

## CRFI 2017/002 : Squeeze

*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 :

Événement apparu lors d'une plongée souterraine planifiée entre amis. Le plongeur qui a rencontré le problème est âgé de 28 ans et spéléologue depuis près de 18 ans (il est initiateur Spéléologue). Il est en très bonne condition physique et expérimenté en plongée (Dive Master PADI, formation et certification vêtement étanche, Classe 2B, trimix, plongées sidemount en double recycleurs). Le plongeur est accompagné d'un autre plongeur en circuit ouvert configuration sidemount 2\*S80 d'air + une S40 d'oxygène déposée à 6m (Classe 2B aussi, trimix, formé sur recycleur Megalodon et full cave diver). Les plongeurs se connaissent très bien et plongent ensemble régulièrement entre autres pour divers projets de travail subaquatique et souterrain depuis plus de 5 ans. Objectif de la plongée : découverte du site jusqu'à 40m de profondeur dans une galerie noyée sur environ 200m de distance.

L'équipement du plongeur est un équipement utilisé auparavant sans aucun changement et dans des conditions bien plus engagées (en double recycleur ou avec scooter sous-marin et sur plus de 500m de pénétration). Le plongeur a avec lui deux bouteilles en alu S80 pour une configuration sidemount pleines d'air + un recycleur ventral Triton, une combinaison étanche Typhon en toile avec sous combinaisons type lycra + Weezle extreme (eau à 11°C) en plus de tout le matériel spécifique à la plongée souterraine usuel.

Lors de l'équipement tout est ok, vérification de l'ensemble du matériel, RAS, début de l'immersion. Pour cela le gros de l'air contenu dans le volume de la combinaison a été purgé. Injection douce d'air à la descente à l'habitude, l'injection semble arriver, faible comme à l'habitude sans crainte compte tenu de la descente et de la forte épaisseur des vêtements. Elle n'est pas entendue suite à la remontée bruyante des bulles le long du plafond dégagées par les premiers plongeurs en cours de décompression. Signe ok avec l'un d'eux et avancée dans la galerie. A -20m sensation d'être bloqué, difficulté à ventiler, essoufflement en cours avec cage thoracique comprimée comme de la viande sous vide. Tentative d'injection mais dans le silence maintenant, il réalise que rien ne vient. Arrêt à -25m. Vérification que le Direct System (DS) est bien en place sur l'inflateur : oui. Manipulation du robinet droit sur lequel est connectée la combinaison pour s'assurer que le robinet est bien ouvert : oui. Peut-être un 1er étage hors service? Aucun souci à ce niveau le second étage fuse très bien. Avec difficulté il dit par geste à son camarade devant que ça ne va pas et qui l'a vu manipuler ses robinets. Il lui demande en parlant dans la boucle du recycleur de regarder ce qu'il se passe car il est squeezé. Rien à faire tout semble ok aussi pour le second plongeur. Il est impossible aux plongeurs de déconnecter le DS qui semble bloqué pour utiliser celui de la wing à la place. Le plongeur est

pourtant équipé de gants néoprènes coupés en mitaines aux index et pouces. Après une minute, le plongeur décide calmement (en ayant surveillé sa ppO2 constamment malgré les efforts au fond) de remonter pour diminuer cette force qui l'opprime avec la possibilité de régler le problème plus haut tout en disant au second de poursuivre sa plongée (logique solo en plongée souterraine). Le retour se fera sans encombre malgré une combinaison jamais très confortable. Respiration d'O2 pur dès 6m dans le recycleur (3min entre 6 et 3m malgré l'absence de palier) et en surface dans la vasque par précaution. Après déséquipement du recycleur la déconnexion du DS a pris entre une et deux minutes. L'injection refonctionne en reconnectant mais que partiellement. Fin définitive de la plongée, le plongeur ayant pour habitude de ne jamais initier ou poursuivre une plongée lorsqu'il a le moindre doute et ayant pour dicton « le site ne s'en ira pas ».

Le déportage du matériel dans la galerie et le long de la rivière jusqu'aux voitures se fera sans encombre. Le plongeur en sera quitte pour des belles marques cutanées sur le haut du corps (thorax et membres supérieurs). Les photos fournies sont prises 8h après l'événement.



#### **Informations complémentaires :**

- le DS et la combinaison ont été achetés neufs 6 mois auparavant seulement
- les procédures de préparation et vérification ont toutes été respectées avant et pendant l'immersion.

Sur ce coup je ne vois malheureusement rien à changer dans ce que j'ai pu faire.

Je pense que ce qui est à retenir c'est que malgré la plus grande vigilance, tous les contrôles, la redondance aussi, on est à l'abri de rien. Mais qu'en restant calme, en ayant les bonnes réponses on évite une catastrophe et donc un surincident voir un accident.

Ca me conforte juste dans ma méthode en plongée.

Le squeeze en plus des problèmes vasculaires éventuels m'a surpris en provoquant une réelle difficulté respiratoire. Sans vouloir me vanter j'ai une grosse condition physique et j'ai été pas bien. Pour de nombreux autres plongeurs moins en forme comme on sait qu'il y en a je crois que ça peut être très problématique même en mer : une panique peut survenir, surconsommation en circuit

ouvert ou bien hypercapnie en circuit fermé (j'ai oublié de mentionner dans mon rapport initial que j'ai fait quelques lunettes<sup>1</sup> pour éviter cela).

**Neptune :** Lorsque tu as senti un début de squeeze, tu n'as pas arrêté la descente concentré sur le DS, c'est cela? Le temps de remonter et les effets du squeeze étaient là ou tu étais tellement atteint que tu n'as pas pensé ou pas pu remonter de suite?

**Déclarant :** Non je me suis stabilisé quand je l'ai senti au départ je me suis senti un peu serré donc j'ai poursuivi en cherchant à injecter. Quand c'était pénible j'ai stoppé.

J'ai cherché à régler le souci en voulant injecter de l'air au fond, comme j'ai pas réussi je me suis dit de remonter pour voir si je peux pas régler le problème en étant plus à l'aise car je comptais redescendre si le souci avait été réglé mais comme cela n'a pas été le cas je suis sorti.

Les marques je les ai vues en me changeant uniquement. Rien de très douloureux sinon hors de l'eau.

**Neptune :** Sauf que au fond la sensation de malaise était beaucoup plus intense qu'une simple compression, notamment du point de vue ventilatoire?

**Déclarant :** Oui c'est pour cela que je me suis arrêté au fond je me sentais bloqué, je devais forcer pour être en mouvement.

---

<sup>1</sup> expirer par le nez pour changer en partie le gaz du recycleur

## Analyse et recommandations :

Le phénomène de squeeze sur un vêtement étanche est un phénomène lié à l'augmentation de pression lors de la descente analogue au placage de masque.

Pour éviter au plongeur de subir l'écrasement du vêtement lors de l'augmentation de la pression (qui induit donc une diminution du volume), la pression de l'air à l'intérieur du vêtement doit être égale à la pression ambiante.

Ainsi, le plongeur doit dès les premiers mètres injecter de l'air sous pression dans le vêtement étanche à l'aide de l'inflateur.

Si l'injection d'air dans le vêtement est inexistante ou insuffisante alors la pression de l'air à l'intérieur du vêtement est inférieure et la différence de pression engendre un effet de succion sur les tissus cutanés pouvant provoquer dans les cas extrêmes jusqu'à la rupture de vaisseaux sanguins et conduire à des hématomes.

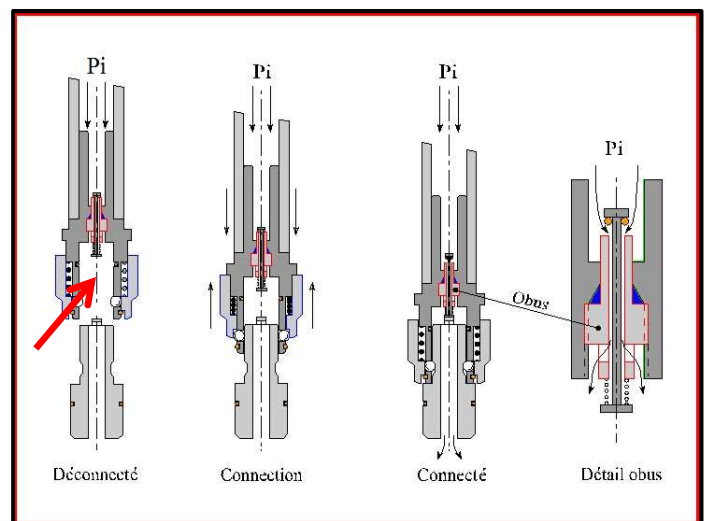
Si la différence de pression est importante, cela peut comprimer très fortement le plongeur au point de provoquer des difficultés à se mouvoir voire à des gênes respiratoires.

A l'époque des scaphandriers avec casque lourd, en cas de rupture de l'alimentation en air sous pression, le vêtement se comprimait au point de refouler le plongeur dans le casque provoquant à minima la rupture des clavicules et assez souvent la rupture des cervicales entraînant la mort.

Dans le cas qui nous occupe, l'origine du problème semble être mécanique et lié à un colmatage de l'entrée de l'inflateur de la combinaison étanche suite à la présence de glaise, sable, ou d'un autre corps étranger dans la connectique du Direct System.

Le Schéma ci-contre (extrait du site [hlbmato.free.fr](http://hlbmato.free.fr) de Henri Le Bris) détaille le fonctionnement d'un Direct System comprenant une valve Schrader ou obus (que l'on retrouve sur les pneus de VTT ou de voiture).

Le corps étranger se serait logé au niveau de la flèche rouge.



**Recommandation n°1 :** Il convient de vérifier avant plongée l'absence de corps étrangers à l'intérieur du Direct System notamment lors des plongées du bord afin d'éviter un colmatage possible de l'inflateur du Gilet ou comme ici de la combinaison étanche.

La vérification après connexion d'un débit correct au niveau de l'inflateur doit être systématique.

Si la plongée n'avait pu être interrompue et la remontée amorcée (cas de la sortie d'une galerie noyée avec descente obligatoire à une profondeur plus importante), on peut évoquer la possibilité de faire rentrer de l'air avec un des deuxièmes étages par les manchons voire au pire d'équilibrer les pressions en faisant rentrer de l'eau.

Dans le cas présent, outre la difficulté d'effectuer ce geste en étant compressé, le risque de déchirer un manchon et aussi de faire entrer de l'eau froide ne devait pas être pris et la décision d'interrompre la plongée et de remonter était la bonne.

De plus la compression ayant déjà eu lieu, cela n'aurait pas empêché l'apparition des marques, peut-être qu'avec le froid leurs surfaces auraient été limitées mais cela reste à prouver.

**Recommandation n°2 :** Lors de la descente, ne pas attendre une compression importante du vêtement étanche pour injecter de l'air.

En cas de dysfonctionnement constaté de l'inflateur de la combinaison étanche, il faut interrompre immédiatement la descente et mettre fin à la plongée si le problème n'est pas résolu.

**Recommandation n°3 :** En cas d'impossibilité de remonter immédiatement, il faut absolument équilibrer les pressions en tentant par exemple d'injecter de l'air par un manchon avec un second étage.

En conclusion, aucune faute ou erreur ne semble avoir été commise par le plongeur. Le Direct System et l'inflateur du vêtement étanche doivent être à minima nettoyés puis vérifiés avant réutilisation.

A titre indicatif, le plongeur a décidé de tout simplement changer le Direct System (valeur 20 euros seulement) sans prendre d'autre risque compte tenu du profil de ses plongées car l'inflateur était parfaitement fonctionnel.

L'incident est plus spectaculaire qu'autre chose mais aurait pu être bien plus grave sans une bonne gestion des événements.

Il est à noter pour les lecteurs que cela peut arriver malgré les précautions prises et notamment les procédures de vérification du matériel avant plongée.

En annexe, vous trouverez le récit d'un accident mortel conséquence d'un squeeze de combinaison étanche alors que des vérifications élémentaires n'avaient pas été réalisées.

Il est à souhaiter que ce partage d'expérience aidera à éviter une panique ou tout autre accident si un jour un autre plongeur est exposé à ce phénomène la plupart du temps bénin mais qui peut vite dégénérer.

## ANNEXE :

### **A forgotten drysuit hose vacuum-packed a rebreather diver**

*From DAN Annual Diving Report 2016 edition*

An experienced open and closed circuit diver with hundreds of hours underwater in many different types of diving conditions boarded the boat with five other experienced divers. His dive partner also was using a rebreather, but the two had planned to separate once in the water. The diver told his partner he did not want to spend much time at the surface before he descended, so the only equipment check conducted was a quick bubble check on the initial descent.

After the bubble check, both divers continued to descend but on their own. The dive partner said he last saw the diver below him at 90 to 100 fsw (27-30 msw). He said this occurred at the beginning of the dive. The dive partner said it appeared the diver was lying on the bottom and looking at something. The dive partner stated he had no idea the diver was probably already unconscious on the bottom.

None of the other divers that entered after the first diver saw him during any portion of the dive. When the diver did not surface as planned, the group became worried and began sending divers to look for him. The captain of the boat also notified the US Coast Guard and lifeguard divers were dispatched to assist in the search. After a six hour search, the diver was located at a depth of 92 fsw (28 msw) at the same location he had descended. The diver was brought to the surface and pronounced dead.

The lifeguards that found the diver said he was lying on his back with the rebreather mouthpiece not in his mouth. The mouthpiece was also closed. They also noted the diver did not have a low-pressure hose connected to the drysuit inflation valve or the BCD inflation valve. They said the diver appeared vacuum-packed in the drysuit.

The diver's bailout regulator was no longer attached to his BCD harness, and it appeared he had removed the regulator to use it. The regulator, however, had an inline on/off valve that was still in the off position. The investigation revealed that the diver placed the on/off valve above the second stage to prevent the second stage from free flowing. When tested, the on/off valve was very hard to open, especially with gloves on. The diver had plenty of bailout gas left in his cylinder, but none of the gas appeared to have been used.

Equipment testing revealed the diver was using 27 pounds of added weight on his rebreather rig. This was in addition to the negative buoyancy created by his bailout system and underwater camera equipment. The examination and testing of the rebreather showed the unit worked as intended, but did not provide direct answers as to why the diver went off his working rebreather loop and closed the loop mouthpiece. This decision could have been made because the volume of gas contained in the loop felt insufficient, the diver had some other equipment issue (tight drysuit), or had some type of medical emergency.

Once closed however, the diver would have quickly needed an alternate air source to survive underwater. The diver had two choices: The regulator attached to his bailout bottle and the regulator attached to his BCD. The problem was that no low-pressure hose was attached to the BCD regulator and the on/off valve on his bailout regulator was hard to open.

The autopsy showed the diver had water in both his lungs and stomach consistent with drowning. If the diver took a breath from either regulator during the emergency, the diver would have inhaled only cold saltwater. When combined with the added weight and no way of adding air to his BCD or drysuit, the diver sank directly to the bottom and drowned.

## **Squeeze mortel d'un plongeur recycleur**

*Extrait de l'édition 2016 du rapport annuel des incidents de plongée de DAN (Dive Alert Network)*

Un plongeur expérimenté en plongée circuit ouvert et fermé avec des centaines d'heures sous l'eau dans de nombreux types ou conditions de plongée différentes est monté à bord du bateau avec cinq autres plongeurs expérimentés. Son équipier utilisait aussi un recycleur, mais les deux avaient prévu de se séparer une fois sous l'eau. Le plongeur a annoncé à son équipier qu'il ne voulait pas passer beaucoup de temps en surface avant qu'il ne descende ; alors l'unique vérification de l'équipement menée a été un rapide « Bubble check » lors de la descente initiale.

Après cette vérification, les deux plongeurs ont poursuivi la descente mais chacun de son côté. L'équipier a indiqué que la dernière fois qu'il avait vu son collègue, c'était au début de la plongée il était au-dessous de lui à 27-30m. Il a indiqué que le plongeur était couché sur le fond et semblait regarder quelque chose. L'équipier a déclaré qu'il n'avait pas imaginé que le plongeur était probablement déjà inconscient sur le fond.

Aucun des autres plongeurs qui se sont immergés après le premier plongeur ne l'a vu lors de la plongée. Lorsque le plongeur n'est pas remonté à la surface comme prévu, le groupe est devenu inquiet et a commencé à envoyer des plongeurs à sa recherche. Le capitaine du bateau a également informé les garde-côtes américains et des plongeurs sauveteurs ont été dépêchés sur place pour aider à la recherche. Après une recherche de six heures, le plongeur a été repéré à une profondeur de 28 m à l'endroit où il était descendu. Le plongeur a été remonté à la surface et déclaré mort.

Les sauveteurs qui ont trouvé le plongeur ont déclaré qu'il était allongé sur le dos avec l'embout du recycleur hors de sa bouche, valve fermée. Ils ont également souligné que les inflateurs de la combinaison étanche et du gilet stabilisateur n'étaient pas connectés. Ils ont indiqué que le plongeur semblait emballé sous vide dans sa combinaison étanche.

Le détendeur du bloc de secours du plongeur n'était plus attaché à son harnais de gilet, et il est apparu qu'il avait enlevé ce détendeur pour l'utiliser ; le détendeur avait une vanne de coupure qui était encore en position d'arrêt. L'enquête a révélé que le plongeur avait positionné cette vanne en amont du second étage sur arrêt pour l'empêcher de fuir. Lors d'un essai, cette vanne a été très difficile à ouvrir, surtout avec des gants. Le bloc de secours du plongeur était pratiquement plein, et ne semblait pas avoir été utilisé.

Des analyses ont révélé que le plongeur avait 13 kg de lest sur son recycleur en plus de la flottabilité négative créée par son bloc de secours et son appareil photo. L'examen et l'essai du recycleur ont montré que l'appareil fonctionnait mais n'a pas permis de savoir pourquoi le plongeur a quitté une boucle de recycleur fonctionnelle et fermé la boucle. Cette décision aurait pu être prise parce que le volume de gaz contenu dans la boucle a été jugé insuffisant, le plongeur ayant un autre problème matériel comme une combinaison étanche trop serrée ou un problème médical.

Une fois fermée cependant, le plongeur aurait dû rapidement se saisir d'une source d'air alternative pour survivre sous l'eau. Le plongeur avait deux choix : le détendeur de son bloc de secours ou le détendeur de son gilet. Le problème était qu'aucun tuyau moyenne pression n'était fixé à son gilet et la vanne du détendeur du bloc de secours était difficile à ouvrir. Si le plongeur avait pris une inspiration sur un des deux détendeurs, il aurait inhalé seulement de l'eau froide et salée.

L'autopsie a révélé que le plongeur avait de l'eau dans ses poumons et son estomac confirmant de fait la noyade. Avec un surlestage et aucune possibilité d'ajouter de l'air à son gilet stabilisateur ou à sa combinaison étanche, le plongeur a coulé inexorablement vers le fond et s'est noyé.