

BREVE HISTOIRE DES PLONGEES EN SCAPHANDRE

Paul Courbon

EN GUISE DE PROLOGUE

Je n'ai plongé qu'une fois avec un scaphandre, c'était en 1954. A l'époque, le scoutisme et plusieurs clans des Eclaireurs de France en particulier, s'étaient lancé dans la spéléologie et certains d'entre eux s'étaient faits remarquer : le Clan de la Verna, le clan Claude Sommer, le clan des Tritons, le Clan EDF d'Apt, entre autres. A Toulon, il y avait le clan des Scialet et le clan Eole auquel je m'étais inscrit en 1953, j'avais 17 ans.

Le clan Eole comptait plusieurs marins qui faisaient leur service militaire et dont quatre étaient des plongeurs. Michel Letrône qui venait de participer à l'exploration du gouffre de la Pierre Saint-Martin, a été le plus connu d'entre eux. Aussi, il ne faut pas s'étonner si à la belle saison 1954, on me proposa de m'initier à la plongée en mer. J'éprouvais alors l'ivresse de plonger en toute liberté, sans avoir à remonter en surface pour reprendre mon souffle. Mais il y eut un problème : au fur et à mesure que je prenais de la profondeur, j'avais de plus en plus mal au oreilles ; à 10 m c'était insoutenable. Malgré plusieurs essais, le mal persistait et je dus me faire à l'idée que la plongée ce n'était pas pour moi.

Par la suite, j'ai souvent eu des contacts avec les plongeurs. En 1977, j'accompagnais Frédéric Poggia et Fred Vergier au fond de la Sima GESM (-1077) en Espagne, où ils plongeaient sur 195 m de long et 21 m de profondeur. En 2001, je raccompagnais Frédéric Poggia aux Baoudillouns (-400) dans les Alpes Maritimes pour une nouvelle plongée. Dans les deux cas, j'avais le rôle de porteur de bouteilles.

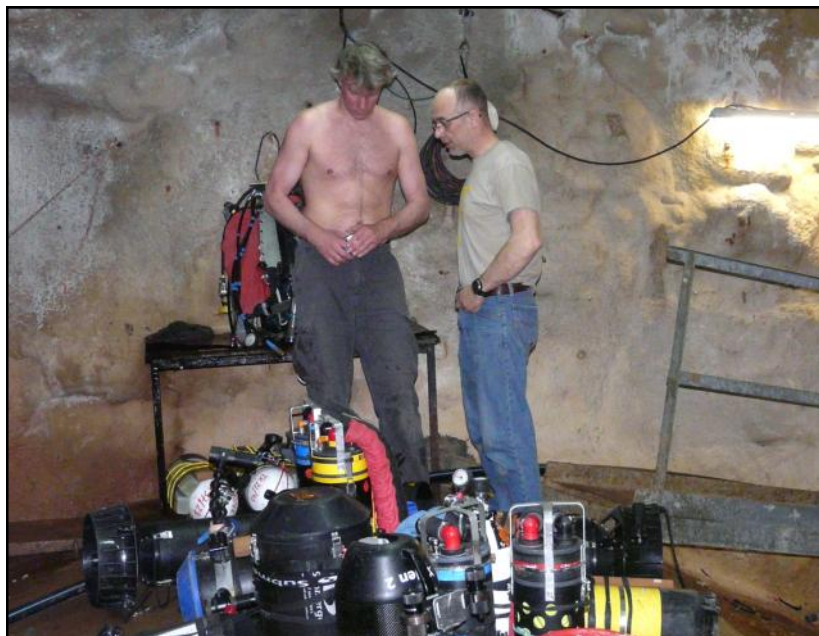
En 1989, sur mon invitation, Jean-Jacques Bolanz et de S.C. Saint-Claude venaient à Toulon explorer le gouffre du Ragas (-118 m immergé) et la Source de Saint-Antoine (-112 m immergé). Avec quelques Toulonnais, nous les aidions pour atteindre avec leur équipement le niveau des siphons à plonger.

Enfin, vers 2010, je m'inscrivais à l'association Cassis la Rivière Mystérieuse qui coordonne et gère les plongées dans les siphons hors normes de Port Miou et du Bestouan. J'étais en contact alors de nombreux plongeurs qui se lançaient dans les plongées extrêmes. Je pouvais alors constater l'évolution énorme qu'avaient connues les techniques de plongées en un demi-siècle. Le plongeur des années 2010 n'avaient plus rien à voir avec celui des années 1950 !

Je recherchais alors une histoire de l'évolution des techniques de plongée complétant ce qu'avais écrit Henri Salvayre dans « Au-delà des siphons » qui s'arrêtait avant l'arrivée des recycleurs. Sur Internet, je retrouvais de nombreux écrits et références, mais il manquait une synthèse globale de l'histoire de la plongée, depuis les prémices jusqu'à l'arrivée des recycleurs. J'ai tenté cette synthèse. Mais, je ne suis pas un plongeur et j'espère que le lecteur averti me pardonnera certaines maladresses.

N. Andreini et X. Ménéscus sur le barrage de Port Miou avec leur imposant matériel de plongée.

A droite le scooter sous-marin si utile pour les plongées longues.



LES PRÉMICES DES PLONGEES EN SCAPHANDRE

Bien que le rêve de 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.

- Mais la première réalisation opérationnelle, manufacturée par un industriel, est due à Charles Dean

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

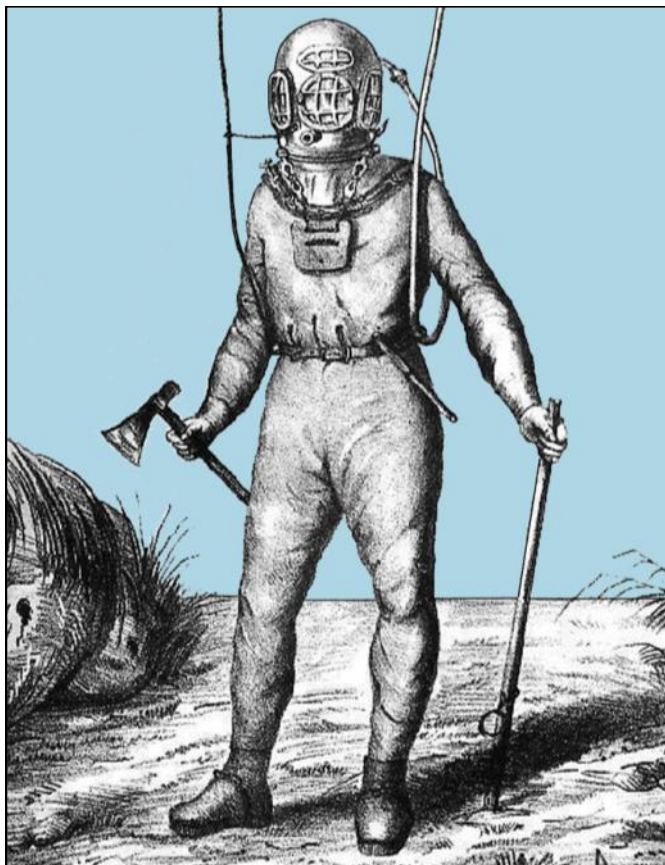


(1796-1848) et son frère qui réalisent un casque antifu-mée destiné aux pompiers, pour aboutir à un premier essai de scaphandre en 1833. Ce scaphandre et son casque seront améliorés en 1837 par Augustus Siebe (1788-1872), ingénieur allemand naturalisé britannique. Le « scaphandre pieds lourds » d'Augustus 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 ne présente pas toutes les garanties de sécurité.



Le casque de Cabriol 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.

- En 1855, directement inspiré du modèle précédent, le scaphandre présenté par Joseph-Martin Cabriol (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 Cabriol 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



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.

atteintes, les troubles de décompression firent un certain nombre de victimes.

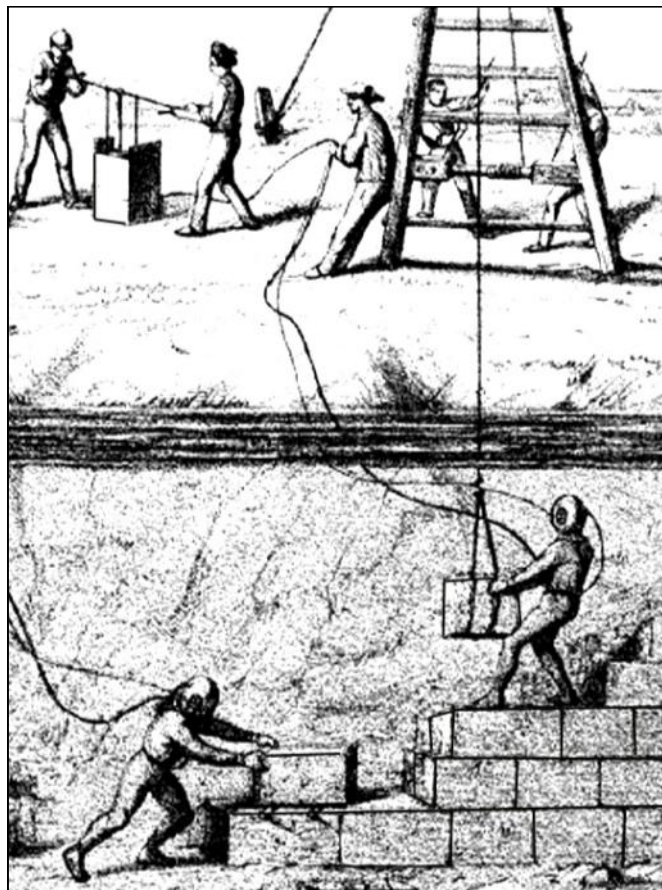
Les scaphandres pieds lourds.

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.

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 ses semelles de plomb. Le port d'un



Les chaussures plombées qui ont créé le terme « pieds lourds »



Travaux portuaires exécutés par des pieds lourds.

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



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.

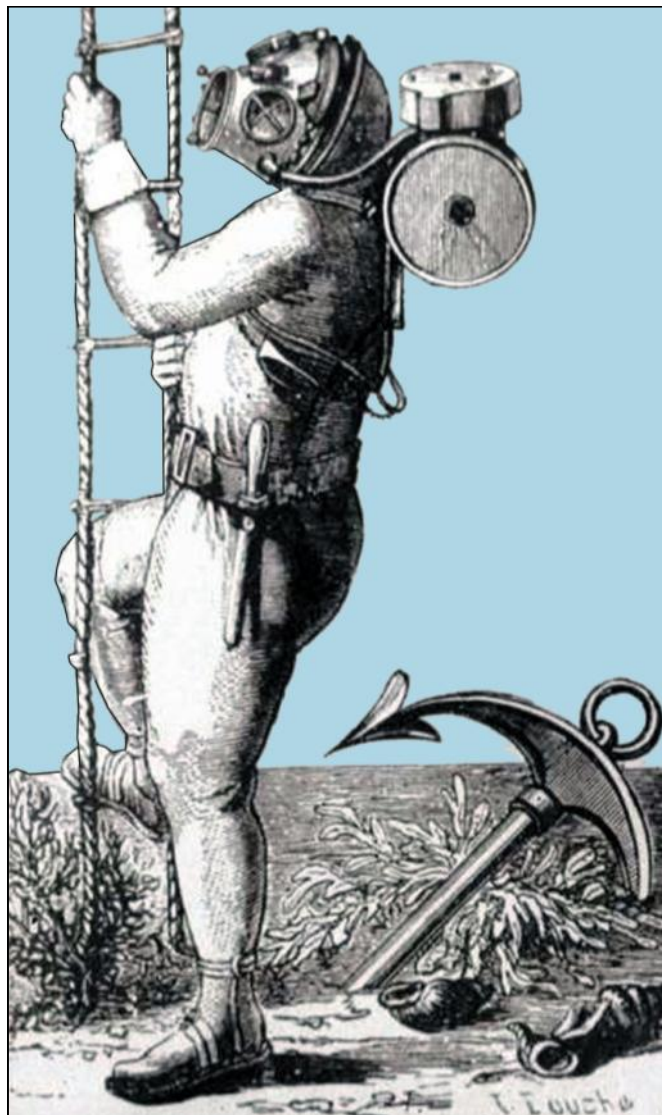
Origine du mot scaphandre : Le mot scaphandre (homme barque), composé des mots grecs skaphe (barque) et andros (homme), fut utilisé pour la première fois en 1775 par l'Abbé de la Chapelle qui avait imaginé un costume réalisé en liège et permettant à des soldats de flotter et de traverser les cours d'eau.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

LE SCAPHANDRE AUTONOME

- Le premier scaphandre autonome arriva beaucoup plus tôt que les non spécialistes le pensent. Il est dû à Benoît Rouquayrol et Auguste Denayrouze. En 1860, 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 de 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 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.

- 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. A 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.

- 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 bouteille, à la pression que le plongeur règle avec un mano-détendeur. Mais bien que de potentiel limité, le scaphandre Le Prieur est adopté en 1935 par la marine française. Signalons qu'en 1939, les marines italiennes et britanniques avaient déjà des corps de nageurs de combat. Nous n'en connaissons pas l'équipement.



Le scaphandre de Rouquayrol resta d'un usage limité.

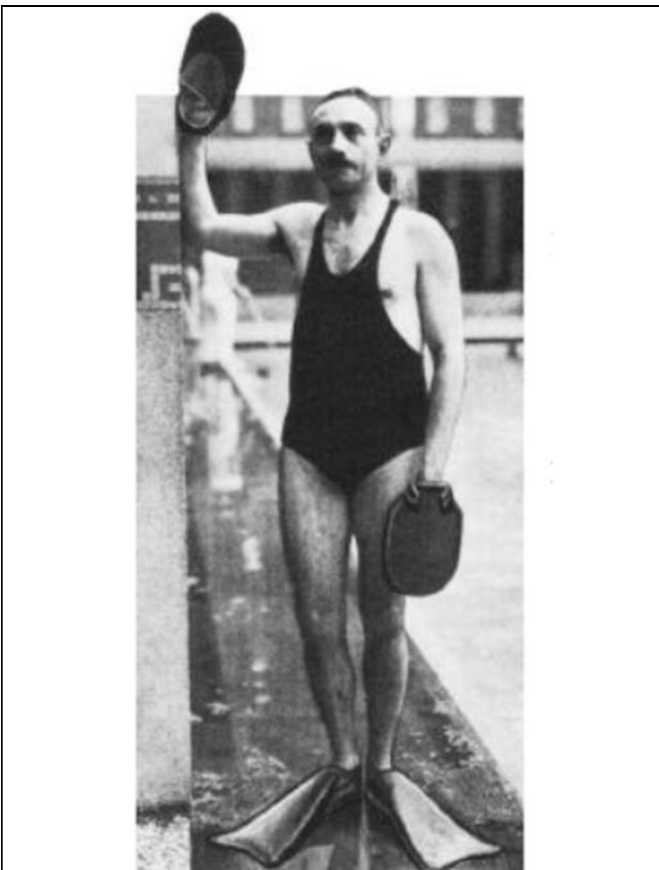
Le scaphandre autonome Dräger de ...1915, il y a un siècle déjà! Il préfigurait l'arrivée des recycleurs modernes.





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

A la même époque, 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 puisse être utile à son beau-fils Jacques-Yves Cousteau (1910-1997) qui faisait des recherches sur le scaphandre autonome, mettait 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.

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 mises au point.

• Il faut aussi signaler la mise au point des palmes qui avait été initiée en 1934 par le commandant Louis de Cordieu. Elles préfiguraient la très proche mise au rencart des « Pieds lourds »



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

ET EN SPELEOLOGIE

• 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 (-26m) 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]

• Dans son ouvrage « Au-delà des siphons », Henri Salvayre nous conte les premières plongées en France. Au-delà de la plongée en apnée de siphons, dont celui de Montespan par Norbert Casteret en 1922, il narre les premiers essais avec des scaphandres autonomes artisanaux en 1942, non munis de détendeurs.

• En fait, avec les siphons qu'il a franchis, Guy de Lavour 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 coloration en juillet 1947 et décembre 1950. En 1948, il plonge à la Fontaine des Chartreux (Cahors) et à la fontaine de la Pescalerie (Lot). [2]

• En ce qui concerne Port Miou, la première plongée, joignant la calanque au premier puits, fut faite en 1953 par les plongeurs du Clan Eole de Toulon.

• 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 1,5 à 3 mm et tendu tout au long du siphon depuis son départ. Au début, son absence causa plusieurs égarements mortels.

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



LES PROGRES DANS L'EQUIPEMENT

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 évolua 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 combats italiens ou britanniques. Ils se généralisèrent à partir de 1950, remplaçant rapidement les premières lunettes portées par le Prieur ou Fernéz.

• 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.



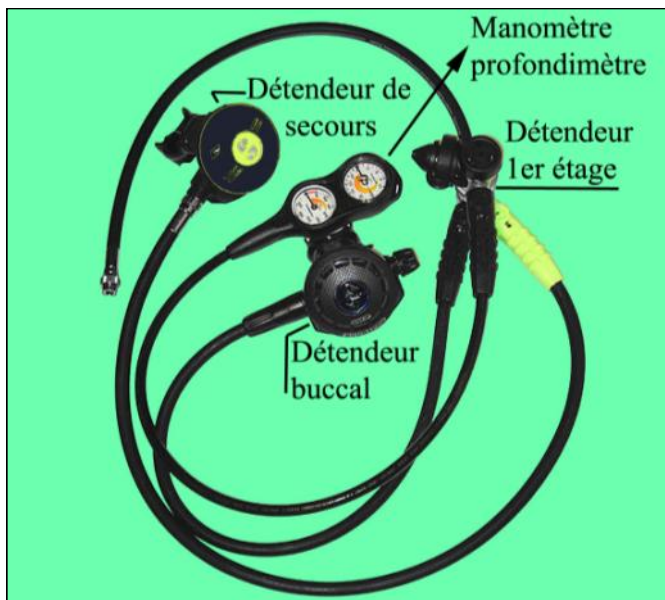
Dix ou quinze ans plus tard, le plongeur était mieux équipé et mieux vêtu!



- A 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. Pour les plongées classiques, l'emploi de deux détendeurs : un à la sortie de la bouteille pour abaisser la pression à 10kg/cm² et un second à l'embouchure pour obtenir la pression ambiante. Ce dispositif permet de simplifier le mécanisme d'un détendeur unique et apporte plus de sécurité.



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



Du détendeur 1er étage fixé à la bouteille partent un détendeur buccal, un manomètre-profondimètre et un tuyau pour gonfler les bouées. Un deuxième détendeur buccal sera accroché par une ficelle au cou du plongeur spéléo.

LES DEVELOPPEMENTS MODERNES

Que ce soit en mer pour les travaux spéciaux, ou sous terre pour les grands siphons, les plongeurs sont 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. A partir de 90m, 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 dégaza-

ge 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 qui permettront de plonger à de plus grandes profondeurs.

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 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 septembre 1981, à la Fontaine de Vaucluse, J. Hasenmayer atteignait -145 m et, le mois suivant, C. Touloumdjan -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 atteignait -240m, en utilisant plusieurs mélanges gazeux.

Avant la plongée record (-286) de X. Méniscus à Font Estamar 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 mourait 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...

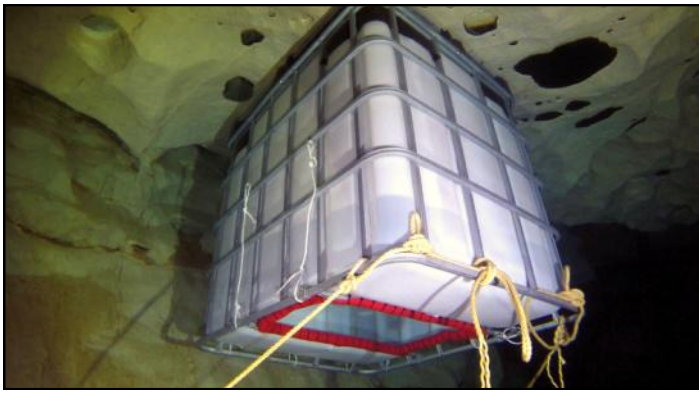
En plongée souterraines, les mélanges les plus utilisés sont : le Nitrox (azote-oxygène), l'Héliox (hélium-oxygène), le Trimix (azote-hélium-oxygène). Nous verrons plus loin avec les recycleurs, le rôle de l'électronique dans la décompression. [3]

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 [3]

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 plus de confort lors de 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 scie. [5]

- Dans les années 1980, l'électronique va peu à peu apparaître. Dès 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 verrons tous les progrès accomplis depuis 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 démarra 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.



En haut, un vieux recycleur et sa boîte de soude!
En bas, Un recycleur russe d'entre les deux guerres.



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. Le Sud Africain Nino Gomes avait atteint -282,5 m à Bushmansgat (A. S.). [3]

Il faut préciser que ces plongées très profondes demandent, outre des qualités physiques et physiologiques exceptionnelles, une spécialisation extrême et une procédure très rigoureuse, avec de nombreuses redondances. 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% manquant sont remplacés par du dioxyde de carbone (CO₂). Le recycleur fixe ce CO₂ grâce à de la chaux, tout en produisant de la chaleur. Les bouteilles du plongeur devront alors remplacer uniquement l'oxygène manquant.

Il n'y a plus d'air expulsé et l'autonomie du plongeur peut être multipliée par 4. 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 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 uniquement 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 (PpO₂) 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 recycleur la saturation est optimisée automatiquement. Il en est de même pour la désaturation lors des pa-



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

En bas, les petits ordinateurs reliés aux bouteilles



liers de décompression. Idéal pour les plongées profondes ! L'utilisation des SUROX aux paliers est devenue incontournable en plongée souterraine. [3]

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 qui ne les rendaient pas accessibles à tout le monde, il fallut attendre leur industrialisation pour les voir apparaître en plongée de loisir. Utilisé par les professionnels en 1978 à Port Miou, ils apparurent au Bestouan en 1991, avec un scooter de marque Aquazepp. L'emploi de ce scooter fut primordial pour vaincre les 3 kilomètres de conduits noyés parcouru par un fort courant inverse. A Port Miou, il permit d'amener rapidement les plongeurs au sommet du grand puits, à 1,5 km du barrage. [4]



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 (Cl. Hervé Chauvez).

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'Égyptien Ahmad Gamal Gabr qui atteignait -332,5 m en Mer Rouge le 13.09.2014. Plusieurs bouteilles étaient placées en relai 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.

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.

ET POUR FINIR : REDONDANCE

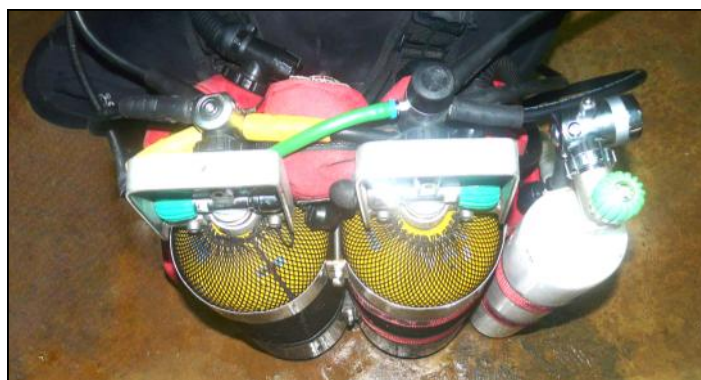


Un plongeur moderne bardé d'équipement obligatoirement en double. Le fil d'Ariane est obligatoire, sécurité oblige (Cl. Hervé Chauvez).



Équipement en vue d'une séance de topographie: boussole au bras droit, « carnet » au bras gauche, défendeur de secours est accroché au cou (Cl. P. Aimon).

La redondance des équipements se voit mieux sur la photo ci-dessous.



- 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_du_scaphandre), 5 pages plus détaillées sont consultables :
- [1] Les Motivation (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)

Paul Courbon, février 2016 et janvier 2021