

Histoire de la plongée et des scaphandres

■ Paul COURBON

Bien que ne plongeant pas pour des raisons d'incompatibilité physique, ma carrière de spéléologue m'a permis de nombreux contacts avec les plongeurs depuis 1954. Les derniers, à partir de 2013, avec les plongeurs qui, dans le cadre de l'association Cassis la Rivière Mystérieuse, effectuent des plongées extrêmes dans les rivières souterraines géantes de Cassis. J'ai pu ainsi voir les progrès incroyables accomplis dans le domaine de la plongée en soixante ans.

Aussi, c'est avec un double intérêt que j'ai lu les relevés 3D de la grotte Cosquer dans le dernier XYZ. C'est un exemple unique, où une étude scientifique et topographique complexe nécessite de ses acteurs une parfaite adaptation sportive aux techniques très spéciales de la plongée en conduit souterrain. Ce type de plongée est très différent de la plongée en mer où, en cas de problème, on peut remonter directement en surface, alors que sous terre on bute contre un plafond. Les trois plongeurs qui sont morts à Cosquer en 1991, ne le seraient pas s'ils avaient eu un minimum l'habitude des milieux souterrains et en particulier l'usage obligatoire d'un fil d'Ariane pour éviter de s'égarer. Il faut aussi considérer le transport du matériel technique en plongée. À -37 m nous avons une pression de 4 kg/cm², je laisse le lecteur calculer la pression subie par les six faces d'un cube de 40 cm de côté et deviner les problèmes d'étanchéité qui en résultent. Ce caisson doit être d'un poids neutre, c'est-à-dire proche de la densité de la mer pour faciliter son acheminement par les plongeurs. Je pense que l'histoire de la plongée complètera l'article technique sur la grotte Cosquer et que bien qu'éloignée de la topographie, elle intéressera les lecteurs d'XYZ. Je renvoie aussi le lecteur à l'article du XYZ n° 137 de 2013 (p. 33-38), où je décrivais la topographie pratiquée en plongée souterraine et les positionnements en surface par balise magnétique. Cela complètera l'article de Bernard Chazaly, la galerie allant de la mer à la salle des peintures ayant été relevée d'une manière classique, complétée par huit positionnements magnétiques pour caler la salle en surface.

■ MOTS-CLÉS

Casque, pieds lourds, détendeur, scaphandre, masque, palmes, combinaison, narcose, décompression, mélanges, recycleur, scooter.



Figures 1 et 1b. N. Andreini et X. Méniscus sur le barrage de Port Miou avec leur imposant matériel de plongée.

Bien que le rêve de pouvoir plonger sans être limité par sa respiration n'ait pas été aussi fort et générateur de légendes que celui de pouvoir voler, il a longtemps inspiré l'homme. Léonard de Vinci aurait pensé à un

masque avec un tuyau reliant le plongeur à la surface. Mais la pression exercée par l'eau sur le torse du plongeur l'empêchait de respirer un air qui n'était pas sous pression, même à faible profondeur (moins de 2 m).

Fiat Lux ! Les pieds lourds

En fait, il fallut attendre la réalisation de pompes capables de compresser suffisamment l'air (XVIII^e siècle) pour que l'idée des scaphandres puisse prendre



corps et se réaliser de manière fiable. Mais, avant d'y parvenir, plusieurs inventeurs s'étaient essayés sur le problème.

- Le scaphandre le plus extraordinaire de cette époque de tâtonnements est exposé au musée du scaphandre de Sanary-sur-Mer (Var). Il a été conçu par le chevalier de Beauve en 1715. Il est composé d'un casque en cuivre et d'une combinaison en cuir qui était graissée et comportait un système complexe de fermeture. Sur le casque, il y a un tuyau d'arrivée d'air et un autre de départ. L'alimentation se faisait par soufflet. Arrivait-on à créer une pression suffisante ? Il servit dans le port de Brest pour récupérer des objets de valeur tombés des bateaux ou des quais, à moins de 10 m de profondeur (figure 2).

- Mais la première réalisation opérationnelle, manufacturée par un industriel, est due à Charles Dean (1796-1848) et son frère qui réalisent un casque antifumée destiné aux pompiers, pour aboutir à un premier essai de scaphandre en 1833. Ce scaphandre et son casque seront améliorés en 1837 par Augustus Siebe (1788-1872), ingénieur allemand naturalisé britannique. Le "scaphandre pieds lourds" d'Augustus Siebe est le premier à

être entièrement étanche. Le casque se sépare en deux parties dont la jonction et l'étanchéité sont assurées par des boulons, la tête est couverte par la partie appelée "bonnet" et le torse par celle dénommée "pèlerine". Le système d'alimentation en air se fait pour la première fois par le biais d'une pompe. Mais, faute d'un bon système d'expulsion de l'air expiré, ce scaphandre manque d'autonomie et se révèle dangereux.

- En 1855, directement inspiré du modèle précédent, le scaphandre



Figure 3. Le casque de Cabirol est très proche de celui de Siebe. Il a un hublot pour voir en haut, ainsi que les valves de commande d'échappement d'air et de sécurité.

présenté par Joseph-Martin Cabirol (1799-1874) à l'Exposition Universelle de Paris suscite un grand intérêt. Le casque, assez semblable, est doté de quatre hublots et dispose d'un double système de sécurité : l'arrivée d'air étant assurée par un tuyau fixé sur le casque, une soupape permet une régulation manuelle et un tuyau de sécurité dit "sifflet" part de la bouche. Dans le scaphandre de Cabirol, l'air pompé de la surface gonflait la combinaison jusqu'à ce que le scaphandrier croie opportun d'actionner une valve d'échappement d'air située sur son propre casque. Cette valve incluait une soupape de non-retour qui empêchait l'eau environnante de pénétrer à l'intérieur du casque et de la combinaison. L'inventeur organisa des expériences publiques en faisant descendre jusqu'à 40 mètres de profondeur un forçat équipé de son scaphandre. Ce scaphandre connut un grand succès et, jusqu'au milieu du XX^e siècle, c'est ce type de scaphandre qui fut utilisé avec quelques améliorations. Il faut dire que les forçats furent souvent utilisés pour réaliser des travaux au scaphandre, jugés dangereux ! Bien que les profondeurs actuelles ne soient pas atteintes, les troubles de décompression firent un certain nombre de victimes (figure 3, figures 4 et 4b).



Figure 2. Extraordinaire pour l'époque, le scaphandre de Beauve. C'était aussi un pied lourd avec des lests de plomb.



Figure 4 et Figure 4b. Le scaphandrier "pieds-lourds" de Cabirol. Outre les chaussures plombées, on voit un plomb de poitrine, la corde d'assurance et le tuyau amenant l'air envoyé par une pompe à main.

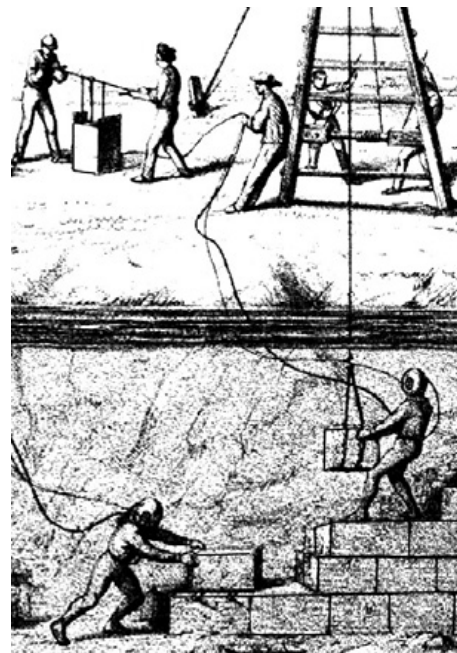




Figure 5. Les chaussures plombées qui ont créé le terme "pieds lourds".

Les scaphandres pieds lourds

Les chaussures demeurent l'un des éléments caractéristiques de l'équipement des scaphandriers à casque. Généralement en cuir, comportant une forte semelle de plomb et pesant de 7 à 8 kg chacune. Elles servent à la fois au lestage et à l'équilibre de l'utilisateur (figure 5).

Pour annuler la flottabilité due à l'important volume d'air contenu dans l'habit (air nécessaire pour équilibrer la pression hydrostatique), le scaphandre ne peut se contenter de ces semelles de plomb. Le port d'un lest supplémentaire s'avère indispensable. Il se compose sur la poitrine et dans le dos, des galettes de plomb pesant environ 18 kg chacune. Souvent, le plomb de poitrine pèse 2 kg de plus que le dorsal afin de faciliter la progression du scaphandrier penché vers l'avant. Accrochés sur les ergots de la pèlerine, les plombs sont reliés entre eux par une sangle ou une corde passant entre les jambes du scaphandrier. L'équipement total d'un scaphandrier peut atteindre 80 kg ! Heureusement diminués par la poussée d'Archimède dès qu'il est en plongée (figure 6).

■ Origine du mot scaphandre

Le mot *scaphandre* (homme barque), composé des mots grecs *skaphe* (barque) et *andros* (homme), fut utilisé pour la première fois en 1775 par l'Abbé de la Chapelle qui avait imaginé un costume réalisé en liège et permettant à des soldats de flotter et de traverser les cours d'eau. On ne sait pourquoi il fut repris pour désigner les plongeurs. En anglais, on dit



Figure 6. Sur terre, avec tout son plomb, le pieds lourds devait avoir de la peine à se déplacer !

diving suit (vêtement de plongée) et en Allemand Taucheranzug (habit de plongeur).

Le scaphandre autonome

- Le scaphandre autonome arriva beaucoup plus tôt que les non spécialistes le pensent. Il est dû à Benoît Rouquayrol et Auguste Denayrouze. En 1860, Benoît Rouquayrol imagina un "régulateur" destiné au sauvetage de mineurs en cas de coup de grisou ou de galeries de mine inondées. Il fut adapté à la plongée avec l'aide d'Auguste Denayrouze en 1864, en s'inspirant d'un brevet de détendeur déposé le 14 novembre 1838 par le docteur Manuel Théodore Guillaume. Rouquayrol et Denayrouze corrigèrent les lacunes de ce détendeur, donnant à leur "appareil plongeur" un minimum de sécurité. Leur appareil plongeur fut homologué par la Marine Impériale Française dès 1864 et remporta la médaille d'or à l'exposition universelle de Paris de 1867. Mais, son autonomie insuffisante (moins d'une demi-heure à 10 mètres de profondeur) limita son utilisation. Les moyens de l'époque ne permettaient pas de comprimer suffisamment l'air des réserves portatives (seulement une trentaine de bars de pression). Nous ne savons

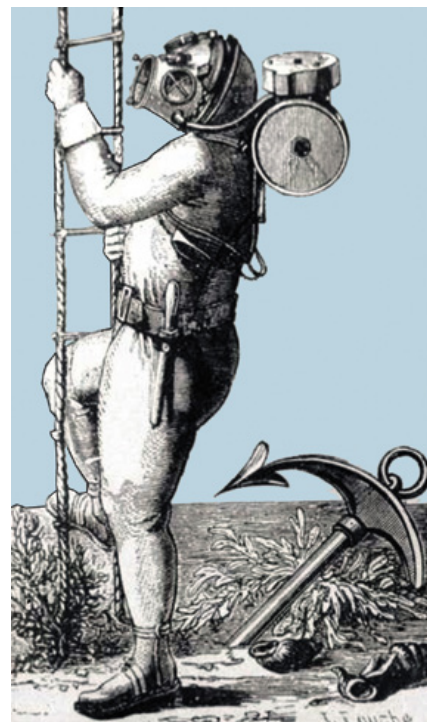


Figure 7. Le scaphandre de Rouquayrol resta d'un usage limité.

pas comment l'appareil permettait de passer de 30 bars à la pression ambiante. Les scaphandriers étaient toujours reliés à la surface par une corde et ils avaient des chaussures de plomb (figure 7).

- En 1915, la firme allemande Dräger mettait en service un équipement beaucoup plus élaboré. Le scaphandrier était rendu autonome par deux bouteilles dorsales, chargées d'oxygène avec une pression de 200 bars. Préfigurant les recycleurs que nous verrons plus loin, un dispositif permettait de refouler l'air vicié dans une cartouche de soude. À la sortie de la cartouche, l'air se rechargeait d'oxygène avec un dosage bien déterminé. Le mélange gazeux était calculé pour travailler à une profondeur maximale de 20 m, nous ne savons pas comment on passait de la pression des bouteilles à la pression ambiante. Le scaphandrier était cependant relié à la surface par une robuste ligne téléphonique pouvant servir de corde d'assurance en cas de problème et il était toujours chaussé de plomb (figure 8).

- En 1925, Le Prieur et Fernex font les premiers essais avec lunettes de plongée, embouchure comme celle de nos tubas et l'air débité en continu d'une



Figure 8. Le scaphandre autonome Dräger de... 1915, il y a un siècle déjà ! Il préfigurait l'arrivée des recycleurs modernes.

bouteille, à la pression que le plongeur règle avec un manodétendeur. Mais bien que de potentiel limité, le scaphandre Le Prieur est adopté en 1935 par la marine française. Il

faut signaler qu'en 1939, les marines italiennes et britanniques avaient déjà des corps de nageurs de combat. Nous ne connaissons pas les détails de leur équipement (figures 9 et 10).



Figure 9. Le Prieur essayant son appareil de plongée en piscine. Il n'y avait pas de détendeur.

Figure 10. À la même époque (1934), admirez les premières palmes de Le Cordieu !

- Il fallut attendre 1943 pour que l'invention du détendeur permette la réalisation des scaphandres autonomes tels que nous les connaissons aujourd'hui, assurant la liberté complète et l'aisance du plongeur. Très indirectement, ce sont les restrictions de la seconde guerre mondiale qui amenèrent la découverte de ce nouveau dispositif.

■ L'arrivée du détendeur

En 1942, Émile Gagnan (ingénieur chez Air Liquide) utilisa un détendeur Rouquayrol-Denayrouze pour faire fonctionner des gazogènes de voiture et il déposa un brevet de détendeur miniaturisé en bakélite. Henri Melchior, son supérieur à Air Liquide, pensant que ce détendeur peut être utile à son beau-fils Jacques-Yves Cousteau (1910-1997) qui faisait des recherches sur le scaphandre autonome, mit les deux hommes en contact.

Le détendeur devait permettre à l'air comprimé de la bouteille de sortir à la pression ambiante correspondant à la profondeur. De plus, le débit se faisait à la demande, c'est-à-dire uniquement quand le plongeur aspirait. Après de nombreux essais et mises au point de ce détendeur à membrane, son adaptation aux diverses positions du plongeur et aux bouteilles gonflées à 200 bars, les deux hommes brevètent leur scaphandre "Cousteau et Gagnan" en 1943 (figure 11).



Figure 11. Le premier détendeur Cousteau-Gagnan avec l'embout et son modèle Mistral de 1946.



En 1946, Air Liquide crée la marque de détendeurs et d'équipement de plongée Spirotechnique qui, au fil des années, va créer des modèles toujours plus perfectionnés. Des compresseurs efficaces et des bouteilles relativement légères vont être mis au point.

- Il faut aussi signaler la mise au point des palmes qui avait été initiée en 1934 par le commandant Louis Le Cordieu (figure 10). Elles préfiguraient la prochaine mise au rencart des "Pieds lourds".

Et en spéléologie

- Les premières plongées en spéléologie furent faites par des "pieds lourds". Et dans la Fontaine de Vaucluse, s'il vous plaît ! En 1878, Ottonelli y atteignait la profondeur de 23 mètres. Nous imaginons les affres du plongeur chaussé de lourdes chaussures de plomb dans les pentes abruptes de la cavité ! Il faudra attendre le 24 septembre 1938 pour voir cette côte légèrement dépassée (-26 m) par Négri. Lui aussi dut souffrir... Le 24 août 1946, l'un des deux nageurs qui tentaient la plongée en scaphandre autonome est victime d'un malaise à -46.^{1 et 2}

- Guy de Lavarat est considéré comme le fondateur des plongées souterraines en scaphandre autonome. En 1946, il réalise une plongée souterraine à la Fontaine Saint-Georges, qu'il estime être la résurgence de la rivière de Padirac. Ce qui sera prouvé par colo-



Figure 12. Cette photo de Guy de Lavarat surprend et fait sourire : pas encore de combinaison néoprène, il ne fallait pas être frileux ! Rien à voir avec le plongeur d'aujourd'hui.

ration en juillet 1947 et décembre 1950. En 1948, il plonge à la Fontaine des Chartreux (Cahors) et à la fontaine de la Pescalerie (Lot). (figure 12).

- La voie était tracée. Nouvelle discipline exigeante et manquant de repères, la plongée souterraine connut à ses débuts un lot important d'accidents qui amenèrent la mise au point de méthodes et de règles de sécurité strictes. Il y eut, entre autres, la nécessité d'avoir deux bouteilles et deux détendeurs, différemment de la plongée de loisir en mer, où il n'y a pas de voûte rocheuse pour bloquer la remontée. De manière générale, la sécurité amena la redondance de toutes les parties vitales du scaphandre. Il y eut aussi le fil d'Ariane, d'un diamètre de 2,5 mm et tendu tout au long du siphon depuis son départ. Au début, son absence causa plusieurs égarements mortels.

Les progrès dans l'équipement

Durant les vingt ou trente années qui suivirent, si le principe resta le même, le matériel évolua vers plus d'efficacité et de sécurité. Nous verrons plus loin les développements modernes.

- Nous avons vu précédemment l'apparition des premières palmes en 1934. Leur taille et leur forme évoluèrent vers une bien plus grande efficacité.

- Les masques ont certainement été utilisés en premier par les pêcheurs, vraisemblablement vers 1930, puis par les nageurs de combat italiens ou britanniques. Ils se généralisèrent à partir de 1950, remplaçant rapidement les premières lunettes portées par le Prieur ou Fernéz (figure 13).

- Les premières combinaisons néoprène ont été fabriquées par Beuchat en 1953. Le néoprène permettait des combinaisons de diverses épaisseurs en fonction de la température de l'eau à affronter. Elles remplaçaient des combinaisons artisanales en toile plus raide ou caoutchoutées, moins isolantes et moins enveloppantes (figures 13 et 14).

- À la panoplie des premiers plongeurs s'ajoutèrent le manomètre leur permettant de connaître à tout instant leur réserve d'air et les profondimètres. Les détendeurs aussi vont évoluer. Aujourd'hui, l'emploi de deux détendeurs : un à la sortie de la bouteille pour abaisser la pression à 10 kg/cm² et un second à l'embouchure pour obtenir la pression ambiante.

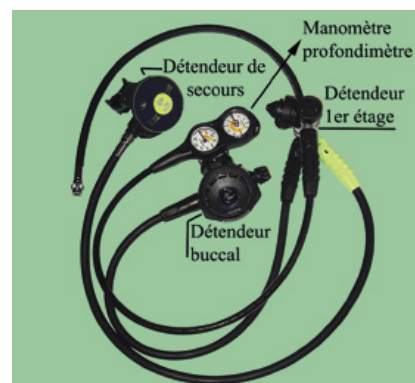


Figure 15. Du détendeur 1^{er} étage fixé à la bouteille, partent un détendeur buccal, un manomètre-profondimètre et un deuxième détendeur buccal qui sera accroché par une ficelle au cou du plongeur spéléo.

1 Les Motivations (M. Douchet)

2 Les plongées en France (Cl. Touloumdjian)



Figure 13. Dix ou quinze ans plus tard, le plongeur était mieux équipé et mieux vêtu !



Figure 14. Les palmes modernes sont moins tristes que celles de Le Cordieu !



Ce dispositif permet de simplifier le mécanisme d'un détendeur unique et apporte plus de sécurité (*figure 15*).

Les développements modernes

Que ce soit en mer pour les travaux spéciaux, ou sous terre pour les grands siphons, les plongeurs étaient confrontés à deux problèmes principaux :

- le problème de la narcose. Elle est liée à la pression exercée par l'eau qui augmente la pression partielle de l'azote respiré. Suivant les nageurs, elle apparaît entre 30 et 60 m, créant un état euphorique et des troubles de la concentration. À partir de 90 m, elle s'accompagne de troubles de la connaissance. En 1955, la profondeur atteinte à la Fontaine de Vaucluse était de 79 m et en 1981, celle atteinte à Port Miou de 82 m ;
- le problème de la décompression. Au cours de la plongée, avec l'augmentation de la pression ambiante, le sang du plongeur s'est chargé de plus d'azote ou d'hélium. Si la remontée est trop rapide, le dégazage est brutal et il peut en résulter de graves accidents de décompression pouvant entraîner la mort. Il faut alors observer des paliers de décompression, dont la durée est fonction de la profondeur et de la durée de la plongée. Ces problèmes vont s'accroître avec l'apparition des nouvelles techniques permettant de plonger à de plus grandes profondeurs (*figure 16*).

■ Les mélanges gazeux

À partir des années 1920, l'utilisation de mélanges gazeux fut recherchée pour la limitation de la narcose et des effets dus

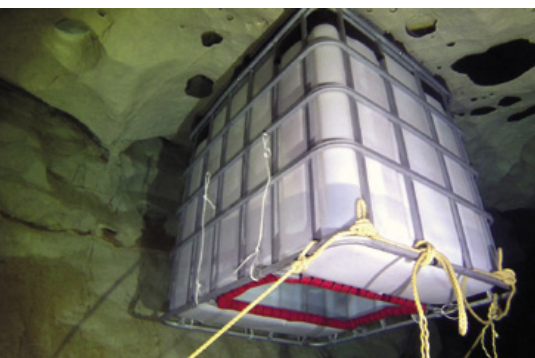


Figure 16. Chambre de décompression à Port Miou.

à la surpression. Nous entrons dans le domaine de la chimie et les premières recherches sérieuses furent faites par les militaires. En 1924, à l'instigation des physiologistes Thompson et Behnke, la marine américaine se lançait dans l'expérimentation de l'hélium. Les avantages de l'hélium sur l'azote apparaissent clairement en ce qui concerne la narcose. En 1930 était réussie la première plongée à cent mètres, puis en 1937 on atteignait 126 m.

- En spéléologie, les premières plongées avec mélanges arrivèrent au début des années 1980. En ce qui concerne la Fontaine de Vaucluse, en septembre 1981 J. Hasenmayer atteignait -145 m et, le mois suivant, C. Touloumdjian -153 m avec un mélange oxygène-hélium. Toujours au même siphon, Hasenmayer atteignait 205 m de profondeur en 1983, puis en septembre 1997, Pascal Bernabé -240 m, en utilisant plusieurs mélanges gazeux.

Avant la plongée record (-286) de X. Méniscus à Font Estramar en 2019, le record des plongées profondes datait du 6 avril 1994 au cénote de Zacaton (Mexique), où Jim Bowden et Sheck Exley atteignaient -282 m. Au cours de l'exploration, ce dernier meurt vraisemblablement du syndrome des profondeurs. Il y eut aussi un accident mortel en 1995 à Bushmansgat (Afr. Sud) à -264.

- Mélanges utilisés : l'efficacité des mélanges varie avec les profondeurs de plongée. Le problème est de déterminer les mélanges correspondant à des fourchettes de profondeur bien précises. Dans les plongées très profondes, nécessitant des relais, on a utilisé des mélanges différents. L'utilisation de mélanges de gaz de plus en plus sophistiqués nécessite des équipements complexes et impose une grande rigueur de préparation...

En plongée souterraine, les mélanges les plus utilisés sont : le Nitrox (azote-oxygène), l'Héliox (hélium-oxygène), le Trimix (azote-hélium-oxygène). Nous verrons plus loin avec les recycleurs, le rôle de l'électronique dans la décompression.³

3 Les plongées complexes (M. Douchet)

Le trimix a été utilisé depuis longtemps par la marine américaine, ainsi que par certains plongeurs professionnels. Il fut utilisé en conditions réelles lors du sauvetage du sous-marin USS Squalus, bloqué à une profondeur de 74 mètres, en 1939. Les plongeurs qui participèrent à l'opération étaient bien sûr des pieds lourds, mais, grâce à la chambre de sauvetage McCann conçue pour le sauvetage des sous-marins, 33 hommes purent être récupérés.

- Mais les mélanges ont leurs limites. L'hyperoxie peut frapper le plongeur qui a effectué une plongée profonde avec un gaz inadapté ou trop riche en oxygène. Dans les grandes profondeurs, avec l'apparition des Syndromes Nerveux de Haute Pression (SNHP), nous atteignons les limites physiques et physiologiques autorisées par le corps humain. Nous l'avons vu dans les accidents mortels cités précédemment.
- Les paliers de décompression : avec les plongées très profondes s'accroît le problème des paliers de décompression qui peuvent atteindre des durées impressionnantes. Pour les diminuer, on a fait aussi appel à des mélanges enrichis en dioxygène, tels le Surox ou le Nitrox.

On imagine les problèmes générés par des durées qui peuvent atteindre 10 heures, dans une eau froide et dans le noir. Plusieurs types de cloches de décompression ont été réalisés pour apporter un peu de confort durant ces paliers. On a même imaginé des combinaisons chauffantes. Les problèmes de décompression sont encore plus compliqués lorsque les plongées en siphon ont un profil en dents de scie⁴.

- Dans les années 1980, l'électronique va peu à peu apparaître. Depuis le début des années 2000, la miniaturisation permet d'avoir un capteur sur la bouteille qui transmet ses données au petit ordinateur que le plongeur porte à son poignet. Nous y reviendrons avec les recycleurs.

■ Les recycleurs

L'idée du recycleur est très ancienne et nous avons vu précédemment le scaphandre Dräger de 1915. Mais, l'utilisation générale des recycleurs

4 Les cloches de décompression (M. Douchet)

démarré d'abord avec les usages militaires, puis les sociétés *offshore* après la guerre 39-45. Cependant, ils restaient coûteux et à usage professionnel. Il fallut attendre 1997 pour voir apparaître le premier recycleur fermé électronique conçu pour un public plus large, mais il coûtait quand même autour de 40 000 F.

Il apparut dans les plongées souterraines dans le début des années 2000, utilisant toujours les mélanges gazeux pour les plongées profondes. En juin 2005, Xavier Méniscus atteignait -172 à Port Miou, puis -223 en mai 2012. Il atteignait -286 à Font Estamar (Pyr. Or.) en 2019. Il faut préciser que ces plongées très profondes demandent, outre des qualités physiques et physiologiques exceptionnelles, une spécialisation extrême et une procédure très rigoureuse. Peu de plongeurs peuvent les pratiquer, ils se comptent sur les doigts d'une main en France.

■ Principe de fonctionnement

Au cours de notre respiration, une partie des 21 % d'oxygène que contient l'air est utilisé par notre organisme. L'air que nous expirons ne contient plus que 16 % d'oxygène, les 5 % manquants sont remplacés par du dioxyde de carbone (CO_2). Le recycleur fixe ce CO_2 grâce à de la chaux, tout en produisant de la chaleur. Les bouteilles du plongeur devront alors remplacer uniquement l'oxygène manquant. (figures 17 et 18).

Il n'y a plus d'air expulsé et l'autonomie du plongeur peut être multipliée par quatre. De plus, l'air chaud qu'il respire grâce au recycleur limite les déperditions de chaleur. La difficulté de réalisation du recycleur réside dans le dosage du mélange d'air et de l'apport



Figure 17. Un vieux recycleur et sa boîte de soud e!



Figure 18. Un recycleur russe d'entre les deux guerres.

de l'oxygène nécessaire. Ceci a été facilité par une gestion électronique.

Les bouteilles du plongeur contiennent maintenant le mélange gazeux dont il aura besoin pour remplacer unique-



Figure 19. Ces petits ordinateurs de poignet ont apporté un progrès énorme dans la gestion et la sécurité des plongées.



Figure 20. Les petits ordinateurs reliés aux bouteilles.

ment l'oxygène consommé, plus un recycleur. L'équipement des plongeurs devient impressionnant, avec un poids qui peut largement dépasser 30 kg.

Rôle de l'électronique : un recycleur fermé à gestion électronique (E-CCR) de la pression partielle d'oxygène (PpO_2) garantit la fabrication du meilleur mélange à toutes les profondeurs. En simplifiant, cela signifie qu'un recycleur est une machine qui fabrique en temps réel le meilleur nitrox adapté aux profondeurs atteintes. En plongée avec recycleur, la saturation est optimisée automatiquement. Il en est de même pour la désaturation lors des paliers de décompression. Idéal pour les plongées profondes ! L'utilisation des SUROX aux paliers est devenue incontournable en plongée souterraine. (figures 19 et 20). En fait, l'ordinateur de plongée va découper la plongée en tranches de temps assez courtes et, pour chacune des tranches, déterminer via un modèle mathématique implémenté, le taux d'azote (et d'hélium dans le cadre de plongée au trimix) dans les différents types de tissus du corps. En fonction de ces valeurs, il actualise continuellement un profil de décompression.



■ Le scooter sous-marin

Ils sont arrivés sous terre, avec l'exploration de siphons de plus en plus longs. Les scooters sous-marins avaient déjà été utilisés par les nageurs de combat des marines britanniques et italiennes avant 1939. Ces "torpilles" guidées par le nageur pouvaient porter jusqu'à 200 kg d'explosif. Mais, leur complexité et leur prix ne les rendaient pas accessibles à tout le monde ; eh non, il fallut attendre leur industrialisation pour les voir apparaître en plongée de loisir. Au Bestouan, un scooter de marque Aquazep fut utilisé pour la première fois en 1991. L'emploi de ce scooter fut primordial pour vaincre les 3 kilomètres de conduits noyés parcourus par un fort courant inverse. À Port Miou, il permit d'amener rapidement les plongeurs au sommet du grand puits, à 1,5 km du barrage⁵ (figure 21).

5 Les scooters en plongée (M. Douchet)

■ Et en mer ?

Actuellement, les plus grandes profondeurs en plongée libre (sans l'aide de caissons hyperbares) se sont faites en mer, où les conditions de plongées sont moins malaisées que dans un siphon. Il y eut Pascal Bernabé qui, le 5 juillet 2005, atteignait 330 m de profondeur à Propriano (Corse), puis l'Egyptien Ahmad Gamal Gabr qui atteignait -332,5 m en mer Rouge le 13.09.2014. Plusieurs bouteilles étaient placées en relais sur un fil de vie, avec des mélanges différents en fonction de la profondeur. Comme sous terre, dans ces grandes profondeurs, avec l'apparition des Syndromes Nerveux de Haute Pression (SNHP), nous atteignons les limites autorisées par le corps humain. ●

Contact

Paul COURBON - paul.courbon@yahoo.fr

Remerciements

Patrick Pallu du musée de la spéléologie, Pierre Aimon, Viviane Lelan.

Références

- Henri Salvayre, 1995, Au-delà des siphons. Histoire de la plongée souterraine en France. En 236 pages, l'auteur s'attache à tous les aspects des conduits noyés.
- Plusieurs sites Internet décrivent d'une manière plus ou moins complète l'histoire de la plongée.
- Sur le site [http://www.rivieresmysterieuses.org/L'aventure du scaphandre](http://www.rivieresmysterieuses.org/L'aventure%20du%20scaphandre), 5 pages plus détaillées sont consultables : [1] Les Motivations (M. Douchet) [2] Les plongées en France (Cl. Touloumdjian) [3] Les plongées complexes (M. Douchet) [4] Les scooters en plongée (M. Douchet) [5] Les cloches de décompression (M. Douchet)



© Cl. Hervé Chauvez

Figure 21. Lors de la préparation d'une plongée hors normes, un plongeur aidé d'un scooter et du scooter de secours amène des bouteilles pleines à un relais. On distingue le doublement des accessoires de respiration.