

A 800 M. DE PROFONDEUR EN SCAPHANDRE AUTONOME

Des « cerveaux » à circuit fermé permettent aux hommes grenouilles d'atteindre des profondeurs plus grandes, d'y rester plus longtemps et de remonter plus vite.

Par C. GILMORE

ÉTALÉ sur une chaise dans l'atelier encombré, l'appareil ne semble guère différent d'un appareil ordinaire de plongée autonome du type professionnel. Le packaging comprend un grand réservoir entouré de trois autres réservoirs plus petits. Sur le haut on voit sortir deux tuyaux annelés du type classique réunis par une embouchure ordinaire.

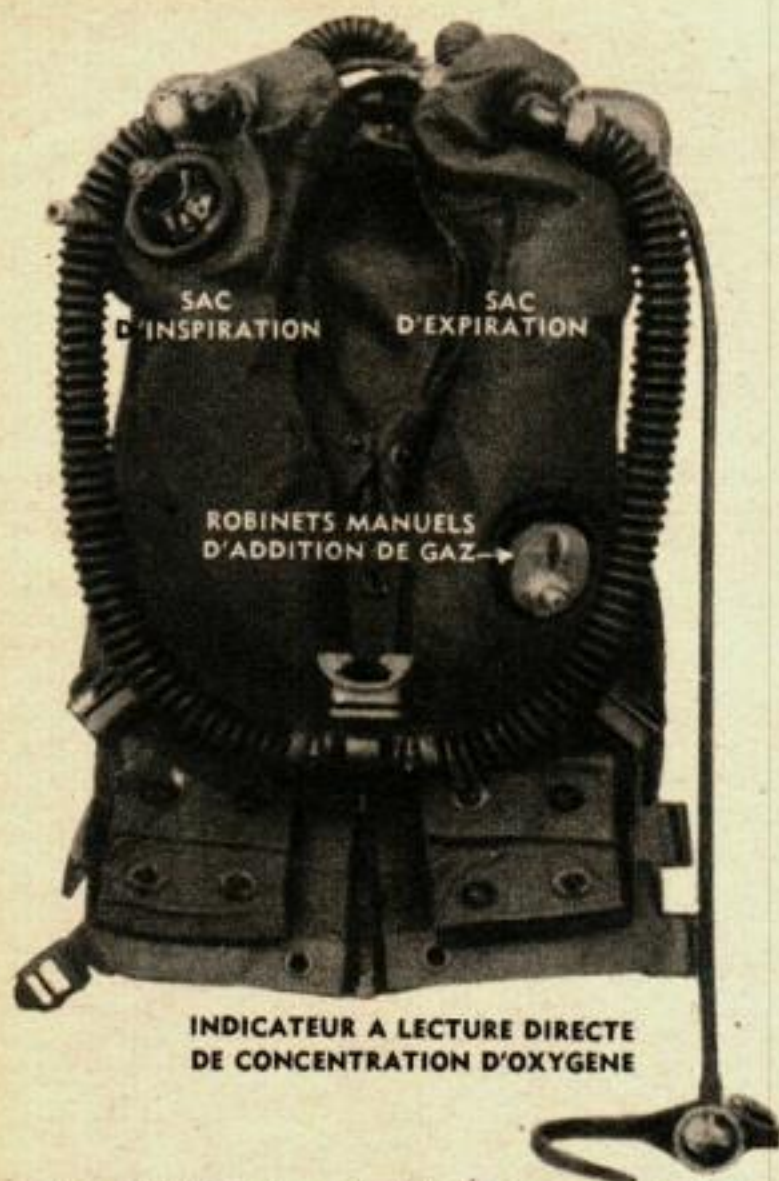
Malgré son aspect ordinaire, cet appareil est peut-être le plus grand progrès réalisé depuis l'invention de la pompe à air. Il permettra peut-être bientôt de faire de véritables promenades à 300, 450 ou même 600 m de profondeur.

Ce scaphandre autonome extraordinaire, c'est le Scubalung Krasberg, inventé il y a quatre ans par un étudiant de 26 ans nommé Alan Krasberg. Depuis, il a évolué, en quatre modèles de plus en plus perfectionnés et la Marine américaine est en train de le mettre au point.

Comme tout appareil de plongée autonome, le Krasberg est conçu dans un seul but : permettre à un homme d'atteindre et de se maintenir un certain temps dans un milieu aquatique auquel son organisme n'est pas adapté comme celui des poissons. Jusqu'à 30 m de profondeur environ — ce qui est à peu près la limite actuelle des plongées sportives — ce n'est pas

L'APPAREIL DE PLONGÉE révolutionnaire de Krasberg est mis à l'épreuve au large de Massachusetts. On pense que des appareils de ce genre permettront un jour d'exploiter les richesses de certains fonds marins.





CET APPAREIL est équipé d'un système à circuit fermé qui permet d'utiliser rationnellement les gaz qui s'y trouvent. On peut ainsi faire des plongées plus longues et réduire le temps de décompression.

tellement difficile. Pour cela, un plongeur n'a besoin en gros que d'un réservoir d'air comprimé et d'un régulateur qui en assure le débit à la demande.

Mais pour des plongées beaucoup plus profondes, l'adaptation devient de plus en plus difficile. Dans les couches profondes où règnent des pressions formidables, des phénomènes extraordinaires et fort désagréables se produisent dans l'organisme humain. Ce sont ces phénomènes que l'appareil de Krasberg cherche à éviter.

Il est curieux de constater que ce n'est pas la difficulté la plus évidente, la pression écrasante, qui cause le plus de souci. Du moins, pas directement. Le corps humain est formé pour 60 à 70 % d'eau, et l'eau est pratiquement incompressible. De sorte que le corps humain est en grande partie pratiquement incompressible. Les parties vulnérables sont les cavités : l'oreille intermédiaire, les sinus, les poumons. Et même pour cela, il existe des solutions relativement simples. Tant que la pression de l'air qu'on respire est égale à la pression ambiante du milieu aquatique, il n'y a aucun ennui. La pression intérieure équilibre la pression extérieure et empêche l'écrasement des cavités.

Les difficultés commencent, bien qu'encore sans gravité, à 10 m de profondeur. A cette profondeur, la pression atteint deux atmosphères (le double de la pression atmosphérique au niveau de la mer) et les gaz contenus dans les poumons — composés surtout d'oxygène et d'azote — commencent à se diffuser dans le sang et les autres humeurs de l'organisme. La présence de l'azote dans le sang produit des effets similaires à ceux de l'alcool. A mesure que la profondeur augmente, l'ivresse du plongeur croît. Bientôt, la narcose de l'azote, la redoutable « extase des profondeurs » prive le plongeur de sa lucidité. Il risque alors de faire des tas de bêtises mortelles, par exemple, rester trop longtemps en profondeur et se trouver à court d'oxygène, ou croire qu'il peut respirer dans l'eau et faire l'essai.

La narcose de l'azote a causé la mort de plus d'un plongeur, et pourtant, il n'est pas tellement difficile de l'éviter. Les plongeurs professionnels qui descendent à plus de 45 m de profondeur pendant un temps assez long respirent non de l'air comprimé mais un mélange spécial d'oxygène et d'un autre gaz inerte, généralement de l'hélium. Dans l'appareil de Krasberg, un dispositif sensible à la pression débite de l'hélium dès que le plongeur dépasse 10 m de profondeur en descente.

Il existe toutefois un danger plus grand que la narcose de l'azote. A la surface, l'oxygène entretient la vie.

LE SECRET DE CE SYSTEME, c'est qu'il permet de faire varier les proportions d'oxygène et d'hélium à des profondeurs différentes. Le mécanisme désigné du nom de « cerveaux » dose le mélange.



Mais un excès d'oxygène peut avoir des effets mortels. A mesure que le plongeur s'enfonce, la pression d'air augmente automatiquement dans l'appareil pour équilibrer la pression de l'eau ambiante qui croît d'une atmosphère quand la profondeur augmente de 10 m. A 60 m, il respire l'air à une pression sept fois plus grande que la pression normale, et inspire ainsi sept fois plus d'air que dans la respiration normale en surface. La capacité de ses poumons n'a pas augmenté, mais la densité de l'air est devenue sept fois plus grande. Comme la proportion d'oxygène dans l'air reste la même, il respire du même coup sept fois plus d'oxygène.

Si on respire un mélange très riche en oxygène pendant un temps trop long, il se produit des phénomènes pathologiques similaires à l'empoisonnement. Cela commence par des étourdissements et des nausées ; puis, il se produit des spasmes musculaires, des convulsions et enfin la mort. Avant la mise au point de l'appareil de Krasberg, il n'existait aucun appareil portatif pouvant combattre ces effets.

Alan Krasberg, un homme grand et réservé, avait commencé à s'intéresser à la plongée sous-marine en tant que passe-temps vers 1950, alors qu'il faisait ses études secondaires à Chicago. Ensuite, pendant son service militaire, il fut affecté au service macabre du repêchage des cadavres dans l'eau.

« J'avais le choix entre ce genre de travail

et un travail de bureau, dit-il. Au moins, avec celui-là, je pouvais faire des plongées. »

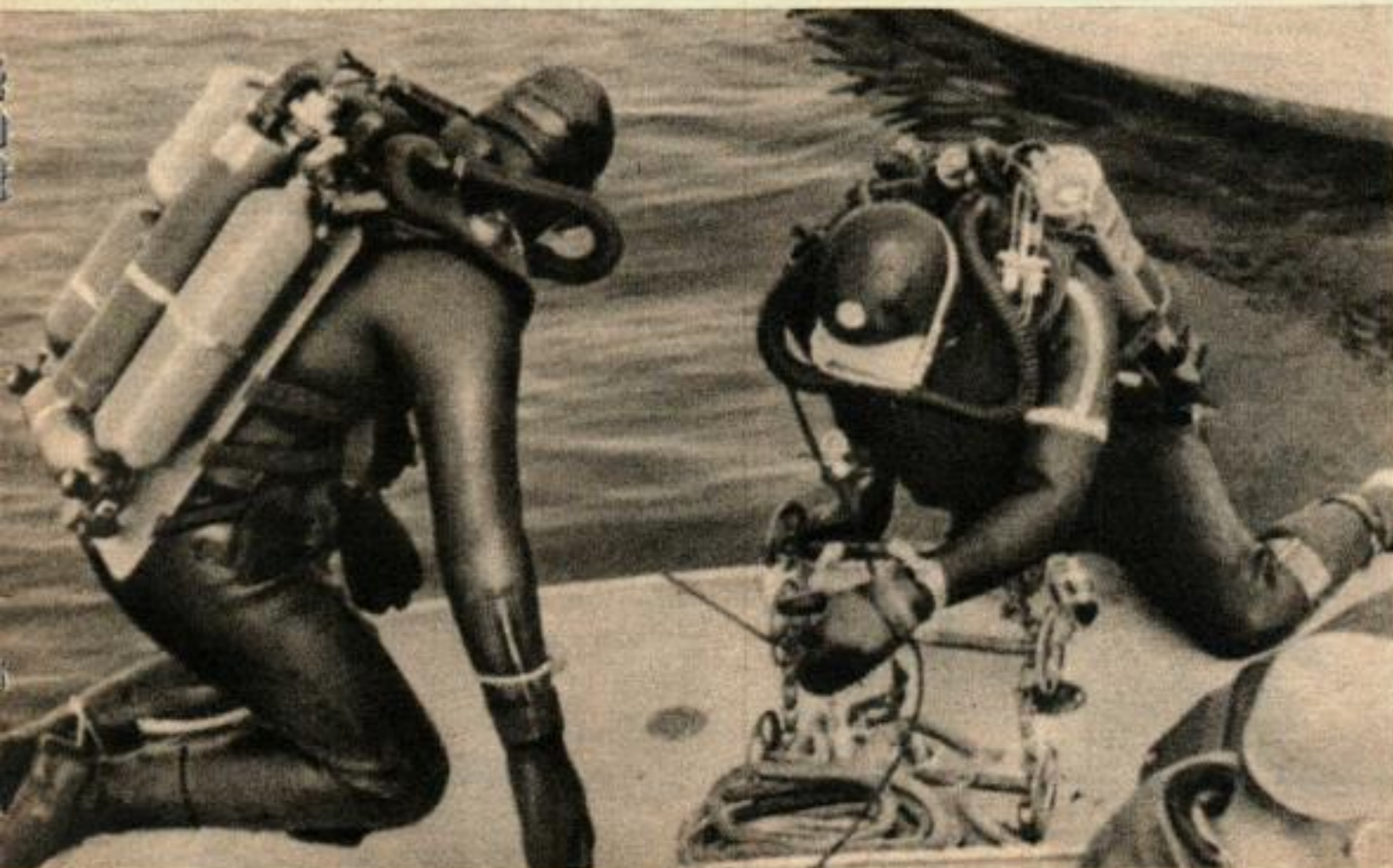
En 1960, Krasberg étudia l'astrophysique à l'Université de Haward. Mais il manifestait toujours un intérêt très vif pour les plongées. Il habitait dans une maison collective avec quatre autres étudiants et trouva alors une application pratique pour son violon d'Ingres. « Les autres se chargeaient de fournir la viande, moi le poisson et les homards », dit-il.

Alors que les autres amateurs de plongées se contentaient de descendre à 20 ou 30 m, Krasberg fut attiré par des plongées plus profondes. Bien entendu, les problèmes de la narcose de l'azote et de l'empoisonnement par l'oxygène lui étaient bien connus. Une grande firme s'occupait à l'époque, à la suite d'un contrat passé avec la Marine de guerre, de mettre au point un appareil autonome pouvant combattre ces effets. Krasberg chercha lui-même une solution à ces problèmes.

La plus grosse pierre d'achoppement, c'était l'absence d'un bon appareil pour mesurer la quantité d'oxygène de l'air indépendamment de la pression. Là où d'autres avaient échoué avant lui, Krasberg réussit. En été 1961, il avait réalisé un appareil de la taille et de la forme d'un petit microphone qui pouvait remplir cette fonction.

Plus la quantité d'oxygène est grande dans l'air où l'instrument est plongé, plus sa tension électrique de sortie était grande. Cet

VOICI UN DEPART DE PLONGEE en essai préliminaire. Avant l'invention de l'appareil Krasberg, il n'existait pas de dispositif portatif pouvant protéger le plongeur contre l'empoisonnement par excès d'oxygène — un risque attaché aux plongées profondes.



appareil fonctionne indépendamment de la pression et de la présence ou de l'absence des autres gaz.

Le détecteur d'oxygène de Krasberg est excellent pour doser la quantité d'oxygène respirée par le plongeur au fur et à mesure qu'il descend en profondeur. Krasberg l'a équipé d'un circuit de contrôle électronique qui fonctionne comme un thermostat. Quand la quantité d'oxygène diminue dans le circuit de respiration, le détecteur ouvre un clapet et laisse débiter. Quand l'oxygène atteint le dosage réglé d'avance, le détecteur ferme le clapet.

Krasberg construisit un appareil de plongée autonome pour faire l'essai du détecteur. C'était assez rustique, mais le fonctionnement fut satisfaisant. Ensuite, il s'associa à la firme Emerson, de Cambridge, Mass. pour pouvoir mettre au point un appareil plus perfectionné. Ils proposèrent leur dispositif à la Marine. (Le service des appareils de plongée de la Compagnie Emerson a été acquis depuis par la firme Westinghouse et Krasberg collabore maintenant avec le service de plongée de cette dernière compagnie).

La Marine est difficile à convaincre

La bureaucratie de la Marine fut un gros obstacle à surmonter. Les autorités ne voulurent même pas croire, tout d'abord, à l'existence de l'appareil de plongée perfectionné : « Vous n'êtes qu'une petite firme qui ne

reçoit aucune subvention du gouvernement pour faire des recherches. Il est donc impossible pour vous d'avoir réalisé ça. »

La Marine finit par consentir à faire des essais avec l'appareil et les spécialistes de la plongée furent impressionnés. « Le dosage constant de l'oxygène et la quantité limitée d'oxygène consommée par le plongeur permettent d'espérer la réalisation d'un mélange pouvant être respiré sans danger à des profondeurs dépassant 300 m. » C'est en ces termes circonspects que la Marine donna son opinion. Krasberg obtint un contrat pour la construction de trois autres appareils pour d'autres essais. Ces essais sont maintenant en cours.

Le dispositif de Krasberg comporte, en plus de l'élimination du danger d'empoisonnement par l'oxygène, plusieurs avantages sérieux. Pour les plongées profondes, l'une des plus grandes difficultés rencontrées est l'insuffisance de la réserve de gaz pour toute la durée de la plongée. La plupart des plongeurs utilisent les dispositifs dits « à circuit ouvert ». A titre d'exemple, on peut citer le simple appareil à air comprimé utilisé par les amateurs. Le plongeur inspire l'air du réservoir et l'expire dans l'eau. Ce n'est pas très rationnel étant donné que près de la surface, ses poumons n'absorbent que 4 % environ de l'air qu'ils inspirent.

Le reste est rejeté à l'extérieur. A mesure qu'augmente la profondeur, ça va de mal

On peut se parler comme les poissons

LA possibilité d'une découverte révolutionnaire en matière de communications sous-marines a attiré les savants et les spécialistes de la Marine à Sarasota, en Floride, où Wallace Minto a installé son laboratoire. L'appât est un nouveau système qui remplacera peut-être un jour tous les autres déjà en service.

La Marine peut, à l'heure actuelle, établir un contact par radio avec ses sous-marins, à la condition que ces derniers soient à moins de 9 m de profondeur. Il faut une puissance énorme pour transmettre ces messages et le sous-marin ne peut répondre qu'en sortant une antenne hors de l'eau.

Le système Minto peut, paraît-il, venir à



en pis. Comme l'air est maintenant fortement comprimé, le plongeur en prend bien davantage à chaque inspiration — sept fois plus d'air à 60 m, treize fois plus à 120 m, vingt-cinq fois plus à 240 m.

A une grande profondeur, le réservoir se vide en moins d'une minute. Et pourtant, le plongeur n'en use en réalité que la même quantité à peu près qu'il aurait utilisée en surface, une faible proportion de tout ce qui lui passe dans les poumons.

La solution pour le problème de l'oxygène

La solution évidente de ce problème, c'est de remettre cet air en circulation, de réaliser un système en circuit fermé. Les hommes grenouilles de la Marine, que les bulles d'air expiré pourraient trahir au cours d'une mission de guerre, ont utilisé depuis des années des systèmes à circuit fermé, à des profondeurs relativement faibles où l'empoisonnement par l'oxygène n'est pas un risque sérieux.

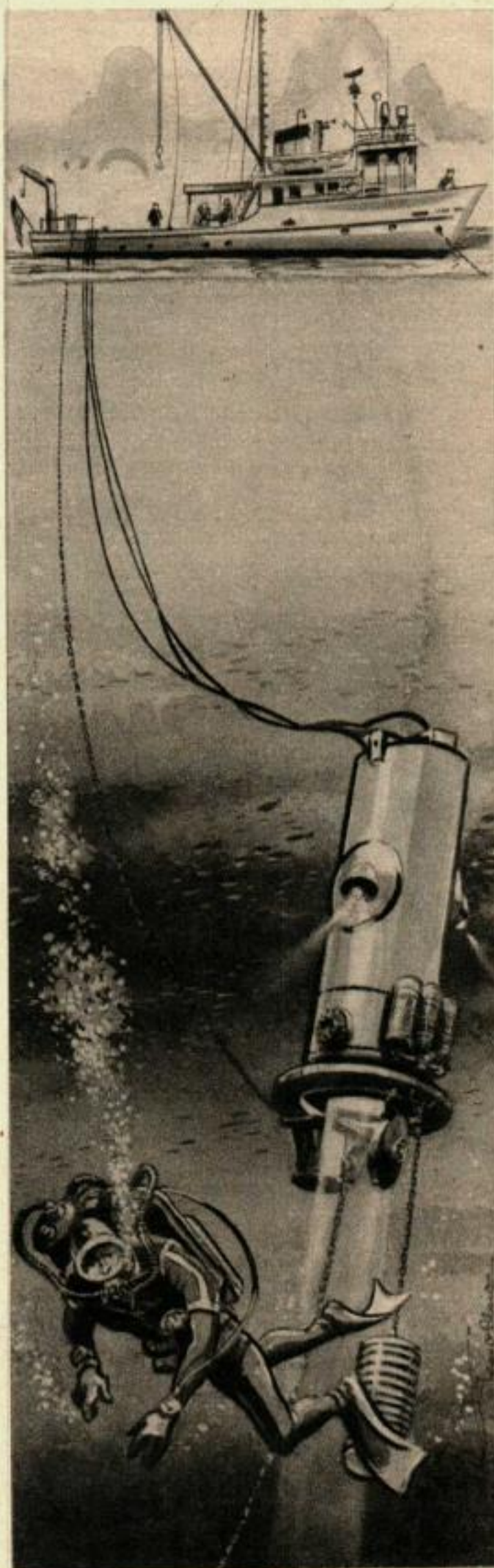
Mais un système fermé qui n'est pas muni d'un moyen précis et sûr de dosage d'oxygène peut faire courir un danger mortel aux grandes profondeurs. Avec le dispositif de Krasberg, le problème du dosage d'oxygène est résolu. Quelle que soit la profondeur, la densité de l'oxygène reste dans des limites acceptables.

(Suite page 114)

bout de toutes ces difficultés. Bien que le moyen utilisé soit de nature électromagnétique, explique l'inventeur, il ne se comporte pas comme une onde radio qui s'atténue rapidement dans l'eau. Il a baptisé ce mode de propagation « radiation hydronique » et croit qu'elle fait partie d'un « nouveau spectre » de rayonnement. Il a fait cette découverte en étudiant la propagation des sons dans l'eau et a retracé la source aux poissons. Il semble que ces derniers sont munis d'une sorte de radar.

Minto utilise des antennes spéciales pour émettre et recevoir les ondes hydroniques. (En page 18, on le voit plonger une antenne dans l'eau au cours d'une démonstration.) Les émetteurs et les récepteurs utilisent des « transistors, des condensateurs et des résistances du type classique » et peuvent être construits assez petits pour pouvoir être adaptés autour du cou d'un plongeur (comme on peut voir sur l'autre photo).

Minto affirme qu'il a pu capter des signaux morse à une distance de 50 km et des émissions en phonie à 8 km. En plus des applications les plus évidentes (communications entre plongeurs ou entre sous-marins et navires d'appui), Minto prévoit l'utilisation des ondes hydroniques par des radars sous-marins ainsi que pour le service transocéanique du téléphone et de la télévision.



A 800 m. de profondeur en scaphandre autonome

(Suite de la page 19)

Ce dispositif a de plus un excellent rendement. Le réservoir d'oxygène à haute pression, long d'environ 30 cm, ne débite qu'à la demande et peut suffire pour de longues heures de plongée. Le gaz carbonique est éliminé du circuit de respiration par un procédé chimique dans le grand réservoir principal. L'hélium n'est débité que pour remplacer le gaz perdu par de petites fuites sans importance. Le dernier appareil de Krasberg qui n'est pas plus volumineux que certains appareils professionnels, contient assez de gaz pour une plongée de 6 h.

Il est rare qu'on veuille travailler à grande profondeur pendant 6 h, mais tout appareil autonome de plongée doit permettre de rester assez longtemps dans l'eau pour éviter la « crampe des plongeurs ».

On attrape la « crampe » si on remonte trop vite. Quand le plongeur est à grande profondeur, les gaz qu'il respire sont absorbés par le sang. S'il remonte trop vite vers la surface, la pression diminue brusquement. C'est le cas de la bouteille d'eau gazeuse qu'on secoue et qu'on ouvre ensuite. Les gaz qui sont dissous sous pression dans le liquide sont brusquement libérés. Il se forme ensuite des bulles en abondance. C'est ce qui se produit dans l'organisme du plongeur. Les gaz dissous dans le sang et les humeurs forment des bulles, provoquant une douleur intense et parfois même la mort.

Une décompression lente s'impose donc. En règle générale, un plongeur qui a travaillé à une grande profondeur pendant un temps assez long remonte lentement à la surface.

A des intervalles de 3 m signalés par des nœuds portés par une corde, il fait une pause pendant un temps donné. Cette remontée progressive donne aux gaz le temps de se libérer petit à petit et évite les mauvais effets.

Par exemple, quand on a passé 1 h à 120 m de profondeur, le temps de décompression dépasse 7 h 30. C'est une ascension inter-

minable et, dans la pratique, on ne peut l'envisager. La Marine fait travailler ses plongeurs pendant 30 mn au plus à 115 m, et même pour cette faible durée la remontée dure 3 h.

Réduction du temps de décompression

Il est évident que la nécessité de la décompression réduit sérieusement aussi bien la profondeur qu'on peut atteindre que le temps de séjour utile. L'appareil de Krasberg augmente les possibilités par une utilisation rationnelle des gaz. Mais il comporte également un autre perfectionnement qui réduit le temps de décompression. On savait depuis longtemps qu'il est possible de réduire la décompression en faisant varier les proportions des gaz utilisés suivant la profondeur. Plus la proportion d'oxygène est grande dans le mélange respiré — sans dépasser bien entendu celle où apparaît l'empoisonnement par l'oxygène — moins le sang absorbe d'hélium. On obtient ainsi une décompression plus courte.

Voici comment Krasberg applique ce principe dans une plongée usuelle, disons à 90 m, avec un séjour de 20 mn au fond. Les tables de plongée de la Marine américaine montrent que la pression d'oxygène maximale à ne pas dépasser pour une telle plongée est de 1,6 atm. On règle le régulateur d'oxygène pour cette pression. Au cours de la descente, le régulateur d'oxygène commence à fonctionner à 10 m, limitant l'oxygène à la plus grande densité acceptable. L'hélium envahit alors le système respiratoire. Au cours de la remontée, le plongeur s'arrête à 45 m et ouvre une valve pour lâcher l'hélium qu'il a respiré. Il met ensuite l'air comprimé en circuit.

Le système d'oxygène perçoit que la proportion d'oxygène de l'air est plus faible que le maximum acceptable et fait débiter l'oxygène.

Lorsque le plongeur arrive à la surface, il respire déjà de l'oxygène pur et il se débarrasse rapidement des gaz dissous dans son organisme.

Une plongée à 90 m durant 20 mn avec un équipement classique exigerait une remontée de 2 h 30. Avec l'appareil Krasberg, elle peut être effectuée en 57 mn. Une plongée à 30 m pendant 2 h n'aurait besoin d'aucune décompression. Un plongeur peut ainsi travailler pendant 2 h dans la matinée, remonter pour déjeuner, et redescendre dans l'après-midi pour travailler pendant 2 h encore. Avec un équipement classique, la première remontée exigerait autant de temps que le séjour au fond, soit 2 h pleines. La deuxième remontée, à cause de l'effet accumulé, prendrait encore plus de temps.

Aménagement des cloches de plongeurs

Le système Krasberg de dosage d'oxygène peut également être appliqué aux cloches de plongée dans lesquelles on peut faire séjourner des êtres humains pendant des jours et des semaines dans les profondeurs de la mer.

Fournitures générales pour

Peintres en lettres, Décorateurs, Installateurs, Dessinateurs et Bricoleurs

Peintures lumineuses, phosphorescentes, réfléchissantes

La seule maison en France ayant
TOUT
pour le peintre en lettres.

ATELIERS BAROUX

160, boul. de la Gare, PARIS-13
tél. : GOB 82-39

Distributeurs en France : LEFRANC, ALCAMER,
VALDORBOIS, RODEL, DIAMOND, MÉTEOR,
COLORA, PEUGEOT, ÉTERNA, UNIVERSAL

Ces cloches éliminent la décompression journalière. Il suffit d'une seule décompression par mission, tout à la fin, quand on remonte à la surface.

Le point faible des cloches construites jusqu'à présent, c'est qu'elles sont alimentées en gaz respirables à partir de la surface. Le cordon ombilical qui relie la cloche au navire d'appui est vulnérable. L'été dernier, la Marine américaine a immergé le « Sealab » (un laboratoire sous-marin installé dans une cloche géante aménagée avec le dernier confort) à 55 m de profondeur au large des Bermudes. Quatre hommes ont vécu dans cette cloche pendant plus d'une semaine, la quittant avec leur appareil de plongée pour travailler sur le fond chaque jour comme de vulgaires banlieusards. Cette expérience fut un succès et prouva que des êtres humains peuvent vivre pendant des périodes prolongées dans un milieu ambiant à pression élevée. On dut y mettre près de onze jours, bien qu'elle devait durer trois semaines à cause de l'approche d'une tempête.

Comme le système Krasberg permet de tirer un bon parti des gaz, les cloches de plongée futures pourraient contenir une quantité de gaz suffisante pour toute la mission. Le « Sealab II », une autre cloche de la Marine dans laquelle une équipe de plongeurs doit séjourner pendant un mois à une profondeur de 70 m, utilisera le système Krasberg pour maintenir le mélange correct de gaz. Cette expérience doit avoir lieu en août prochain.

Peut-on descendre par ses propres moyens

Jusqu'à quelle profondeur un homme équipé de l'appareil Krasberg et d'autres appareils perfectionnés pourrait-il descendre en nage libre ? Certains spécialistes pensent que l'hélium pourrait produire sa propre narcose vers les 450 m de profondeur, mais il s'agit là d'une simple hypothèse.

« On pourrait trouver une zone grise en profondeur en dessous de laquelle les plongées se heurteraient à des difficultés pratiques — a dit Krasberg. Cela pourrait se trouver à 450, ou plus bas encore. Pendant des périodes assez courtes, nous pourrions peut-être pénétrer quand même dans cette zone. » Si une telle zone existe, il faudra sans doute un certain temps encore pour la découvrir. La Marine américaine fait en ce moment les essais de l'appareil Krasberg. On a fait dans le bassin d'essai des plongées fictives, à 90 m et on a atteint en mer la profondeur réelle de 60 m. On doit faire encore cet été d'autres essais en pleine mer au large de Key West. Mais les progrès sont lents. Pour des raisons de sécurité, la Marine tient à faire des plongées réussies à des profondeurs de plus en plus grandes avant de s'attaquer vraiment aux grandes profondeurs. On estime qu'il faudra au moins un an pour que les essais dépassent la profondeur de 300 m.

Mais l'appareil de Krasberg et les expériences comme celle du « Sealab II » mettent à la portée de l'homme les trésors enfouis

sous les mers, et qui ne sont encore que des tentations d'autant plus fortes qu'elles sont si proches. Selon Edwin Link, l'inventeur du fameux simulateur de vol et qui est devenu un spécialiste de l'exploration sous-marine, si l'homme pouvait travailler en toute sécurité et dans le confort à 300 m de profondeur, sur les balcons continentaux, il aurait dès lors accès à plus de 25 millions de kilomètres carrés de fonds sous-marins. Il pourrait exploiter les secrets scientifiques et les richesses minérales, animales et végétales de ces immenses plateaux submergés, retrouver les anciennes épaves, trouver des diamants et de l'or, cultiver le sol sous-marin et y faire l'élevage des poissons.

« Il y a seulement quelques années, on pouvait à peine envisager de travailler à de telles profondeurs, dit Krasberg ; suivant les manuels, l'homme ne pouvait descendre en plongée à plus de 180 m. En-dessous, la pression formidable causerait des dégâts dans l'organisme. Mais certains plongeurs descendirent plus bas et l'on recula la limite à 240 m. Aujourd'hui, peu de gens s'aventurent à émettre des hypothèses sur la profondeur limite. »