

Cristaux invisibles et dysfonctionnements du détendeur

Un dysfonctionnement de l'équipement de plongée en scaphandre est un facteur relativement rare dans les accidents de plongée. Cela dit, les dysfonctionnements les plus courants et les plus graves concernent les détendeurs et les inflateurs de gilet de stabilisation.¹ Un compte-rendu récemment envoyé à DAN évoque un cas non pas surprenant, mais plutôt inhabituel, de dysfonctionnement d'un détendeur.

Le plongeur impliqué dans l'incident a très bien géré la situation et personne n'a été blessé, mais un plongeur débutant ou nerveux pourrait ne pas avoir eu autant de chance. Le plus étrange est que, malgré la présence d'air dans la bouteille, le débit ait ralenti jusqu'à s'interrompre comme si la bouteille était vide. Un examen plus minutieux de l'équipement a conduit à une découverte intrigante : une quantité importante de substance jaune cristallisée bloquait l'intérieur de la soupape du second étage du détendeur. Cette substance semblait venir des parois internes du tuyau flexible, qui avait été utilisé depuis quelques années sans toutefois présenter d'anomalie ni de signe de détérioration.



En essayant de résoudre ce mystère, nous avons constaté qu'il ne s'agissait pas d'un cas isolé. Le même problème avait été décrit dans un blog de plongée technique², et par des fabricants de flexibles et des centres d'entretien de matériel dans des régions très fréquentées par les plongeurs. Cette découverte, malgré l'absence de blessés, nous a poussés à réaliser une enquête plus vaste, à niveau mondial.

Nous avons notamment questionné l'un des plus importants fabricants de flexibles, qui nous a donné un conseil intéressant : les flexibles ne durent pas toute une vie ; les flexibles tressés, en particulier, doivent être remplacés tous les cinq ans, voire plus souvent s'ils présentent une abrasion manifeste ou s'ils ont subi une exposition prolongée au soleil tropical. Par ailleurs, certains flexibles peuvent être vendus sous un nom de marque réputé alors qu'ils ne sont en fait qu'une imitation.

Un plongeur passionné, ingénieur spécialisé au sein d'une entreprise privée aux États-Unis, a proposé de réaliser un test approfondi sur des flexibles tressés basse pression destinés à la plongée. Il a soumis une série de flexibles à un vieillissement accéléré et a obtenu le résultat préliminaire suivant : les flexibles dont le revêtement interne était constitué d'une couche de polyuréthane thermoplastique à base de *polyester* (TPU base polyester) se détérioraient pendant les tests. Ce résultat est en ligne avec les comptes-rendus recueillis par DAN concernant une défaillance de flexible. Les flexibles contenant une couche de polyuréthane thermoplastique à base de *polyéther* (TPU base polyéther), quant à eux, ne se sont pas détériorés.

Un fabricant européen connu de flexibles tressés, qui a toujours utilisé du TPU base polyéther, exige depuis 2008 à son fournisseur de matériaux que les revêtements au TPU base polyéther de ses flexibles soient certifiés.



Quelle est la cause de la dégradation de ces revêtements de tuyaux flexibles ?

La substance qui se dégrade, d'une couleur jaune cristalline, est plus molle qu'elle n'en a l'air et, au toucher, ressemble plutôt à la cire. La réaction qui cause sa dégradation est en fait l'hydrolyse, qui, comme le nom l'implique, requiert la présence d'eau. Une température élevée favorise en outre une dégradation accélérée, ou hydrolyse, du TPU base polyester. Des cycles répétés de réchauffement et de refroidissement du revêtement du flexible entraînent cette forme de cristallisation des matériaux, soit en raison de leur inadéquation à une telle utilisation, soit parce qu'elles sont soumises à certaines substances chimiques ou bactéries. Le soleil chauffe le flexible,

puis l'écoulement du gaz respiratoire entraîne un refroidissement de sa surface interne. Ce processus se répète à chaque plongée, et les « cristaux » s'accumulent au fil du temps. Ces cristaux finissent par être entraînés par le gaz et par migrer vers le deuxième étage du détendeur, où ils provoquent un dysfonctionnement significatif de l'embout respiratoire.



Il est difficile de prévoir le temps qu'il faut au revêtement en TPU base polyester pour se dégrader, mais selon les informations disponibles, il semblerait que les flexibles exposés à une température de 30° et à une humidité élevée pourraient se dégrader plus rapidement.

Les fabricants de matériel de plongée ont été informés de ce phénomène et ont réalisé des enquêtes approfondies auprès de leurs fournisseurs actuels. Ils ont également adopté des mesures permettant une meilleure vérification et assurance qualité des matériaux utilisés.

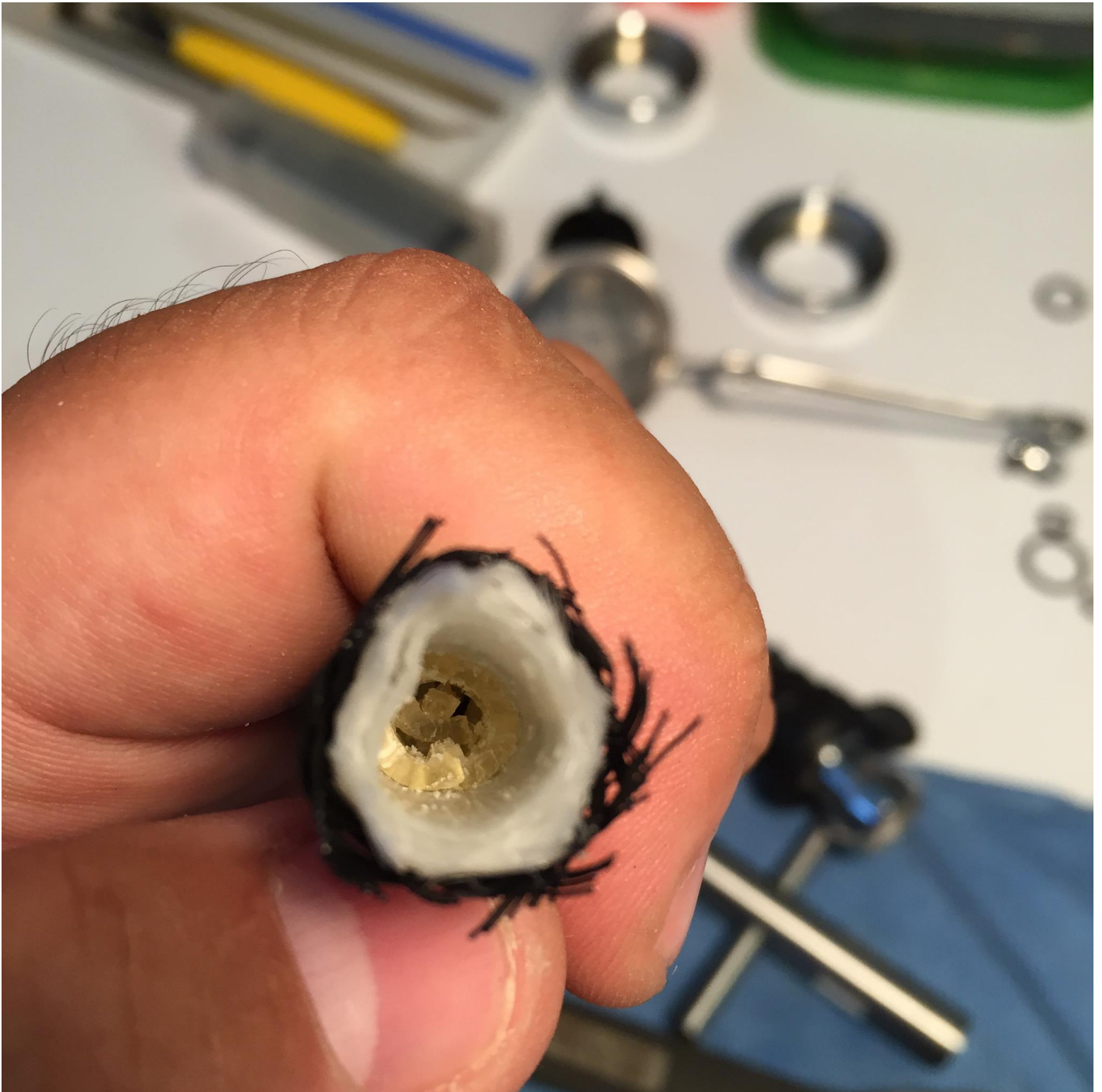
Les recommandations standard en termes de sécurité des flexibles de détendeur prévoient une inspection régulière de ces derniers afin de détecter tout signe de détérioration externe. La désintégration ou l'abrasion du revêtement extérieur en caoutchouc prédispose les flexibles à la rupture lors de la mise sous pression ou de leur simple utilisation. Un tel risque de rupture est relativement élevé pour les tuyaux en caoutchouc, ce qui a mené à la mise au point de tuyaux en polymère tressés. Mais c'est justement là que repose le problème : l'extérieur des tuyaux tressés peut sembler normal, souple et ne présenter aucun signe de dégradation, alors que la surface interne pourrait être détériorée. Ceci n'est donc pas détecté lors d'une inspection externe de routine.



Que recommande DAN à ce sujet ?

Il nous semble important de fournir les conseils suivants aux plongeurs :

- Tous les tuyaux flexibles de détendeur, y compris les flexibles tressés, ont une vie utile limitée, quelle que soit leur apparence externe ou le renforcement et la protection procurés par des protecteurs de flexible ou par le tressage. Les flexibles endommagés que nous avons examinés avaient plus de cinq ans.
- Lors de l'achat d'un flexible, il convient de déterminer la composition de son revêtement interne : il doit être de TPU base polyéther, et non de TPU base polyester. En cas de doute, n'achetez pas le flexible. Procurez-vous vos flexibles et autres équipements dont dépendent votre vie auprès de fabricants réputés qui indiquent clairement le type de matériel utilisé pour le revêtement.
- Si vous remarquez un signe quel qu'il soit de réduction du débit de gaz, en particulier lorsque vous utilisez un flexible récemment acheté, arrêtez immédiatement de l'utiliser. Vérifiez de près le détendeur et le flexible. Si le détendeur n'est pas la cause de la réduction du débit, soupçonnez le flexible.
- Examinez les flexibles physiquement en les pinçant tous les 1 ou 2 cm afin de déterminer si leur souplesse est identique sur toute la longueur. Toute différence de résistance observée lors des pincements indique un problème potentiel. Ce test est beaucoup plus facile à réaliser avec les flexibles tressés qu'avec ceux en caoutchouc, plus durs.



Nous demandons à tous les plongeurs ayant observé une telle détérioration interne de leurs flexibles d'en informer DAN par courrier électronique à l'adresse communications@daneurope.org, en fournissant si possible des photos montrant l'état du flexible. Cela nous permettra de rassembler un maximum d'informations afin d'en apprendre davantage sur ce phénomène. Nous partagerons toute nouvelle découverte ainsi que les mesures de précautions nécessaires et tout autre conseil utile avec la communauté de plongeurs.

Références

1. Vann R, Lang M. Recreational diving fatalities. Undersea Hyperb Med 2011; 38(4): 257-60.
2. Davis A. [Nylon-braided regulator hose diving emergency](#). Scuba Tech Philippines. July 22, 2015. Consulté le 7 décembre 2016.