



Travailler en conditions extrêmes : des plongeurs en saturation effectuent des travaux risqués, parfois à plusieurs centaines de mètres de profondeur

# Souder au fond de la mer

Des **PLONGEURS PROFESSIONNELS** travaillent dans des conditions extrêmes à plusieurs centaines de mètres en-dessous de la surface de la mer. Une technique complexe et des systèmes modernes rendent ces travaux possibles et assurent la sécurité des plongeurs.

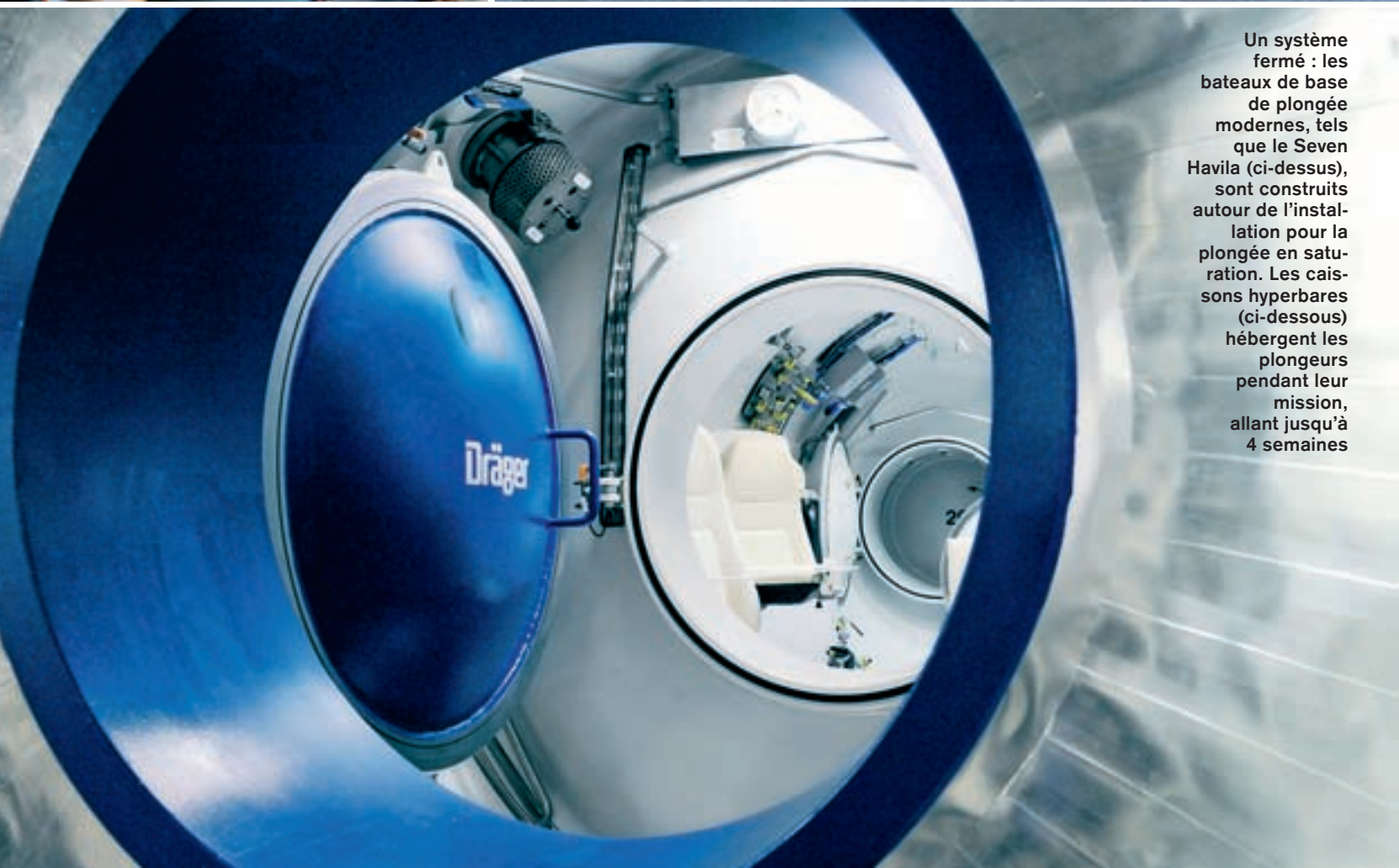
**L**a porte sous pression mène à un autre monde, où l'acier brille et où des chaises longues tendues de plastique blanc sont accrochées au mur. Au plafond, un dispositif d'extinction à brouillard d'eau haute pression. À gauche, une échelle permet de descendre à l'étage inférieur par un tube étroit. C'est le reflet du cylindre d'habitation supérieur, à la dif-

PHOTO : TIPS IMAGES/FIONLINE

férence des lits superposés accrochés aux murs. Cela ressemble à l'image que l'on se fait de l'intérieur d'une navette spatiale. Effectivement, cette habitation est conçue pour la vie en conditions extrêmes : seulement, pas dans l'espace, mais dans les profondeurs de la mer.

Pour les plongeurs du navire norvégien spécialisé « Seven Havila », cet >

**Au cours des dernières décennies,  
la technique a complètement évolué**



Un système fermé : les bateaux de base de plongée modernes, tels que le Seven Havila (ci-dessus), sont construits autour de l'installation pour la plongée en saturation. Les caissons hyperbares (ci-dessous) hébergent les plongeurs pendant leur mission, allant jusqu'à 4 semaines



PHOTO : ISTOCKPHOTO

**Plongeur des profondeurs : les cachalots vont jusqu'à 3.000 m**

> environnement surréaliste constitue une sorte de chez soi. En mission, ils peuvent rester jusqu'à 28 jours dans ce réseau de tubes, reliant étroitement les caissons de vie et de couchage, ainsi que les sanitaires et des passages vers les deux bathyscaphes. Lors des interventions, la pression représente un multiple de celle de l'atmosphère. Les plongeurs respirent un mélange d'hélium et d'oxygène (héliox).

Ils travaillent pendant 6 h d'affilée, par exemple en mer du Nord. Le Seven Havila est homologué pour les travaux allant jusqu'à 300 m de profondeur sous la mer. Mais les plongées longue durée ne sont possibles que si le corps a eu le temps de s'habituer suffisamment longtemps aux conditions régnant à de telles profondeurs. Le délai de décompression est de plusieurs jours, dans les cas extrêmes. Lors des plongées sportives en surface, ce délai n'est que de quelques minutes.

## La plongée, une histoire de famille

« Trois à quatre semaines dans un espace restreint : c'est long, mais on s'habitue », dit Neil Ward, spécialiste des travaux en grandes profondeurs. Cet Écossais est plongeur professionnel depuis 22 ans et c'est une tradition familiale : « Mon grand-père était déjà plongeur. Aujourd'hui, mon frère et moi poursuivons la tradition ». M. Ward s'est déjà rendu en mission de plongée sur la côte africaine. Autrement, il plonge dans la mer du Nord, au large de la Norvège ou de la Grande-Bretagne, son pays d'origine.

Les missions se ressemblent pour la plupart : des travaux d'installation ou de construction, ainsi que de la maintenance et des réparations de difficulté faible à moyenne. Les installations appartiennent presque toutes à l'industrie du pétrole et du gaz naturel : plateformes de forage, pipelines et autres colosses d'acier, ramenant les trésors des fonds marins à la surface. Les plongeurs professionnels ou en saturation travaillant ici doivent non seulement maîtriser la technique, mais également savoir souder et monter les équipements conformément aux normes industrielles.

Depuis 2011, Neil Ward travaille pour l'entreprise anglaise Subsea 7 sur le Seven Havila, un des bateaux de ce type les plus modernes au monde. « Jusqu'à 6 plongeurs peuvent travailler en même temps au fond de la mer », explique le responsable d'équipe Peter Alexander, ce qui correspond aux missions à grande échelle actuelles. Les deux bathyscaphes, pouvant chacun accueillir jusqu'à 4 plongeurs, sont alors descendus dans les profondeurs. Une personne reste toujours dans le bathyscaphe pour la sécurité.

« L'évolution technique de la plongée en saturation au cours des dernières décennies a été spectaculaire », dit M. Alexander. Cet ancien plongeur en saturation anglais sait de quoi il parle. « J'en étais déjà lorsque ce procédé a été introduit en mer du Nord il y a plus de 35 ans ». Ce qui n'a pas changé est l'exigence vis-à-vis des hommes exerçant ce métier : « Il faut avoir un bon esprit d'équipe, savoir gérer le stress et s'adapter rapidement aux nouvelles situations. » >

## Vivre à 10 km de profondeur

La forme originelle de la plongée est l'apnée, ou plongée libre, où le plongeur prend une seule inspiration pour toute la durée de sa plongée : le record mondial pour les hommes est de plus de 200 m. Mais pour pouvoir travailler plus longtemps sous l'eau, l'homme a besoin d'une alimentation artificielle en gaz respiratoires comprimés.

Certains mammifères, tels que l'éléphant de mer ou le cachalot, ont une large avance sur nous : ils peuvent plonger pendant plus d'une heure (cf. aussi p.30 et suiv.). Certains animaux vivent même en permanence à des profondeurs extrêmes. Ainsi, en 2012, lors d'une expédition de l'université d'Aberdeen dans la fosse linéaire « Kermadec Trench » en Nouvelle-Zélande, des crevettes géantes (« *Alicella gigantea* ») ont été découvertes à plus de 10 km de profondeur, où la pression est mille fois plus élevée qu'à la surface.

Dès l'antiquité grecque et romaine, on avait cherché des moyens techniques permettant de rester plus longtemps sous l'eau. Au 4<sup>ème</sup> siècle avant notre ère, Alexandre le Grand avait plongé sous l'eau avec un scaphandre. Il y a plus de 2.000 ans, des combattants attaquaient les bateaux ennemis en nageant sous l'eau, des plongeurs de perle ramassaient des mollusques dans les fonds marins et les experts de travaux sous-marins récupéraient des bateaux naufragés et les réparaient dans les installations portuaires.



Objectif, les fonds marins : les bathyscaphes pour les plongeurs en saturation sont prêts à l'emploi dans un bateau de base. Ils permettent de descendre les plongeurs en surpression à plusieurs centaines de mètres

## Une solution étanche

De nombreux inventeurs ont tenté de résoudre le problème de l'approvisionnement en air en menant des tuyaux respiratoires jusqu'à la surface. Mais le principe du tuba ne fonctionne qu'à faibles profondeurs. Dès 20 m, la pression atmosphérique a triplé. Il faut donc une autre solution fiable pour approvisionner l'homme en air respirable comprimé. Ce fut le cas des premiers scaphandres à casque autour de l'an 1800, qui recevaient l'air comprimé par une pompe via un tuyau.

Avec la technique, la compréhension des phénomènes physiologiques de la plongée s'est développée, notamment autour de la prévention et thérapie de la maladie de décompression. Elle se manifeste lorsque la pression diminue trop vite en remontant de la plongée. Les gaz dilués dans le sang et les tissus, notamment l'azote, forment alors de petites bulles, qui détruisent les tissus et les nerfs et risquent d'obstruer les vaisseaux sanguins. Un autre danger est l'empoisonnement par haute concentration d'azote dans les tissus ou « ivresse des profondeurs ».

La technique consistant à ce que le plongeur transporte sa réserve d'oxygène avec lui remonte à 100 ans environ. « Depuis, nous participons au développement de ces appareils », dit Oliver Schirk, expert en plongée chez Dräger. En 1912, Dräger présentait déjà un recycleur (rebreather), qui était porté avec un casque et une combinaison de plongée classique. Les recycleurs modernes lient le dioxyde de carbone avec de l'absorbant. De l'oxygène frais est ensuite ajouté au gaz recyclé. Les principales étapes de la technique du rebreather de Dräger furent les recycleurs de « Leutnant Lund » (1953) jusqu'aux « LAR 5000 » et « LAR 7000 » actuels pour les interventions militaires tactiques et les plongeurs démineurs. Dans les années 1930, Dräger commença également à développer les scaphandres autonomes à air comprimé. Aujourd'hui, le système PSS Dive est à disposition des professionnels. Dräger s'est engagé dès le début dans la recherche en plongée. Ainsi, l'entreprise mit en service un simulateur de plongée profonde en 1913 à Lübeck et lança sur le marché le premier appareil de décompression en 1917.

À la plongée libre s'ajoutent les formes modernes de la plongée au scaphandre avec alimentation externe en oxygène et des applications spéciales telles que la plongée en saturation. Les combinaisons de plongée blindées résistantes à la pression (Atmospheric Diving Suit, ADS), protégeant le plongeur contre la pression de l'eau tout en lui laissant assez de mobilité, constituent une passerelle vers la technique des sous-marins.

- > En effet, le bateau prend en charge pour l'équipe la mission difficile de réguler en permanence manuellement les pressions, mélanges de gaz et températures. Ainsi, le système entièrement automatisé, le Seven Havila, constitue un élément important pour la plongée en saturation. Il a été mis en service l'année dernière et Dräger a fourni le composant clé principal avec le système de plongée. Cela inclut par exemple les caissons hyperbares, les installations techniques de gaz avec les éléments de commande, les conduites et réservoirs, mais aussi les équipements techniques de protection contre les incendies et de sauvetage.

### Lorsque le capitaine perd les commandes

Le cœur des opérations se situe à la centrale de plongée (« Dive Control ») sur le pont A, à partir de laquelle le Seven Havila est commandé durant les interventions. Tout le reste est alors subordonné : « Dès que les bathyscaphes sont dans l'eau, le bateau est commandé à partir d'ici », explique Peter Alexander. « C'est alors l'unité opérative qui commande et non le capitaine ». Le système de plongée a été fabriqué sur mesure. « Les composants standards sont quasiment inexistantes », dit Per-Arne Spreemann. Cet ingénieur en construction aéronautique travaille pour Dräger sur l'extension du logiciel du système d'automatisation. Afin de développer un système aussi sûr et résistant que confortable, Dräger a appliqué des solutions innovantes et individuelles. « C'est pourquoi nous nous sommes concertés très >

## Lorsque les plongeurs sont en mission, la centrale de plongée à bord prend les commandes

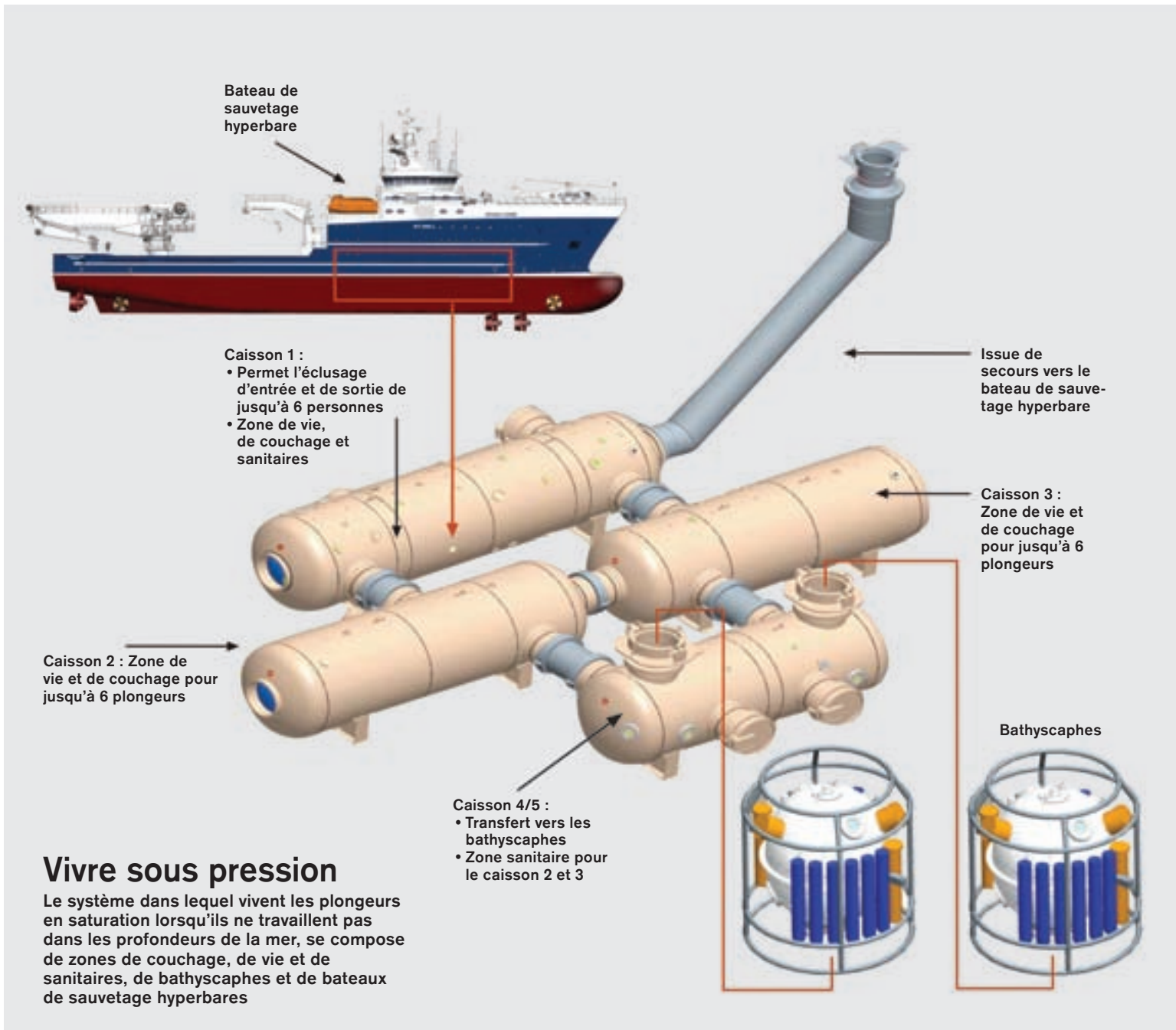


ILLUSTRATION : DRÄGERWERK AG & CO. KGAA

## Les travaux réalisés avec des appareillages historiques permettent de revivre les débuts de la plongée



Peter Alexander (ici, lors d'un test) garde le contrôle lorsque les plongeurs sont en action. Cet Écossais est responsable d'équipe sur le Seven Havila et ancien plongeur en saturation

> tôt avec la société de classification norvégienne DNV (Det Norske Veritas), qui était chargée de l'inspection finale de l'ensemble de l'installation », explique M. Spreemann.

C'est une chaude journée d'été et le Seven Havila, long de 120 m et large de 23,45 m, est au quai d'équipement à Stavanger, en Norvège. C'est le moment du renouvellement de la certification selon les règles strictes de la Norvège, imposant des intervalles de contrôle annuels ou même semestriels, suivant les systèmes. C'est l'effervescence dans la centrale de plongée, où le contrôle des procédures est en cours. « Avant, les pressions, dosages, températures et autres paramètres étaient réglés manuellement au niveau des distributeurs », explique M. Alexander. Aujourd'hui, il suffit d'un clique de souris.

### La pression augmente avec la profondeur

Le concept fondamental de la plongée en saturation n'a pas changé, explique l'expert britannique. Avec ce procédé, exclusivement utilisé par les professionnels, les plongeurs vivent et travaillent en permanence à la pression régnant sur leur lieu d'intervention. La règle de base est que la pression augmente d'un bar tous les 10 m de profondeur. Donc, si à 10 m de profondeur la pression est doublée par rapport à la surface, à 100 m, la pression est déjà de plus de 10 bars et à 300 m, de plus de 30 bars. La profondeur record pour les plongeurs en saturation, atteinte dès les années 1980, est de 534 m. Lors d'essais en bathyscaphe, un



**Scaphandrier du 21<sup>e</sup> siècle :** Neil Wark travaille en tant que plongeur en saturation pour Subsea Seven. Ce spécialiste est surtout demandé pour les projets de l'industrie du pétrole et du gaz. La technique de gaz moderne de Dräger lui permet d'intervenir en sécurité.

plongeur réussit à atteindre une profondeur simulée de plus de 700 m. Respirer à de telles pressions est un véritable défi pour le corps humain. Les changements de pression rapides sont encore plus critiques. Même lors de plongées peu profondes, des « pauses de décompression » doivent être respectées, durant lesquelles l'azote dilué dans les tissus est évacué du corps par le système sanguin.

Une décompression régulière n'est cependant pas possible lors de la plongée en saturation. « Lorsque l'on travaille plusieurs heures à grande profondeur, il faut prévoir jusqu'à une heure de compensation de pression par mètre », explique Neil Wark. C'est pourquoi les plongeurs vivent pendant plusieurs semaines dans une atmosphère dont la pression est égale à celle de leur lieu de travail. Ils respirent des mélanges de gaz spéciaux, surtout composés d'héliox (hélium plus oxygène). Cela permet d'éviter les effets de la narcose à l'azote liée aux plongées en grandes profondeurs, la fameuse ivresse des profondeurs.

### 99 % de récupération

La haute pression est non seulement maintenue dans les zones de vie et de couchage, mais aussi dans les deux bathyscaphes. Grâce à eux, les plongeurs se rendent de leur « zone de vie hyperbare » au lieu d'intervention. Le Seven Havila dispose aussi de deux bateaux de sauvetage en surpression, permettant d'évacuer les plongeurs en cas d'accident ou d'incendie.

L'utilisation de l'hélium, un gaz hautement volatil, en tant que gaz respirable, >

## Respirer l'histoire de la plongée

Lorsque les membres actifs de la Historical Diving Society (HDS) britannique se produisent lors de fêtes portuaires, le public retient son souffle, tandis que ces historiens de la plongée bénévoles se glissent dans des combinaisons produites il y a plusieurs décennies. Ils enfilent de lourds casques métalliques dotés de hublots ronds et s'enfoncent dans l'eau. Ce n'est pas seulement la technique qui fascine : en effet, les scaphandriers existent également aujourd'hui parmi les

plongeurs professionnels. C'est plutôt la passerelle entre la technique de l'époque et son utilisation actuelle en conditions réelles qui suscite l'enthousiasme. Le charme particulier de cette histoire vivante n'a pas non plus échappé à l'industrie du cinéma : « L'industrie de la télévision et du cinéma demande souvent notre participation pour les productions historiques », explique Mike Fardell, directeur de l'HDS.

Cette société a été fondée en 1990 et compte aujourd'hui près de 200 membres en Grande-Bretagne et 100 membres dans le monde. Selon M. Fardell, il existe des associations historiques de la plongée en Australie, Danemark, Allemagne, Finlande, France, Italie, Canada, Norvège, Pologne, Espagne, Russie, Suède, Slovaquie, République tchèque et aux USA.

La plongée historique n'est liée ni à une technique, ni à une époque spécifique. « Nos membres s'intéressent à toute l'histoire de la plongée, de la natation en apnée, en passant par les premiers équipements techniques et jusqu'aux évolutions actuelles ».

L'association a réalisé un de ses rêves avec son propre musée à Gosport (Hampshire, dans le sud de l'Angleterre), qui a ouvert ses portes en 2011 dans une fortification portuaire victorienne. Le musée est géré par les membres de l'HDS qui ont une expérience en tant que plongeurs militaires, professionnels ou amateurs.

[www.thehds.com](http://www.thehds.com)  
[www.divingmuseum.co.uk](http://www.divingmuseum.co.uk)



**Précurseur : appareil de plongée à recirculation Dräger de 1912, qui se portait avec un casque**



**Recherche : Tests de plongée longue durée à 9 bars dès 1914 grâce à Dräger**



## La gestion précise du gaz est décisive pour la sécurité des plongeurs et l'utilisation efficace des ressources

- > pose des exigences élevées au niveau de la technique à bord. Ce gaz rare est tellement cher qu'il n'est pas rejeté dans l'atmosphère après utilisation. « Le mélange gazeux utilisé par le plongeur retourne à l'installation, où il est recyclé à 99% », explique Per-Arne Spreemann.

### Le cordon avec le navire-mère

En plongée, les plongeurs sont ravitaillés par le « cordon ombilical », ensemble de tuyaux long de plusieurs centaines de mètres. Il s'agit entre autres des tuyaux d'apport et d'évacuation d'air, de câbles électriques et de communication, mais également du tuyau d'eau chaude, permettant de maintenir à température les combinaisons des plongeurs à ces profondeurs glaciales. Ce cordon passe par les « moonpools » en fond de cale, ouvertures permettant de descendre les bathyscaphes dans l'eau, et suit les bathyscaphes dans les profondeurs. Chaque plongeur est relié à cette « Bell » par son propre cordon ombilical, long de près de 30 m. En outre, le bathyscaphe et le scaphandre lourd à casque sont tous deux équipés de réserves de gaz respirable de secours. En effet, pour les plongeurs, la confiance ne signifie pas uniquement de pouvoir se fier à 100% aux personnes restées à bord. Cela signifie également que chaque système qui assure leur survie est sécurisé par un système redondant et garantit une fiabilité maximum.

**Peter Thomas**



**Interview :** La présidente de la GTÜM Dr. Karin Hasmillier sur les normes de la médecine de plongée [www.draeger.com/6/plongee](http://www.draeger.com/6/plongee)



Vivre dans un cylindre : les caissons hyperbares abritant les plongeurs pendant plusieurs semaines constituent le cœur du bateau norvégien spécialisé « Seven Havila »



PHOTOS : DRÄGERWERK AG & CO. / KGA.A (2) ; HAVYARD GLOBAL SOLUTIONS AS (2)

**Différents gaz sont transportés par le réseau de canalisations à bord du bateau et stockés dans de grands réservoirs pour fluides sous pression. L'installation est commandée par un système informatique de pointe**



PHOTO : PRIVÉE

## « Pour les nageurs de combat, la plongée est un transport »

**JENS HÖNER**, enseigne de vaisseau de 1<sup>ère</sup> classe, a formé des plongeurs démineurs et des nageurs de combat. L'officier a parlé avec la Revue Dräger des unités de plongeurs de la Bundeswehr.

### **M. Höner, quelles sont les fonctions pour lesquelles la Bundeswehr emploie les plongeurs ?**

Les plongeurs sont surtout actifs dans la marine, mais aussi dans l'armée, avec les plongeurs démineurs formés, au lac de Starnberg, en Allemagne. S'y ajoutent les unités de plongeurs de la marine : plongeurs libres, plongeurs de bord, plongeurs démineurs et nageurs de combat.

### **Quels sont les domaines d'intervention des différentes unités de la marine ?**

Les plongeurs libres sont des plongeurs à double emploi. C'est-à-dire qu'ils se trouvent sur les bateaux et navires de la marine dans une autre fonction et qu'ils sont également chargés des petites réparations ou d'inspections des fonds de cale. Les plongeurs de bord, en revanche, sont hautement spécialisés dans le sauvetage, la réparation et la maintenance sous l'eau, et dans les ports. Généralement, ils sont alimentés avec de l'air venant de la surface et travaillent sous l'eau avec des outils hydrauliques et avec divers procédés techniques, de la soudure au chalumeau au perçage. Les plongeurs démineurs éliminent tous types d'engins de combat sous l'eau, mais également à terre. Ils sont par exemple intervenus en Afghanistan. Ce sont des pyrotechniciens formés dans tous les domaines relatifs aux munitions, qui peuvent également récupérer et neutraliser les munitions des deux guerres mondiales. Et enfin, pour les nageurs de combat, la plongée est un moyen de transport, leur permettant de se rendre à leur lieu d'intervention et d'en revenir. Ils sont par exemple chargés de l'exploration, des missions anti-pirates et des interventions à terre, parfois en coopération avec le commando des forces spéciales (KSK).

### **Quelles sont les qualifications nécessaires pour travailler comme plongeur dans la marine ?**

Vous n'avez pas besoin d'une formation spécialisée, mais devez tout d'abord présenter les qualités physiques pour la plongée. Les candidats plongeurs sont tout d'abord testés quant à leur aptitude à la plongée, en sous-marin et en tant que nageur de combat à l'institut de médecine navale de la marine. On y examine également la tolérance à l'oxygène des porteurs potentiels d'appareils respiratoire à circuit fermé. L'admission à la formation se décide au préalable par un concours sportif. Dans le cadre de leur formation, les plongeurs de technique navale ont la possibilité de passer l'examen de plongeur professionnel de la chambre de commerce et d'industrie.