

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 723 909

②1 N° d'enregistrement national : 94 10538

⑤1 Int Cl⁶ : B 63 C 11/18

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 26.08.94.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : 01.03.96 Bulletin 96/09.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : COMEX COMPAGNIE MARITIME D'EXPERTISES SOCIÉTÉ ANONYME — FR.

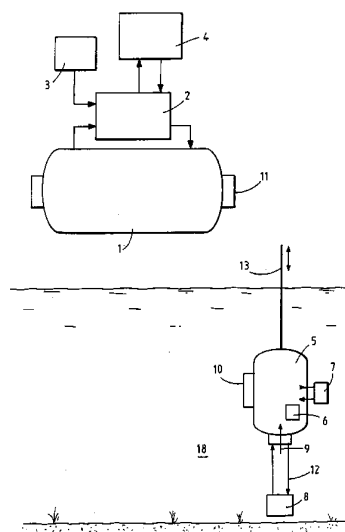
⑦2 Inventeur(s) : DELAUZE HENRI, GARDETTE BERNARD et GORTAN CLAUDE.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire : BEAU DE LOMENIE.

⑤4 PROCÉDE ET INSTALLATION DE PLONGÉE SOUS-MARINE EN MÉLANGE RESPIRATOIRE A L'HYDROGÈNE.

⑤7 Le secteur technique de l'invention est le domaine de la plongée sous-marine industrielle pour des interventions en moyenne et grande profondeur suivant un procédé et avec des installations de mise en pression, d'alimentation en mélange respiratoire à l'hydrogène, et décompression d'une personne (8) effectuant ladite plongée. Selon la présente invention, on pressurise ladite personne jusqu'à une pression absolue P_1 (14) d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène; on alimente au moins à partir de cette pression P_1 (14) ladite personne (8) avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P en fonction de la profondeur de plongée p , lequel deuxième mélange respiratoire est de type hydrélox contenant de l'hydrogène à une pression partielle minimum de 0,33 Mpa, de l'oxygène à moins de 4 % en volume, de l'hélium à plus de 0,1 Mpa et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 Mpa; on maintient l'alimentation du mélange hydrélox ainsi obtenu à la pression P_2 (18) de la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée.



FR 2 723 909 - A1



La présente invention a pour objet des procédés et des installations de plongée sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène.

Le secteur technique de l'invention est le domaine de la plongée sous-marine industrielle pour des interventions à moyenne et grande profondeur.

Une des applications principales de l'invention est la possibilité d'effectuer des plongées à partir d'installations assurant l'immersion et la pressurisation de plongeurs jusqu'à une certaine profondeur au-delà de 50 m, et permettant à ce plongeur d'aller effectuer un travail donné, avec sécurité et efficacité, jusqu'à au moins 650 m, grâce à l'utilisation d'un mélange gazeux ternaire baptisé hydréliox, et contenant au moins de l'hélium, de l'oxygène et de l'hydrogène, puis à ramener ledit plongeur à la pression atmosphérique en surface après une phase de décompression.

On connaît en effet depuis la fin du siècle dernier la possibilité de respirer un mélange gazeux contenant de l'hydrogène, mais des expérimentations sur l'homme n'ont vraiment été réalisées en plongée avec un tel gaz qu'à partir de 1944; depuis, des essais ont continué d'une manière épisodique et non continue, ayant fait l'objet, dans certains cas, de publications. Ceux-ci n'ont été en fait poursuivis jusqu'à ce jour que dans un cadre de recherche des effets physiologiques de l'hydrogène sur l'homme et n'ont pas permis de véritables applications industrielles du fait des nombreux risques encourus, dûs à la fois aux caractéristiques explosives d'un tel mélange, à la difficulté de manipuler celui-ci en cours de plongée et à certaines réactions d'inaccoutumance des plongeurs.

Pourtant l'hydrogène présente un très grand intérêt surtout pour la plongée en moyenne et grande profondeur, car correctement dosé dans le mélange respiratoire il atténue considérablement certains effets indésirables générés par la pression. En particulier, la réduction, voire la disparition du syndrome nerveux des hautes pressions mis en évidence en 1968 par X. FRUCTUS, R. NAQUET et R. BRAUER d'une part, et la diminution de la masse volumique du mélange respiratoire d'autre part (l'hydrogène est deux fois moins dense que l'hélium), évitent que les performances des plongeurs ne se dégradent au fur et à mesure de l'augmentation de la profondeur.

En effet, il est connu d'adapter le type de gaz respiratoire en fonction de la profondeur d'immersion, tel que généralement : de l'air, du mélange nitrox (N_2 , O_2), du mélange trimix (He , N_2 , O_2) et du mélange héliox (He , O_2), mais malgré l'utilisation de tels mélanges synthétiques, les plongeurs subissent les effets de la pression hydrostatique et des gaz non métabolisés (hélium, azote), ainsi que ceux liés à l'augmentation de la masse volumique du gaz respiré sous pression. Ces divers effets génèrent :

- des désordres physiologiques définis par le syndrome des hautes pressions regroupant divers syndromes neurologiques, articulaires, digestifs qui réduisent l'efficacité des plongeurs;
- des efforts respiratoires qui, en augmentant proportionnellement avec la profondeur, du fait de l'augmentation de la masse volumique du mélange respiratoire, d'autant plus élevé que le poids moléculaire de celui-ci est important, réduisent fortement la capacité de travail des plongeurs.

Les expériences évoquées précédemment, telles que décrites dans les publications essentiellement destinées aux professionnels et aux scientifiques, comme celles de l'UHMS (Undersea and Hyperbaric Medical Society) Publication référence n° 69 du 3 janvier 1987 et intitulée "Hydrogen as a diving gas" éditée par Ralph W. BRAUER, et de la compilation de textes sélectionnés par cette "Undersea Medical Society" en 1983, regroupant et intitulée "Key documents of the biomedical aspects of deep sea diving" de 1608 à 1982, et quelques autres, ont permis de déterminer certains critères de limite d'utilisation de mélange de gaz contenant au moins à la fois de l'hydrogène et de l'oxygène, celui-ci étant nécessaire à la respiration des plongeurs : il a été en particulier relevé un risque de narcose au-delà de 2,5 MPa de pression partielle d'hydrogène.

Ainsi, il a été envisagé assez récemment de rajouter de l'hydrogène dans le mélange binaire de base, bien connu et utilisé industriellement depuis de nombreuses années, et qui, appelé héliox, est un mélange d'hélium et d'oxygène : on obtient ainsi un mélange ternaire, évoqué en introduction dans le cadre de la présentation d'une des applications principales de l'invention, appelé hydréliox qui, lors des essais réalisés dans des zones de profondeur accessibles avec des mélanges héliox, a montré qu'il améliore de manière très

significative l'efficacité et la capacité de travail des plongeurs et, par voie de conséquence, leur sécurité et la fiabilité des interventions sous-marines humaines. L'hydréliox permet également aux plongeurs d'intervenir efficacement au-delà des limites de la plongée à l'héliox situées, au plan industriel, vers 350/450 mètres. Ainsi sous hydréliox, la profondeur record de moins 701 mètres a été atteinte en 1992 au Centre d'Essais Hyperbares du déposant sous le contrôle de l'équipe du Docteur X. FRUCTUS, certes en simulateur hyperbare.

10 A partir de ces différentes données expérimentales souvent effectuées à la limite des possibilités du matériel et des capacités humaines des personnes se prêtant à ces expériences, avec donc quelques prises de risques mais contrôlées obligatoirement en permanence par des médecins et des scientifiques connaissant bien le problème, les objectifs et le problème posé et que l'on veut résoudre dans la présente invention, sont de déterminer d'une manière industrielle, répétitive, fiable, en toute sécurité et par des professionnels mais non forcément scientifiques, à la fois les critères d'utilisation des mélanges hydréliox, les compositions optimum de ceux-ci pour effectuer un travail en toute sécurité et avec une efficacité la meilleure, les procédés de plongée utilisant ces mélanges, les moyens de contrôler et de maîtriser la composition de ceux-ci, en particulier par rapport au taux d'hydrogène et d'oxygène, et les installations permettant de telles plongées.

25 De tels objectifs sont effectivement atteints par la présente invention, en particulier par un procédé de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne effectuant ladite plongée, selon lequel :

30 - on pressurise ladite personne jusqu'à une pression P_1 absolue d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène;

- on alimente au moins à partir de cette pression P_1 ladite personne avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P en fonction de la profondeur de plongée p à laquelle on fait descendre ladite personne, lequel deuxième mélange respiratoire est de type hydréliox contenant de l'hydrogène à une pression partielle

minimum de 0,33 MPa, de l'oxygène à moins de 4% en volume, de l'hélium à plus de 0,1 MPa de pression partielle et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 MPa de pression partielle totale ;

- on évite de fournir ce deuxième type de mélanges respiratoires hydrogénés suivant une composition qui situerait la plongée dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions ou de narcose ;

- on maintient l'alimentation du mélange hydréliox ainsi obtenu à la pression P2 de la profondeur de plongée p2 de l'intervention souhaitée et on autorise ladite personne à effectuer l'intervention voulue à cette profondeur p2 ;

Dans le cas où, pour effectuer ladite plongée, on utilise une enceinte remplie de gaz respiratoire maintenu à tout instant à la pression P voulue jusqu'à la profondeur p2, soit dans le cas de la plongée mixte tel que défini ci-après pour la reprise de fuites d'hydrogène éventuelles qui se produiraient dans l'enceinte, soit dans le cas de la plongée à saturation à l'hydrogène lors de la phase de décompression pour modifier le taux d'hydrogène dans ladite enceinte, on fait circuler en boucle fermée ledit mélange de gaz contenu dans celle-ci à travers au moins un circuit de traitement dans lequel on le déshydrogène avant de le renvoyer dans l'enceinte; pour cela, on force ledit mélange respiratoire dans ledit circuit de traitement grâce à un circulateur et on fait traverser ainsi le mélange gazeux dans un réacteur à oxydation catalytique avant de renvoyer le mélange de gaz ainsi déshydrogéné dans ladite enceinte.

Si on veut éliminer de grandes quantités d'hydrogène, c'est-à-dire dans le cas essentiellement de la plongée en saturation avec un gaz hydréliox, après avoir fait traverser ledit mélange gazeux dans le réacteur à oxydation catalytique, on condense l'eau, résultant de l'oxydation avec l'hydrogène, dans un condenseur et on récupère celle-ci dans une capacité distincte du circuit de traitement grâce à un séparateur, ce qui permet de renvoyer le mélange de gaz non seulement déshydrogéné mais également déshumidifié dans ladite enceinte.

Dans un mode préférentiel de réalisation, en cas d'alimentation en gaz respiratoire en boucle fermée, soit à partir d'une enceinte soit directement avec le plongeur, pour compenser la consommation d'oxygène métabolique de celui-ci, on rajoute l'oxygène nécessaire dans le mélange respiratoire circulant dans ladite boucle fermée vers

le plongeur depuis une réserve extérieure haute pression et à travers un circuit oxygénateur, tel que : par une première vanne de sécurité on remplit une capacité tampon d'un volume donné par l'ouverture d'une vanne de charge amont, puis, quand la pression partielle d'oxygène

5 dans ledit mélange respiratoire qui est alors soit celui de ladite enceinte, soit celui directement respiré par le plongeur, descend en dessous d'un seuil donné, on ferme la vanne de charge et on n'ouvre qu'alors la vanne de décharge aval à travers laquelle l'oxygène s'échappe dans ledit mélange à respirer, soit vers l'enceinte, soit

10 directement dans la boucle fermée d'alimentation du plongeur, par au moins une autre vanne de sécurité.

Dans un mode de plongée particulier, on pressurise et on descend ladite personne dans une enceinte que l'on appelle en ce cas tourelle, jusqu'à atteindre la pression et la profondeur p_2 souhaitées, en

15 utilisant des mélanges de gaz respiratoire ne contenant pas d'hydrogène; on maintient un tel mélange non hydrogéné dans ladite enceinte pendant toute la durée de l'intervention puis de la décompression; on alimente ladite personne en mélange respiratoire de type hydréliox à l'aide d'un circuit distinct de ceux alimentant

20 ladite enceinte dès le moment où la personne doit sortir de ladite enceinte pour effectuer son intervention et jusqu'à son retour dans cette enceinte.

Ce procédé de plongée est appelé de plongée mixte, au cours de laquelle le gaz respiratoire permettant la pressurisation et la

25 dépressurisation n'est pas hydrogéné et peut donc être un gaz connu tel que de l'héliox, et on utilise le gaz hydrogéné hydréliox uniquement pour la durée de l'intervention proprement dite : en ce cas, s'il s'agit de plongées mixtes mais qui ne sont pas dites de saturation et qui sont effectuées de toute façon à plus de 35 mètres

30 de profondeur d'intervention, un mélange respiratoire suivant la présente invention est tel qu'il comprend de l'oxygène à un taux inférieur à 4%, de l'hélium à une pression partielle au moins de 0,1 MPa, de l'hydrogène à la pression partielle d'au moins de 0,33 MPa et d'au plus de 1,8 MPa, et d'autres gaz éventuels tels l'azote avec une

35 pression partielle totale inférieure à 0,09 MPa.

Dans le cadre de plongées mixtes telles que définies ci-dessus, mais au cours desquelles il y a saturation, au moins à l'hélium, le

mélange respiratoire hydréliox utilisé répond aux mêmes critères de composition que ceux définis ci-dessus mais de plus, le taux d'hydrogène doit être tel que sa pression partielle soit toujours inférieure à 1,8 MPa pour des durées d'exposition inférieures à environ six heures et de préférence inférieures à 1,2 MPa pour des durées supérieures.

Dans un mode préférentiel d'utilisation pour lequel la profondeur d'intervention est au-delà de 50 mètres, ce qui est un usage plus conforme pour de telles utilisations de l'hydréliox puisque cette profondeur est la limite internationale autorisée de plongée à l'air, la pression partielle d'hydrogène utilisée est alors d'au moins 0,38 MPa. Cependant, on peut considérer que l'intérêt de l'utilisation de tels gaz hydréliox n'intervient que pour des plongées d'intervention au-delà de 70 mètres, ce qui définit alors une pression partielle d'hydrogène utilisée d'au moins 0,5 MPa.

Dans le cas de plongées qui ne seraient pas suivant un mode opératoire de plongée mixte tel que défini ci-dessus, on pressuriserait ledit plongeur depuis la pression absolue P_1 minimum initiale jusqu'à la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée, en alimentant ladite personne avec le deuxième type de mélange respiratoire de type hydréliox dont on augmente la pression P en fonction de la profondeur équivalente de plongée p à laquelle on fait descendre cette personne : ce deuxième type de mélange de type hydréliox doit à tout moment respecter dans sa composition les taux et pourcentages de gaz définis précédemment et on y rajoute des quantités suffisantes d'hélium et d'hydrogène, soit simultanément, soit alternativement pour ne pas se situer dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions ou de narcose ; après l'intervention voulue à ladite profondeur p_2 , on décomprime le plongeur en lui faisant respirer le même type de mélange de gaz hydréliox qui respecte les proportions de composition précédentes et jusqu'au plus la pression P_1 de 0,45 MPa à partir de laquelle on remplace le mélange hydréliox par tout autre type de mélange respiratoire non hydrogéné.

On rappelle en effet, car cela est connu, qu'il existe deux types de procédé de plongée, dont l'un est dit plongée d'intervention, et l'autre plongée en saturation et pour lesquels les procédés de la présente invention peuvent s'appliquer suivant les différents critères

exposés précédemment et ci-après.

La plongée d'intervention consiste après chaque immersion, à revenir tout de suite après en surface à la pression atmosphérique : elle peut s'effectuer, soit en scaphandre autonome avec une réserve de gaz haute pression portée par le plongeur, en surface demande pour laquelle le plongeur est relié à la surface par un ombilical qui l'alimente en gaz respiratoire à partir d'une réserve de gaz haute pression, en tourelle humide dite bulle de plongée équipée de réserve de gaz ou en tourelle hyperbare avec caisson de décompression en surface.

La plongée en saturation consiste elle, à confiner les plongeurs dans un ou des caissons hyperbares, situés en général en surface, à la pression hydrostatique équivalente à la profondeur du chantier ou de l'opération sous-marine : chaque jour, les plongeurs effectuent une intervention sous-marine avec transfert sous pression dans une tourelle ascenseur; la décompression pour revenir à la pression atmosphérique n'intervient alors qu'à la fin du chantier ou de la période autorisée de vie en saturation. La plongée en saturation impose la mise en oeuvre d'équipement lourd, tel que caisson hyperbare, tourelle, système de régénération, etc... La qualification d'état de saturation peut être attribuée aux types de plongées dépassant une certaine durée d'intervention au-delà de laquelle les phases de décompression sont de toute façon identiques, quelle que soit la durée effective de plongée; ainsi, on peut considérer que, pour obtenir une saturation à l'hydrogène, il faut respirer ce gaz à la pression d'opération au moins pendant 6 heures : une durée de respiration de ce gaz en-dessous de cette période ne sera donc pas considéré comme étant de la saturation à ce gaz. Ainsi, on prend comme limite pratique de saturation les critères de courbes de décompression identiques, même si cela ne correspond pas à ce qu'on peut appeler la saturation physiologique des tissus qui est de considérer qu'il y a autant de gaz non consommé et donc non métabolisé, dissous dans l'organisme que dans celui que l'on respire.

Les résultats des différents procédés, installations permettant de réaliser lesdits procédés tels que décrits ci-après et les types de mélanges respiratoires pour les applications déterminées ci-dessus, sont ainsi nouveaux et apportent la réponse aux problèmes et aux

objectifs définis précédemment, tout en répondant aux divers inconvénients que peuvent poser des plongées avec des mélanges à l'hydrogène avec les objectifs de sécurité, de fiabilité et d'efficacité du plongeur à la profondeur d'intervention voulue, sachant que l'on peut considérer que la limite pratique pour de telles plongées industrielles, peut être de 340 à 360 mètres, même si les procédés et installations suivant la présente invention permettent des plongées jusqu'à 650 mètres.

La description et les figures ci-après représentent des exemples de réalisation et d'installation mais n'ont aucun caractère limitatif, sauf en ce qui concerne le schéma des mélanges gazeux et de procédé de plongée qui couvrent l'ensemble du domaine couvert par la présente invention : d'autres réalisations techniques d'installations sont bien sûr possibles dans le cadre de la portée et de l'étendue de cette invention, en particulier suivant le type de plongée utilisée.

La figure 1 est un schéma d'ensemble de principe d'un type d'installation de plongée avec caisson et tourelle d'intervention permettant d'appliquer le procédé de la présente invention.

La figure 2 est un ensemble de courbes représentant le type de mélanges utilisables suivant la présente invention et explicitant certaines étapes de procédés de celle-ci.

La figure 3 est un schéma d'un déshydrogénateur suivant l'invention.

La figure 4 est un schéma d'un oxygénateur suivant l'invention.

La figure 1 représente un schéma d'ensemble de principe d'un type d'installation de plongée connu à ce jour avec un ensemble d'enceintes 1 de saturation de surface, dits caissons de décompression, et une enceinte 5 sous-marine permettant de descendre les plongeurs jusqu'à la profondeur voulue telle qu'une tourelle de plongée 5 ; cette enceinte pourrait être également ce que l'on appelle une bulle de plongée dans laquelle le plongeur peut s'abriter au moins au niveau de sa tête mais qui ne peut pas être isolée du milieu dans lequel elle se situe contrairement à une tourelle de plongée, telle que représentée sur la figure 1.

En effet, une telle tourelle de plongée 5 comporte une porte inférieure 9 qui permet ainsi au plongeur qui est la personne 8 devant effectuer l'intervention une fois mis à la pression P2,18, de plongée

voulue de sortir de la tourelle 5, ladite tourelle 5 restant pressurisée et remplie du mélange respiratoire ayant permis ladite mise en pression jusqu'à cette profondeur p2. Le plongeur est alors alimenté par un ombilical 12 :

5 - soit avec le même mélange respiratoire que celui remplissant ladite tourelle 5, ce qui permet de rejeter dans celle-ci les gaz expirés ;

 - soit dans le cas de la plongée mixte définie précédemment, avec un mélange respiratoire différent de celui existant dans ladite
10 tourelle ou bulle de plongée 5, lequel mélange respiratoire étant alors fourni par des réserves embarquées sur ladite enceinte de plongée 5, ou depuis la surface à travers un ombilical 13 reliant ladite enceinte à la surface : dans ce cas, le gaz expiré par le plongeur est soit rejeté dans le milieu ambiant par un circuit dit
15 ouvert, soit récupéré en circuit fermé grâce à une boucle le reliant à la surface par ledit ombilical 13.

Dans le cas des boucles d'alimentation en circuit fermé et de toutes façons pour toute enceinte confinée, le mélange respiratoire est recyclé par un système de traitement qui comprend alors au moins
20 d'une part des équipements de régénération de gaz connus pour éliminer en particulier le gaz carbonique et d'autre part un oxygénateur du type de celui représenté sur la figure 4, spécifiquement dans le cadre de l'alimentation d'une enceinte, mais qui peut être utilisé dans le cas d'une boucle fermée pour oxygéner un mélange respiratoire
25 indépendamment de l'enceinte.

Ladite tourelle 5 représentée sur la figure 1 peut comporter ainsi une boucle de respiration extérieure 7 telle que justement un oxygénateur représenté sur la figure 4 et à l'intérieur de son enceinte en plus d'équipements connus de régénération, un
30 déshydrogénateur 6 tel que celui décrit sur la figure 3, surtout dans le cadre de la plongée mixte, pour éliminer toute fuite d'hydrogène qui pourrait se dégager à l'intérieur de l'enceinte 5 afin de maintenir le mélange respiratoire de celle-ci non hydrogéné.

Comme indiqué précédemment, la compression ou la décompression
35 du plongeur 8 jusqu'à et depuis la profondeur 18 peut se faire dans ladite tourelle 5 mais de préférence on effectue au moins la décompression dans un caisson de surface 1, en connectant d'une

manière étanche une porte latérale 10 de ladite tourelle 5 ramenée en surface après fermeture de la porte inférieure 9 et maintenue à la pression de la profondeur 18, à une autre porte correspondante 11 dudit caisson.

5 Celui-ci est associé à un système de régénération 2 de type connu auquel peuvent être reliés un oxygénateur 3 du type de celui décrit dans la figure 4 et un déshydrogénateur 4, tel que celui décrit dans la figure 3.

10 La figure 2 d'une part représente les différentes zones de mélanges respiratoires définies par la présente invention et d'autre part permet d'expliciter le procédé de mise en pression, d'alimentation et de décompression suivant la présente invention : ainsi, les zones 19 et 20 représentées sont celles couvrant l'ensemble des mélanges respiratoires hydréliox suivant l'invention avec en
15 particulier la zone 19 jusqu'à 1,2 MPa de pression partielle d'hydrogène, utilisé de préférence pour des durées supérieures à six heures, et la zone 20 pouvant aller jusqu'à 1,8 MPa pour des durées d'exposition inférieures à celles-ci.

20 On pressurise en effet le plongeur 8 jusqu'à une pression absolue $P_{1,14}$, d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène et on alimente au moins à partir de cette pression $P_{1,14}$, ledit plongeur 8 avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P fonction de la profondeur de plongée p à laquelle on le fait descendre ; lequel
25 deuxième mélange respiratoire est de type hydréliox contenant de l'hydrogène à une pression partielle minimum de 0,33 Mpa, de l'oxygène à moins de 4% en volume, de l'hélium à plus de 0,1 Mpa de pression partielle et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 Mpa de pression partielle totale. On évite en alimentation finale et/ou
30 pendant la phase de compression lors du rajout successif des gaz composant le mélange, de fournir le deuxième type de mélanges respiratoires hydrogénés suivant une composition qui situerait la plongée dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions 16 ou de narcose 17.

35 On maintient ensuite le mélange hydréliox final ainsi obtenu à la pression P_2 18 de la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée et on autorise ladite personne ou ledit plongeur à effectuer

l'intervention voulue à cette profondeur p_2 en l'alimentant avec ce mélange.

Dans le cadre d'une plongée mixte, la pression $P_{1,14}$, est confondue avec la pression $P_{2,18}$, à partir de laquelle pour
5 l'intervention proprement dite, on alimente ledit plongeur avec le mélange hydrélioxy suivant l'invention ; dans le cas d'une plongée non mixte, on alimente ledit plongeur en mélange hydrélioxy à partir d'une pression $P_{1,14}$, inférieure à la pression de plongée 18 et on augmente alors la pression P du mélange respiratoire jusqu'à cette profondeur
10 équivalente d'intervention 18 avec des mélanges hydrélioxy respectant les taux et pourcentages de gaz de la présente invention.

La courbe représentée 21 en bas de la figure 2 en dessous des zones 19,20, de mélanges hydrélioxy suivant l'invention est celle des mélanges binaires connus d'oxygène et d'hydrogène. L'axe des abscisses
15 de l'ensemble de ces courbes représente les pressions partielles d'hydrogène en Mégapascal, et l'axe des ordonnées représente à gauche de la figure la masse volumique du mélange respiratoire obtenu en grammes par décimètre cube et à droite l'équivalent en mètres d'eau des mélanges d'air ayant les mêmes masses volumiques que celles
20 représentées sur l'échelle de gauche : on remarque ainsi qu'à 600 mètres de plongée en mélange hydrélioxy comportant 1,8 MPa de pression partielle d'hydrogène suivant la présente invention, à la limite de la zone 20 définie précédemment, le plongeur respire en fait un gaz ayant une masse volumique équivalente à une plongée à l'air à 70 mètres.

25 Les courbes 15 sur la Figure 2 représentent pour des mêmes profondeurs données, de 60 mètres en 60 mètres, à titre d'exemple, la variation de la masse volumique de mélange respiratoire suivant l'invention, en fonction de la pression partielle d'hydrogène qu'il contient et figurant en abscisses : ces courbes sont bien sûr
30 décroissantes et linéaires à température constante.

Les figures 3 et 4 suivantes représentent des schémas de dispositifs suivant l'invention permettant d'une part de pouvoir réaliser les procédés tels que définis précédemment et d'autre part de maintenir les mélanges respiratoires suivant l'invention dans les
35 limites de composition indiquées ci-dessus.

En effet, sur la figure 3 est représenté un déshydrogénateur qui permet, soit de modifier à la demande le taux d'hydrogène dans le

caisson de saturation 1 en surface lors de la phase de décompression par exemple, soit d'éliminer toute fuite d'hydrogène dans le cas de la plongée mixte à l'intérieur d'une enceinte ou tourelle de plongée 5 ; ce déshydrogénateur peut fonctionner seul ou associé à un régénérateur de gaz pour l'élimination du gaz carbonique par exemple. Ladite 5 enceinte 1,5, est reliée audit déshydrogénateur respectivement 4,6 qui comporte au moins un circulateur qui peut être, soit un circulateur à débit variable 28, soit un circulateur de type système VENTURI 27, soit une combinaison des deux types. Le circuit de déshydrogénation 10 comporte également au moins un réacteur 22 à oxydation catalytique contenant du catalyseur qui peut être à base de platine ou de palladium : le débit de gaz traversant ce réacteur est contrôlé par une vanne automatique 29 pilotée par un régulateur électronique 30, afin de maintenir un débit optimum pour l'efficacité dudit réacteur. 15 Sa température de fonctionnement est également contrôlée par ce dit régulateur électronique 30 et sert de paramètre décisionnel pour la mise en sécurité automatique éventuelle du déshydrogénateur en cas de dépassement de la température limite : on ferme alors les vannes de sécurité 31 isolant l'ensemble du circuit de l'enceinte 1,5, on 20 injecte de l'hélium par une vanne 43 dans ledit réacteur 22 et on purge ledit hélium par la vanne 44.

Les caractéristiques d'un déshydrogénateur peuvent permettre d'oxyder 20 Nm³ d'hydrogène sous une pression de service pouvant atteindre 8 MPa avec une température de réaction de 500°C. Un tel 25 déshydrogénateur peut être ainsi installé dans une tourelle de plongée 5 pour éliminer toute fuite d'hydrogène éventuelle en provenance d'un circuit fermé d'alimentation du plongeur en hydréliox pour une plongée mixte ; mais si on veut éliminer de grandes capacités d'hydrogène comme dans le cas d'une enceinte 1,5 remplie complètement du gaz 30 respiratoire pouvant contenir de l'hydrogène, lors de la phase en particulier de décompression, il faut pouvoir éliminer l'eau produite par ledit réacteur 22 : pour cela, le circuit du déshydrogénateur comprend alors un condensateur 23 à la sortie dudit réacteur 22, relié à un groupe froid 24 ainsi qu'à un séparateur 25 d'eau et de gaz à la 35 sortie dudit condensateur 23 qui permet de séparer l'eau de la phase gazeuse ; cette eau est récupérée dans une capacité 26 et est alors évacuée par contrôle automatique du niveau grâce à une vanne de purge

32. Ledit régulateur électronique 30 assure le contrôle de l'ensemble desdites vannes 29, 31, 32, 43 et 44 ainsi que des circulateurs 27, 28, du réacteur 22, du condensateur 23 et du groupe froid 24, et dudit séparateur 25.

5 La réoxygénation du mélange respiratoire soit dans une des deux enceintes, de surface 1 ou de plongée 5, ou également dans le cas d'une boucle fermée telle qu'indiquée précédemment pour compenser la consommation métabolique d'oxygène des plongeurs 8, est assurée suivant l'invention par un oxygénateur dont le schéma est représenté
10 sur la figure 4 : ladite boucle fermée ou ladite enceinte 1,5 est alors reliée à un oxygénateur 3 qui comporte au moins une capacité tampon 33 remplie d'oxygène munie d'un côté d'une vanne de charge 42 et de l'autre d'une vanne de décharge 34, ainsi que des vannes de sécurité 35 ; lesquelles vannes de charge et de décharge sont pilotées
15 par un régulateur 37 relié à un capteur 38 de mesure du taux d'oxygène dans l'enceinte 1,5, ou dans la boucle fermée alimentant ledit plongeur 8, et qui ouvre la vanne 34 quand ledit taux tombe en dessous d'un seuil donné et uniquement quand la vanne 42 est fermée ; réciproquement, ladite vanne 42 ne peut être ouverte que quand la
20 vanne 34 automatique de décharge est fermée.

Le temps d'ouverture de ladite vanne 34 de décharge est fonction de l'écart entre le point de consigne fixé sur le régulateur 37 et la valeur d'oxygène lue par les capteur 38 et analyseur régulateur 37 avec un temps maximum d'ouverture inférieur à la moitié du temps
25 compris entre deux mesures d'oxygène : ainsi, seule une quantité voulue d'oxygène sort 39 de l'oxygénateur via la vanne automatique de sécurité 35, soit vers l'enceinte, soit dans la boucle fermée et sans qu'il y ait donc de risque d'accumulation d'un taux d'oxygène trop élevé au même endroit dans un temps trop court. L'arrivée d'oxygène 36
30 est assurée par des bouteilles de stockage situées à l'extérieur de ladite enceinte 1,5, par exemple.

De plus, pour des raisons de sécurité et de garantie de fonctionnement du circuit d'alimentation en oxygène ladite capacité tampon 33 peut être doublée avec un circuit parallèle 40, au cas où
35 l'une des vannes automatiques de charge et de décharge 34,42 viendrait à faillir.

Au cas où le taux d'oxygène atteindrait 4% dans la zone

d'injection, les vannes de sécurité 35 se ferment automatiquement et une vanne 45 de décharge s'ouvre pour évacuer et détendre, à l'extérieur de l'enceinte ou de la boucle fermée, la zone amont à la vanne de sécurité de décharge 35 ; en cas d'arrêt de fonctionnement et
5 pour des raisons de sécurité, ces vannes ne peuvent être alors réarmées que manuellement de même que le basculement de l'un à l'autre des circuits parallèles 33 et 40.

REVENDICATIONS

1. Procédé de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne (8) effectuant ladite
5 plongée, caractérisé en ce que :

- on pressurise ladite personne jusqu'à une pression absolue P_1 (14) d'au moins 0,45 MPa avec un premier type de mélanges respiratoires ne contenant pas de l'hydrogène;

- on alimente au moins à partir de cette pression P_1 (14) ladite
10 personne (8) avec un deuxième type de mélanges respiratoires à la pression P en fonction de la profondeur de plongée p à laquelle on fait descendre ladite personne, lequel deuxième mélange respiratoire est de type hydréliox contenant de l'hydrogène à une pression partielle minimum de 0,33 Mpa, de l'oxygène à moins de 4% en volume,
15 de l'hélium à plus de 0,1 Mpa de pression partielle et d'autres gaz tels que l'azote à moins de 0,09 Mpa de pression partielle totale ;

- on évite de fournir ce deuxième type de mélanges respiratoires hydrogénés suivant une composition qui situerait la plongée dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions (16) ou de narcose
20 (17) ;

- on maintient l'alimentation du mélange hydréliox ainsi obtenu à la pression P_2 (18) de la profondeur de plongée p_2 de l'intervention souhaitée et on autorise ladite personne à effectuer l'intervention voulue à cette profondeur p_2 .

25 2. Procédé selon la revendication 1, utilisant au moins une enceinte (1,5) remplie d'un mélange de gaz respiratoire maintenu à tout instant à la pression P voulue, jusqu'à la profondeur d'intervention p_2 (18), caractérisé en ce qu'on fait circuler en boucle fermée ledit mélange de gaz contenu dans cette enceinte à
30 travers au moins un circuit de traitement (4, 6) dans lequel on le déshydrogène avant de le renvoyer dans l'enceinte (1, 5).

3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce qu'on déshydrogène ledit mélange respiratoire à travers le circuit de traitement (4, 6) en forçant la circulation du gaz grâce à un
35 circulateur (27, 28) et on fait traverser ainsi le mélange gazeux dans un réacteur (22) à oxydation catalytique avant de renvoyer le mélange de gaz ainsi déshydrogéné dans ladite enceinte (1, 5).

4. Procédé selon la revendication 3 caractérisé en ce qu'après avoir fait traverser le mélange gazeux dans ledit réacteur (22), on condense l'eau résultant de l'oxydation avec l'hydrogène dans un condenseur (23) et on récupère celle-ci dans une capacité (26) distincte du circuit de traitement (4, 6) grâce à un séparateur (25) avant de renvoyer le mélange de gaz ainsi déshydrogéné (et déshumidifié) dans ladite enceinte (1, 5).

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que :

10 - on pressurise et on descend ladite personne (8) dans une enceinte (5) jusqu'à atteindre la pression et la profondeur p_2 (18) d'intervention souhaitées, en utilisant des mélanges de gaz respiratoire ne contenant pas d'hydrogène;

- on maintient un tel mélange non hydrogéné dans ladite enceinte (5) pendant toute la durée de l'intervention puis de la décompression;

15 - on alimente ladite personne (8) en mélange respiratoire de type hydréliox à l'aide d'un circuit (12) distinct de ceux alimentant ladite enceinte (5) dès le moment où la personne doit sortir de ladite enceinte (5) pour effectuer son intervention et jusqu'à son retour dans cette enceinte.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, pour pressuriser ladite personne depuis la pression absolue P_1 (14) jusqu'à la pression P_2 d'intervention (18) :

25 - on augmente la pression P dudit mélange respiratoire hydréliox en fonction de la profondeur équivalente de plongée p en respectant les taux et pourcentages de gaz définis dans la revendication 1 et en rajoutant des quantités suffisantes d'hélium et d'hydrogène, soit simultanément, soit alternativement pour ne pas se situer dans une des zones du syndrome nerveux des hautes pressions (16) ou de narcose (17) ;

30 - après l'intervention voulue à ladite profondeur p_2 , on décomprime cette personne (8) en lui faisant respirer un même type de mélanges de gaz hydréliox qui respecte les proportions de composition précédentes et jusqu'au plus la pression P_1 (14) de 0,45 MPa à partir de laquelle on remplace le mélange hydréliox par tout autre type de mélange respiratoire non hydrogéné.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6,

caractérisé en ce qu'on rajoute de l'oxygène dans ledit mélange respiratoire depuis une réserve extérieure (36) à haute pression à travers un circuit oxygénateur (3), tel que, par une première vanne de sécurité (35) on remplit une capacité (33) tampon d'un volume donné
5 par l'ouverture d'une vanne de charge (42) amont, puis, quand la pression partielle d'oxygène dans ledit mélange respiratoire descend en dessous d'un seuil donné, on ferme la vanne de charge (42) et on n'ouvre qu'alors la vanne de décharge aval (34) à travers laquelle l'oxygène s'échappe (39) dans ledit mélange à respirer par au moins
10 une autre vanne de sécurité (35).

8. Installation de mise en pression, d'alimentation pour effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne (8) effectuant ladite plongée, comprenant au moins une enceinte (1,5)
15 remplie d'un mélange de gaz respiratoire pouvant contenir de l'hydrogène, caractérisée en ce que ladite enceinte (1,5) est reliée à un déshydrogénateur (4,6) qui comporte au moins un circulateur (27, 28) dudit mélange de gaz, un réacteur (22) à oxydation catalytique, un condensateur (23) relié à un groupe froid (24), un séparateur (25)
20 d'eau et du gaz, une vanne de régulation (29), diverses vannes de sécurité (31) et un régulateur électronique (30) de contrôle de l'ensemble desdites vannes, du circulateur, du réacteur, du condensateur et du séparateur.

9. Installation de mise en pression, d'alimentation pour
25 effectuer une plongée d'intervention sous-marine en mélange respiratoire à l'hydrogène, et de décompression d'une personne (8) effectuant ladite plongée, comprenant au moins une enceinte (1, 5) remplie d'un mélange de gaz respiratoire pouvant contenir de l'hydrogène, caractérisée en ce que ladite enceinte (1, 5) est reliée
30 à un oxygénateur (3) qui comporte au moins une capacité tampon (33) remplie d'oxygène munie d'un côté d'une vanne de charge (42) et de l'autre d'une vanne de décharge (34), ainsi que des vannes de sécurité (35), lesquelles vannes de charge et de décharge étant pilotées par un régulateur (37) relié à un capteur (38) de mesure du taux d'oxygène
35 dans l'enceinte et qui ouvre la vanne (34) quand ledit taux tombe en dessous d'un seuil donné et uniquement quand la vanne (42) est fermée.

10. Mélange respiratoire comportant au moins de l'hélium et de

l'oxygène pour des plongées sous-marines dites mixtes et à plus de 35 m de profondeur, caractérisé en ce qu'il comprend de l'oxygène à un taux inférieur à 4%, de l'hélium à une pression partielle d'au moins 0,1 MPa, de l'hydrogène à une pression partielle d'au moins de 0,33 5 MPa et au plus de 1,8 MPa, et d'autres gaz éventuels à une pression partielle totale inférieure à 0,09 MPa.

11. Mélange respiratoire selon la revendication 10, caractérisé en ce qu'on utilise un tel mélange à des profondeurs de plongée au-delà de 50 m avec de l'hydrogène à une pression partielle de 0,38 MPa 10 au moins.

1 / 4

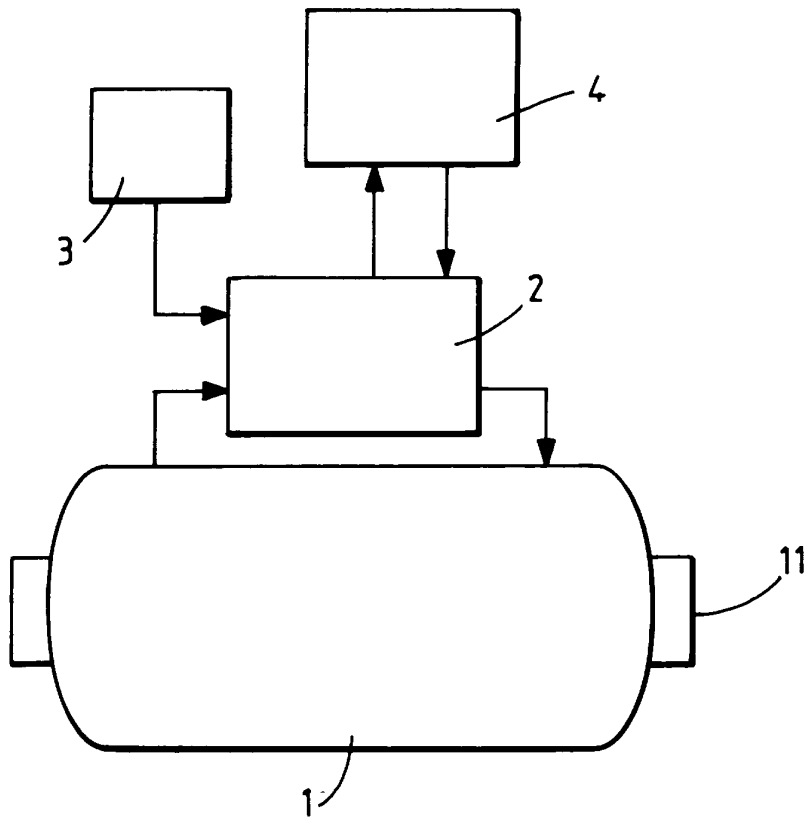
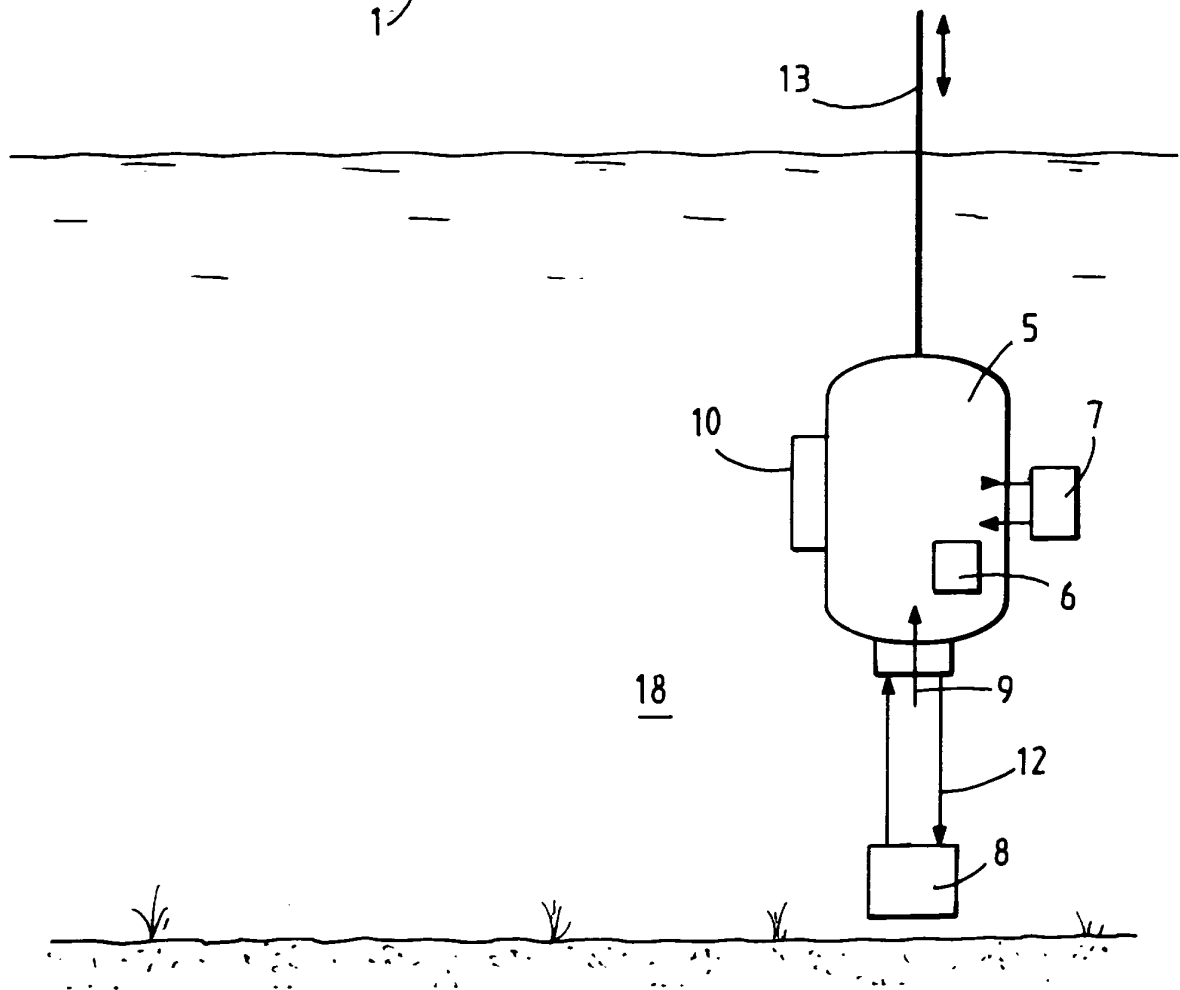
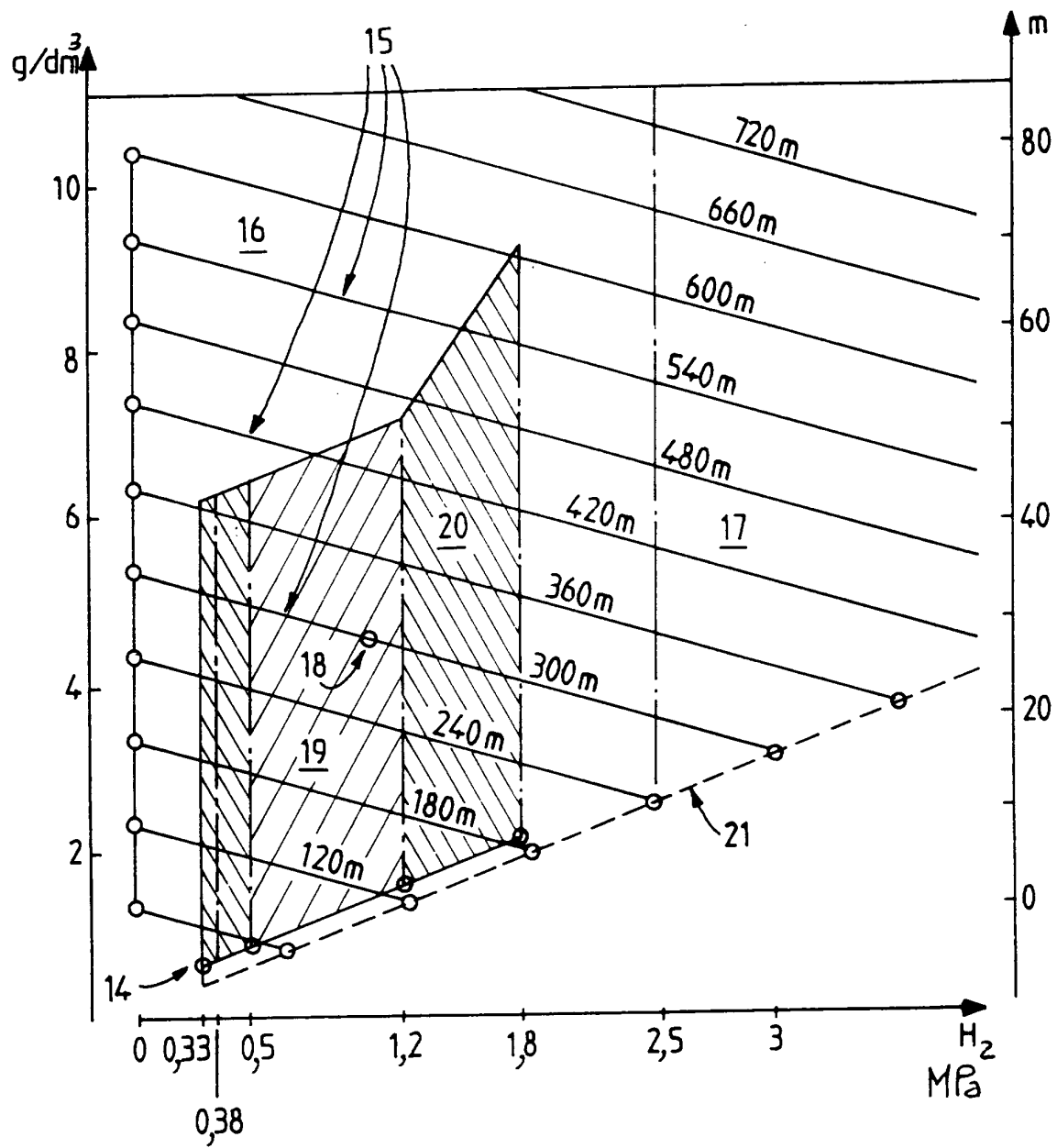


FIG. 1



FIG. 2

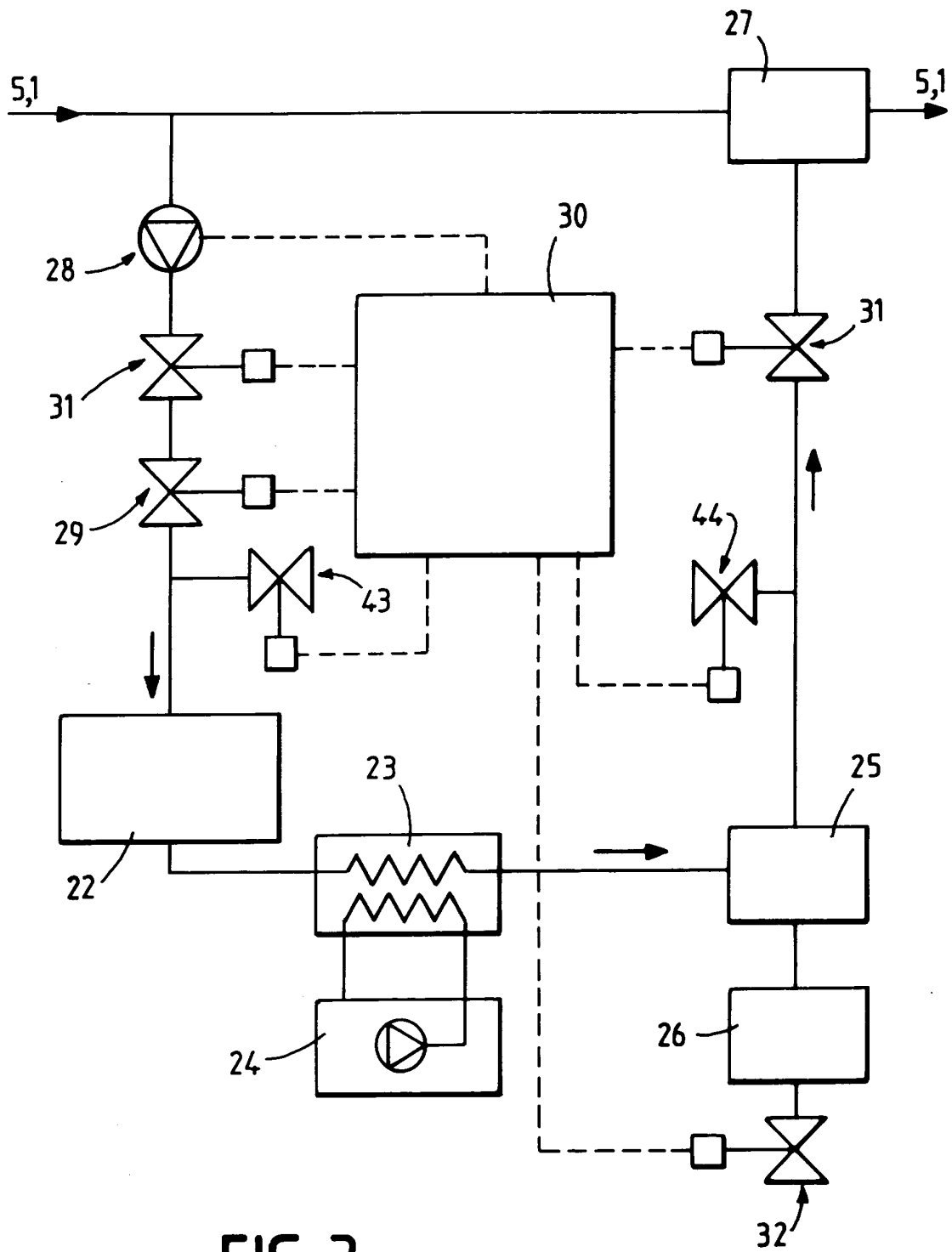


FIG. 3

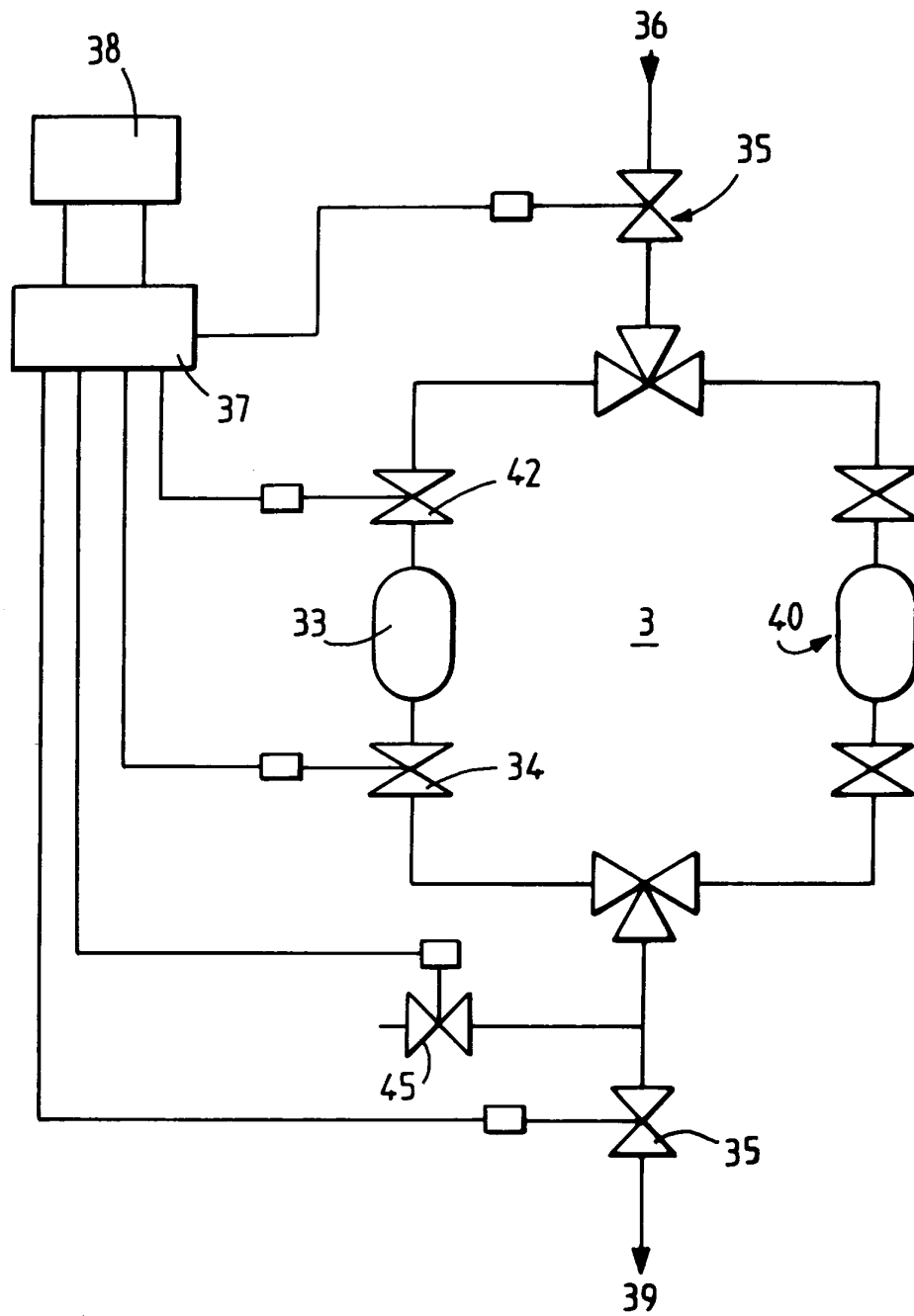


FIG. 4

INSTITUT NATIONAL
de la
PROPRIETE INDUSTRIELLE

**RAPPORT DE RECHERCHE
PRELIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 504863
FR 9410538

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
A	US-A-4 206 753 (W.FIFE) * abrégé; figures * ---	1,8-10
A	US-A-4 269 791 (B.HILLS) * abrégé * ---	1,8-10
A	FR-A-2 182 230 (UNION CARBIDE CORPORATION) * page 6 - page 7 * ---	1,10
A	AU-B-499 164 (FOUNDATION OF OCEAN RESEARCH) * revendication 1 * -----	1,10
		DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.CL.6)
		B63C
Date d'achèvement de la recherche		Examineur
28 Avril 1995		Stierman, E
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		