplies five to 10 times faster than usual. Wearing too much or

too little weight can cause divers to work harder, increasing gas consumption. Regardless of factors, however, divers should monitor gas supply frequently and consistently.

CONCLUSION

When planning a dive, incorporate a breathing-gas limit in the plan. For example, a buddy pair might agree to head back to the exit point when the first diver has used a third or half of his breathing gas (not counting the reserve to be left in the cylinder at the end of the dive). Maintaining buddy contact can make a life or death difference. Safe diving practices and sharpening skills such as buoyancy control reduce the risk of a breathing-gas emergency but do not eliminate it completely.

Proper responses to breathing-gas emergencies rely on experience and skill recall. Establishing and practicing responses are essential; confidence in being able to use an alternate air source provided by a buddy can lead to a much better outcome. Through planning and practice, effective breathing-gas management can become second nature and reduce the likelihood of a diving emergency.

En savoir plus sur la gestion de l'autonomie en air

La panne d'air est le facteur le plus important dans les décès des plongeurs.

PLONGEUR N°1

Un plongeur masculin de 37 ans avec une expérience d'environ 30 plongées d'expérience faisait sa première plongée de nuit. C'était aussi sa première plongée en eau froide et la première en combinaison



étanche. Il était en bonne santé et ne prenait aucun médicament. Le plongeur est descendu à 29m, respirant de l'air et utilisant un ordinateur de plongée. Il a eu de la difficulté à commencer sa descente en raison de son incapacité à ajuster son poids pour compenser l'augmentation de la flottabilité du vêtement étanche. Après un certain temps au fond, il a vérifié son manomètre et a constaté qu'il avait moins de 20 bars restants. Il a signalé à son équipier qu'il mettait fin à la plongée et a commencé à remonter. En raison de

l'inexpérience, la remontée n'a pas été entièrement contrôlée, et le plongeur a déclaré se sentir «proche de la panique». Après avoir fait surface, il a attendu son équipier, et ils sont revenus au rivage. Le plongeur n'a jamais développé de symptômes, mais il a contacté DAN® le lendemain pour discuter des événements et se renseigner pour savoir s'il courrait un danger.

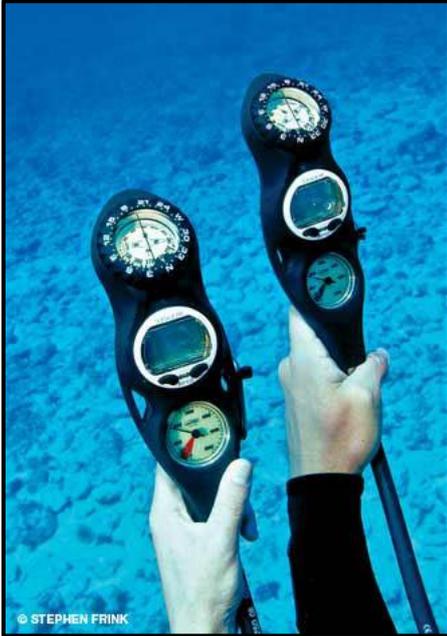
PLONGEUR N°2

Un homme de 72 ans avec des centaines de plongées d'expérience, y compris plusieurs plongées techniques, participait à une série de plongées sous-marines sur épaves avec trois équipiers. Il n'était pas connu pour avoir des problèmes médicaux ou pour prendre des médicaments; Il était apparemment en bonne santé générale. La première plongée sur épave s'est déroulée sans incident à 34m pendant 28 minutes. La deuxième plongée a été planifiée comme une plongée peu profonde, et les trois équipiers sont descendus devant lui. Son corps a ensuite été trouvé flottant à la surface à un demi-mille de la zone de descente initiale. Un témoin a signalé que le tuba du défunt était dans sa bouche quand son corps a été récupéré. Sa ceinture de plombs n'était pas en place, et son réservoir était vide. Les circonstances indiquent qu'il a effectué une remontée d'urgence à l'aide du gilet stabilisateur. Son ordinateur a enregistré une plongée de neuf minutes à 9m. Apparemment, les quatre plongeurs ont utilisé une seule bouteille (par plongeur) pour faire les deux plongées. Les résultats de l'autopsie ont confirmé une noyade.



PLONGEUR N°3

Le plongeuse était une femme de 24 ans avec environ 100 plongées d'expérience. Elle a témoigné d'une condition physique entretenue avec une bonne santé générale, et elle a indiqué l'absence de prise de médicaments. Elle plongeait en mer chaude pour chasser du homard. La première plongée était le long d'un récif à une profondeur maximale de 22m, et un certain temps s'est écoulé avant de localiser sa proie. Essayer de capturer un homard a nécessité une courte chasse et a augmenté sa consommation en air. La



plongeuse n'a vérifié son manomètre que lorsqu'elle a pris conscience de la résistance respiratoire accrue, il affichait alors "0." Elle a admis avoir paniqué et nagé rapidement vers la surface. Elle n'a pas réussi à larguer son lestage ou à gonfler son gilet stabilisateur, ce qu'elle aurait dû faire à la bouche du fait de sa bouteille vide. D'autres plongeurs l'ont vu lutter pour garder sa tête au-dessus de l'eau et retirer le détendeur de sa bouche. Ils l'ont aidée à revenir au bateau de plongée, où elle a eu de la difficulté à respirer et a toussé avec des expectorations rosâtres. Les membres de l'équipage ont fourni de l'oxygène et sont retournés au rivage, où des services médicaux d'urgence attendaient. Elle a été transportée à l'hôpital et il a été diagnostiqué une inhalation d'eau de mer. Elle a développé une pneumonie et a été hospitalisée pendant deux semaines avant de récupérer sans séquelles

DISCUSSION

Pour beaucoup de gens qui conduisent une voiture tous les jours, le manque de carburant peut sembler improbable, mais selon l'Association Automobile Américaine, c'est une occurrence quotidienne. De même, la mauvaise gestion de l'autonomie en air lors de la plongée est un problème récurrent. Au cours de la haute saison, DAN est en relation avec au moins deux plongeurs chaque semaine qui s'inquiètent d'avoir fait une remontée rapide après s'être retrouvés à court ou presque de gaz respiratoires. Bien que l'incidence des blessures mortelles soit très faible, environ 41 pour cent des décès liés à la plongée impliquent une quantité d'air insuffisante en tant que déclencheur qui a mené à d'autres événements néfastes et, finalement, à la mort du plongeur. La noyade est la principale cause de décès dans ces situations.

Les raisons de la mauvaise gestion de l'autonomie en air sont nombreuses et variées. Le premier plongeur dans cette étude de cas a introduit de nouveaux facteurs environnementaux (une plongée nocturne en eau froide) et de nouveaux équipements (une combinaison étanche) dans sa pratique, et il n'a pas réussi à s'adapter. En conséquence, un mauvais contrôle de la flottabilité, un équipement inconnu et des conditions de plongée stressantes ont augmenté sa consommation d'air et réduit son autonomie plus rapidement que d'habitude. Il avait une quantité d'air suffisante pour réaliser une remontée en sécurité, mais son inexpérience l'a rendu incapable de contrôler sa vitesse de remontée.

Le deuxième plongeur a commencé sa deuxième plongée avec une bouteille pratiquement vide, résultat soit un oubli, soit d'une mauvaise décision. Son entraînement lui a permis de réaliser une remontée d'urgence, mais ne l'a pas empêché de débiter la plongée avec une quantité insuffisante de gaz.

Le troisième plongeur a participé à des activités dynamiques et distrayantes. Cela a augmenté sa ventilation et a accéléré l'épuisement de son stock d'air, qu'elle n'a pas surveillé attentivement. Elle n'a pas appliqué un principe de base de sa formation en ne libérant pas son lestage pour augmenter sa flottabilité à la surface.

L'effort, le stress, l'anxiété et les facteurs environnementaux peuvent tous augmenter la consommation en air. Des activités comme la chasse au homard ou la pêche sous-marine peuvent augmenter la consommation en gaz cinq à dix fois plus vite que d'habitude. Le fait de porter trop ou trop peu de lestage peut amener les plongeurs à faire plus d'effort, ce qui augmente la consommation de gaz.

Dans tous les cas, les plongeurs devraient surveiller fréquemment et attentivement leur autonomie en air.

CONCLUSION

Lors de la planification d'une plongée, fixez une limite de gaz respiratoire dans la planification de votre plongée. Par exemple, une palanquée pourrait accepter de revenir au point de sortie lorsque le premier plongeur a utilisé un tiers ou la moitié de son gaz respiratoire (sans compter la réserve à laisser dans la bouteille à la fin de la plongée). La surveillance mutuelle entre équipiers peut augmenter significativement la sécurité. Les pratiques de plongée sûres et les compétences fines telles que le contrôle de la flottabilité réduisent le risque d'une urgence liée à la panne d'air, mais ne l'éliminent pas complètement.

Les réponses appropriées aux situations critiques liées à l'autonomie en air reposent sur l'expérience et le maintien des compétences. Etablir ces réponses et s'y entraîner est essentiel; savoir que l'on est à même de demander et d'utiliser une source d'air alternative fournie par un équipier peut être salvateur.

Grâce à la planification et à la pratique, une gestion de l'autonomie en air efficace peut devenir une seconde nature et réduire la probabilité d'une urgence en plongée.