

CRFI 2016/006 : Panne d'air inattendue

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 :

Homme 44 ans - MF1 - 800 plongées

Problème de panne d'air dû à un bloc 15l alu contenant beaucoup d'eau pour une raison inconnue. Malgré le tube plongeur en bon état la quantité d'eau et les déchets sont venus obstruer le filtre de mon détendeur sûrement quand j'avais la tête en bas.

Comme souvent à l'étranger, je disposais d'un seul premier étage, un détendeur Aqualung legend en bon état.

Il s'est avéré qu'avec le système ACD¹ le filtre d'entrée est très compact et se colmate vite.

Au final vers 50 bars une panne d'air franche a eu lieu ; heureusement avec un bon réflexe j'ai pu aller vers un binôme et je m'en sors bien (un N1 du groupe moins expérimenté a eu le même problème et a fait une remontée panique).

A noter que dans ces cas d'obstruction du filtre, la HP est instable et le problème peut être anticipé car l'aiguille du manomètre fait le yoyo à l'inspiration à partir de 100bar environ (vu à la plongée suivante avant de démonter le bloc).

Les leçons que j'en tire sont :

- Enseigner qu'un manomètre instable est un signe avant-coureur à surveiller qui peut indiquer une obstruction du 1er étage avec risque de panne d'air ;
- éviter les causes pouvant mener à avoir de l'eau dans les blocs : gonflage de parachutes de travaux sous-marins directement avec le bloc jusqu'à le vider par exemple mais je n'ai pas pu connaître la raison de la présence d'eau dans le bloc.

¹ NDLR : Auto Closure Device

Analyse et recommandations :

Toute présence d'eau dans une bouteille de plongée est anormale et doit être évitée.

En petite quantité, elle entrainera une corrosion de l'intérieur de la bouteille ; l'inspection visuelle annuelle, obligatoire que le bloc soit sous le régime général ou sous le régime dérogatoire du TIV, permet de détecter toute trace de corrosion interne.

En plus grande quantité, elle pourra passer dans le détendeur et perturber son fonctionnement voire le rendre inutilisable.

Toute robinetterie CE possède un tube plongeur dont le rôle est d'éviter le passage d'un « fond de bouteille » de la bouteille vers le détendeur notamment lorsque la bouteille a la tête de robinetterie en bas.



Recommandation n°1 : Eviter les entrées d'eau et surtout d'eau de mer dans votre bouteille de plongée.

Pour cela, voici quelques précautions :

- Ne gonflez jamais un sac de relevage à robinetterie nue (sans détendeur)
- Ne laissez jamais une bouteille vide, robinet ouvert et réserve baissée, exposée aux embruns, aux vagues, ou baigner dans l'eau du fond du bateau.
- Conservez, si possible, une pression d'air résiduelle dans la bouteille, afin d'évacuer l'eau qui aura pénétré par l'orifice de la robinetterie jusqu'à la chambre de réserve (si la bouteille a été entièrement vidée en plongée, laissez le détendeur en place jusqu'à ce qu'elle se trouve à l'abri).
- Ne videz jamais rapidement une bouteille afin d'éviter le givrage de la robinetterie et une condensation importante à l'intérieur de la bouteille.
- Faites fuser l'air avant de raccorder la bouteille à la rampe de chargement.
- Purger fréquemment les décanteurs de filtres afin d'évacuer les condensats d'huile et d'eau et d'autant plus en bord de mer où le degré hygrométrique est généralement élevé.
- Chargez la bouteille lentement afin d'éviter un échauffement intempestif.

La pratique qui consiste par exemple à vider un bloc dans un bac d'eau pour éviter un bruit gênant est à bannir en raison du risque d'entrée d'eau si la bouteille se vide complètement. Cette pratique est pourtant fréquemment observée dans le cas de bouteille Nitrox que l'on va chercher à vider à l'issue de la plongée pour passer de l'air au Nitrox ou inversement.

En annexe 1, quelques conseils sont présentés sur l'entretien de votre bouteille de plongée.

En annexe 2, des éléments complémentaires sont apportés sur le rôle du compresseur dans la réduction de présence d'eau dans les bouteilles de plongée.

Lors de plongées à l'étranger, plusieurs facteurs peuvent se cumuler :

- l'hygrométrie élevée de l'air peut conduire à une corrosion plus importante des blocs de plongée ;
- L'entretien correct des blocs de plongée laisse parfois à désirer ;
- Les blocs sont souvent équipés d'une seule sortie ; la détérioration du premier étage conduit donc directement à une panne d'air.

Recommandation n°2 : Lors de plongée avec une bouteille mise à disposition et notamment lors de plongée à l'étranger, il convient d'être particulièrement vigilant et de contrôler l'état du bloc.

Tous les détendeurs sont équipés, à l'entrée, d'un filtre dont le but est de retenir les poussières ou particules qui pourraient venir de la bouteille et peuvent s'introduire dans le mécanisme du premier ou du deuxième étage et même remonter jusqu'au manomètre immergeable. Elles peuvent bloquer le mécanisme, détériorer les sièges ou les clapets.

Ces filtres sont souvent réalisés en bronze fritté. C'est à dire qu'ils sont constitués de petites billes de bronze soudées entre elles. Les chicane ainsi constituées laissent passer l'air mais retiennent les poussières d'une certaine dimension. On les trouve aussi de plus en plus fréquemment réalisés en céramique poreuse.

Ils constituent un obstacle au passage de l'air et c'est pourquoi, la tendance actuelle est d'en augmenter la surface et de leur donner une forme tronconique de façon à limiter le colmatage et permettre un plus grand débit d'air tout en augmentant leur durée de vie.

Néanmoins ils s'oxydent et se colmatent à la longue et doivent donc être changés régulièrement de façon à ne pas réduire les performances des détendeurs. En cas de colmatage important, ils risquent d'exploser et d'envoyer une multitude de billes dans le mécanisme du détendeur. On peut regretter que sur plusieurs détendeurs récents on ne puisse les vérifier sans démontage.



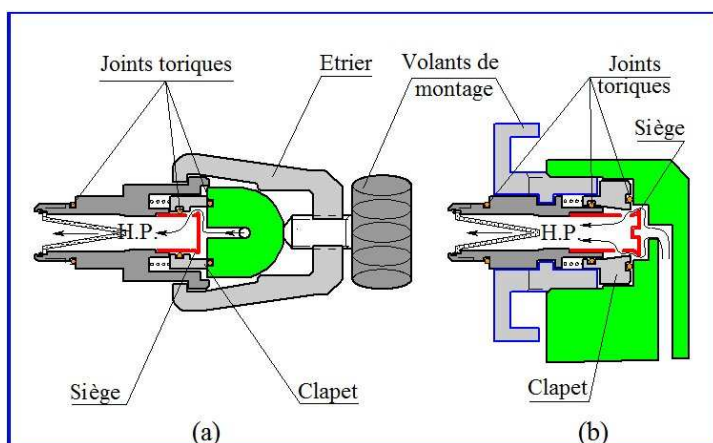
Recommandation n°3 : Les détendeurs doivent être régulièrement entretenus. On doit notamment régulièrement vérifier l'état du filtre d'entrée (absence de dépôt, absence de corrosion, fixation correcte).

Lors du rinçage du matériel à l'eau douce, un détendeur ne doit pas être immergé sans un bouchon de protection étanche (à moins qu'il ne soit équipé du système ACD).

Il est important de ne pas appuyer sur le bouton de surpression du 2ème étage lorsque le détendeur est dans l'eau ; n'étant pas sous pression, de l'eau pourrait rentrer dans le tuyau MP. Ensuite, il convient de le ranger dans un endroit sec et propre suspendu par le premier étage en enlevant le bouchon (sauf détendeur nitrox).

Le système ACD est constitué par un clapet qui est repoussé mécaniquement lorsqu'on monte le détendeur sur sa robinetterie. Il n'y a donc pas de perte de pression mais le système est plus sophistiqué.

Ce système n'empêche pas l'eau qui serait restée dans la sortie de la robinetterie de pénétrer dans le détendeur. Il reste donc indispensable de purger cette robinetterie avant d'y monter le détendeur.



Le filtre d'un détendeur avec système ACD est parfois plus petit qu'un filtre « classique » (ce n'est toutefois pas la dernière tendance), mais n'est pas réellement plus sensible à un colmatage surtout suite à une ingestion d'eau.



Enfin un dernier point concerne, l'enseignement tiré par le plongeur sur le battement de l'aiguille du manomètre lorsque le débit est insuffisant.

C'est le cas lorsque le filtre est obstrué ou aussi lorsque le bloc de plongée n'est pas ouvert complètement.

Recommandation n°4 : Avant de se mettre à l'eau, il peut être pertinent d'annoncer « Bouteille ouverte XXX bars » en inspirant à quelques reprises dans les deux détendeurs tout en vérifiant l'absence de battements de l'aiguille du manomètre.

Cela vous permettra non seulement de connaître les quantités de gaz disponibles pour l'ensemble de votre palanquée et de vous assurer une dernière fois que votre bloc et ceux de vos équipiers sont ouverts.

Annexe 1 : Entretien et précaution d'utilisation des bouteilles

Extrait de « Réflexion sur le matériel de plongée » - Mémoire Instructeur Régional (Ile de France / Picardie)
de Dominique Romand – Juillet 2011

Dans l'utilisation courante de la bouteille, on n'ouvrira pas trop brutalement le robinet de conservation afin d'éviter un "coup de bélier" dans le détendeur. Ce même robinet ne sera jamais serré trop fort afin de préserver le joint. N'oubliez pas non plus que, si une bouteille chute sur sa robinetterie sans l'insert, celle-ci peut être endommagée définitivement. Je ne serais trop vous conseiller de remettre l'opercule.



Comment maintenir votre bouteille en bon état (d'après une documentation Constructeur)

Pour ce faire, il est bon que vous sachiez comment elle peut se dégrader : La corrosion est l'ennemi numéro un de votre bouteille, elle en raccourcit la durée de vie et peut la rendre dangereuse. Il convient de tout mettre en œuvre pour :

- en retarder l'apparition
- la détecter et l'éliminer
- écarter à temps une bouteille rendue dangereuse

1) La manipuler avec soin

- Evitez les chocs qui peuvent écailler la peinture, voire même entamer le métal plus ou moins profondément.
- Une protection satisfaisante peut être réalisée par exemple, à l'aide d'un filet en nylon. Il présente l'avantage de ne pas conserver l'humidité. - Ne laissez pas une bouteille en plein soleil ou dans un véhicule surchauffé.

2) Entretien courant



- Rincez-la quotidiennement à l'eau douce sans oublier le fond, en particulier l'espace entre l'embase de robinet et la bouteille.
- L'embase support en PVC est munie d'un trou dans lequel vous pouvez présenter l'embout d'un jet ; cela permet d'éliminer l'eau de mer, d'évacuer le sable et ainsi d'éviter l'abrasion de la peinture et une corrosion hâtive.
- Retouchez au plus tôt les zones de peinture écaillées par chocs ou abrasion.

3) Stockage

Si vous ne devez pas utiliser votre bouteille pendant de nombreux mois, il est judicieux de profiter de cette pause pour faire effectuer les opérations indiquées ci-dessus. Si toutefois cela ne vous était pas possible, stockez la bouteille debout et conservez une faible pression résiduelle à l'intérieur afin d'évacuer poussières et condensation qui auront éventuellement pénétré par l'orifice de la robinetterie.

Attention : Il peut être dangereux de respirer l'air d'une bouteille qui est restée chargée de nombreux mois.

NB: A chaque fois que vous suspectez, soit la présence d'eau, d'huile, de rouille ou de poussière de charbon actif provenant du filtre du compresseur, présentez sans tarder votre bouteille à un T.I.V ou agent spécialisé.

4) Purgez vos robinetteries

Lorsque vous laissez vos bouteilles dans de mauvaises conditions, la robinetterie peut se remplir d'eau. La quantité moyenne que celle-ci peut contenir est d'environ 0,3 cm³.

Si vous ne purgez pas cette robinetterie avant le gonflage, cette eau se retrouve dans la bouteille. Que devient-elle ?

Considérons un compresseur qui fournit de l'air parfaitement sec à une bouteille de 10 litres.

La table de Regnault nous dit qu'à 30°C un volume de 1m³ (1000 litres) peut contenir 30 gr de vapeur d'eau sans condenser. Donc les 10 litres de notre bouteille peuvent contenir 0,3 gr de vapeur d'eau.

Au premier gonflage, si l'on n'a pas purgé la robinetterie, 0,3 cm³ (0,3 gr) d'eau se retrouveront à l'intérieur et se vaporiseront.

Au 2^{ième} gonflage il reste par, exemple, 1/5 de l'air qui avait été accumulé dans la bouteille donc 1/5 de la vapeur soit 0,06 gr.

Si l'on commet la même erreur, on aura 0,36 gr d'eau dans les 10 litres et les 0,06 gr condenseront. **Et ainsi de suite...**

5) Ne gonflez pas votre bouteille trop rapidement

Un gonflage trop rapide de votre bouteille est inutile car non seulement il y aura une perte de pression importante lors du refroidissement mais cela peut nuire lorsque c'est pratiqué de façon répétée au vieillissement de la bouteille.

On considère généralement qu'il est raisonnable de ne pas dépasser **50 bars par minute.**

Annexe 2 : Et le compresseur dans tout cela ?

Extrait du site personnel de Henri Le Bris (Instructeur National n°87 FFESSM) : hlbmatos.free.fr

Un compresseur produit de l'eau, de l'huile, des particules et des oxydes métalliques, ainsi que de la calamine. C'est ce qu'on appelle la pollution endogène. (Intérieure au compresseur)

Mais, il peut aussi prélever dans l'atmosphère de l'eau, sous forme de vapeur ou de brouillard, des poussières ainsi que des gaz toxiques tels que CO, CO₂ ou autres.

a) Élimination de l'eau, des brindilles et insectes

C'est le rôle de la prise d'air qui est le premier élément de la chaîne. Elle doit être placée dans un endroit exempt de polluants industriels. Elle comporte généralement un col de cygne pour éviter de collecter les eaux de pluie et une grille pour éviter les grosses brindilles, les insectes etc.

b) Élimination des condensâts

Nous avons vu que la présence de liquide dans les compresseurs présentait de nombreux inconvénients. C'est pourquoi les fabricants apportent un soin particulier à son élimination. La plus grosse partie des condensât est éliminée à l'aide de bouteilles de décantation qu'on appelle aussi décanteurs ou séparateurs.

Ils fonctionnent par coalescence. C'est un phénomène physique où la différence de température et l'attraction mutuelle regroupent les aérosols en gouttelettes plus grosses.

L'air chargé de vapeurs d'huile ou d'eau est projeté sur une paroi froide. Ces vapeurs s'y condensent et tombent ensuite, par gravitation, à la base du filtre où elles sont éliminées par des purges régulières.

A la sortie du 1er étage, il n'est pas toujours nécessaire d'éliminer les condensâts car les conditions de condensation de la vapeur d'eau ne sont pas réunies². Par contre, cela est indispensable à la suite de chacun des étages suivants.

c) Purges manuelles

La purge doit impérativement être effectuée, à titre indicatif, pendant 5 secondes toutes les 20 minutes et à chaque arrêt du compresseur. (Pour éviter les démarrages en charge) Les purgeurs manuels doivent être ouverts lentement pour éviter une trop brusque détente de l'air.

Ils peuvent être refermés sans précautions particulières, lorsque le compresseur est purgé en cours de fonctionnement ou, lorsqu'il s'agit d'un démarrage, dès que le moteur a atteint son régime normal.

Tout ceci impose des contraintes et peut faire craindre des oublis ou des fausses manœuvres.

Suivant les recommandations de la norme EN1012-1 : 96, paragraphe B1.4. Les purges manuelles doivent être effectuées dans l'ordre des pressions décroissantes. Sinon des dégâts peuvent se produire.

d) Purges automatiques

Elles permettent surtout de pallier les oublis qui peuvent être dangereux pour le matériel et donc de réduire la surveillance. Il est préférable de prévoir ce système dès l'achat d'un compresseur, car la modification coûte plus cher qu'un investissement initial.

La fréquence et la durée des purges sont commandées automatiquement. Il existe plusieurs systèmes pour réaliser cette fonction, par exemple avec des électrovannes ou par des flotteurs lorsque la pression de refoulement ne dépasse pas 16 bars.

² NDLR : Sauf dans les zones tropicales ou en bord de mer où l'hygrométrie de l'air est plus élevée.

Pour les pressions supérieures, chaque décanteur est relié à une vanne à commande pneumatique, pilotée par la pression du premier ou du deuxième étage du compresseur ou bien hydraulique, pilotée par la pression d'huile.

e) Sécheur d'air

Nous avons dit que les décanteurs avaient des performances limitées et que ceci nuisait à la qualité du filtrage final. Lorsqu'on veut obtenir des performances encore meilleures, on peut utiliser un sécheur.

Nous savons que le fait de comprimer et de refroidir l'air permet d'éliminer une partie de la vapeur qui y est contenue. Pour ôter une partie encore plus importante de cette vapeur, on peut tout simplement continuer à refroidir l'air.

f) Sécheur à réfrigération

L'objectif est d'abaisser la température au voisinage de 0°C, en général +2 à + 3°C, à la pression la plus élevée possible et d'évacuer la vapeur d'eau condensée.

A cet effet, on utilise un groupe de refroidissement, du type réfrigérateur, avec un échangeur. Après le refroidissement, un décanteur muni d'une purge automatique retient puis évacue la vapeur d'eau condensée.

Ce type de sécheur est utilisable à toutes les pressions en fonction de sa construction. (Tenue mécanique des composants) Il se met souvent à la sortie du compresseur, avant le séparateur final. Il permet de multiplier par 5 la durée des filtres.

Il est cependant peu courant de le voir appliqué à des stations de gonflage destinées à la plongée de loisir. En effet, il coûte au moins 4 fois plus cher en investissement qu'un séchage par adsorption que nous verrons plus loin. Par contre, celui-ci occasionne des frais de fonctionnement plus importants.

g) Filtrage de la vapeur d'eau résiduelle

On a beau presser une éponge, il y reste toujours un peu d'eau. De même, malgré les décanteurs, l'air à la sortie finale en contient toujours un peu.

Pour l'éliminer, on procède par adsorption. C'est la solution la plus courante sur les compresseurs utilisés en plongée de loisir. Elle consiste à faire passer l'air à filtrer à travers une multitude de billes d'un produit dessicatif. (Présentant une grande surface)

Les différents produits sont placés dans une tour cylindrique dans laquelle on fait passer l'air à sécher ou à déshuiler en régime turbulent pour favoriser leur fixation. (Voir figure 13)

Les molécules de contaminant se fixent sur la surface du solide. C'est un phénomène purement physique lié à l'attraction et la rétention de molécules gazeuses et liquides à la surface d'un solide. Il ne faut pas confondre l'adsorption qui est l'adhésion ou la concentration de substances dissoutes ou dispersées à la surface d'un corps avec l'absorption qui est, par exemple, celle de la lumière par l'eau.

Après l'élimination de l'huile on utilise une cartouche d'alumine activée, de gel de silice "Silicagel" ou de tamis moléculaire qui fixent bien la vapeur d'eau. L'air sec ainsi obtenu permet une filtration bien plus efficace des autres polluants.

L'inconvénient des filtres par adsorption est qu'ils se saturent rapidement en eau et ont donc une autonomie relativement faible, de 10 à 150 h suivant le débit des compresseurs et du volume de dessicatif prévu par le constructeur.