

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21)

N° 81 00214

(54)

Appareil de plongée autonome.

(51)

Classification internationale (Int. Cl. ³). B 63 C 11/22.

(22)

Date de dépôt..... 8 janvier 1981.

(33) (32) (31)

Priorité revendiquée :

(41)

Date de la mise à la disposition du
public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 27 du 9-7-1982.

(71)

Déposant : PLANCADE Christian, résidant en Nouvelle-Calédonie.

(72)

Invention de : Christian Plancade.

(73)

Titulaire : *Idem* (71)

(74)

Mandataire : Cabinet Beau de Loménie,
55, rue d'Amsterdam, 75008 Paris.

Appareil de plongée autonome

L'invention est relative à un appareil de plongée autonome, intermédiaire entre les appareils classiques de plongée et l'absence d'appareil correspondant à la plongée libre.

Cet appareil est entièrement nouveau et permet à un plongeur, pratiquant la "plongée libre", de tripler ses capacités d'apnée sans autres risques physiologiques que ceux encourus lors d'une plongée classique sans appareil. L'appareil conforme à l'invention est réalisé uniquement à partir d'éléments de conception simple, peu coûteux, pratiquement inusables, ne nécessitant aucun réglage délicat, d'entretien des plus réduits, donc d'une sécurité et d'une fiabilité maximales. Certains éléments existent d'ailleurs actuellement dans le commerce. En outre, un détendeur est inutile, et est avantageusement remplacé par un ensemble de distribution monobloc.

Généralités.

Lorsqu'un plongeur libre quitte la surface, ses poumons renferment un certain volume d'air qui diminue au fur et à mesure qu'il s'enfonce dans les eaux, par suite de la compression de la cage thoracique due à l'accroissement de la pression hydrostatique. L'inverse se produit lors de la remontée. Pour le plongeur libre, le phénomène est sans risques. Par contre, celui qui respire de l'air comprimé, à l'aide de l'appareil de plongée autonome, introduit dans ses poumons une quantité d'air qui, une fois ramené à la pression atmosphérique, est supérieure à la capacité de ses poumons. Il y a donc risque de surpression pulmonaire si le plongeur ne souffle pas lors de la remontée. Dans ce dernier cas, l'extension de l'air emprisonné dans les poumons provoque une distension excessive des alvéoles qui provoque des lésions des parois pulmonaires et le passage dans le sang de gaz sous pression, ce dernier facteur étant à l'origine d'embolies graves.

L'appareil conforme à l'invention est conçu de telle sorte qu'il ne permet pas à un plongeur d'inspirer une quantité d'air supérieure à celle qu'il a expirée. Les deux volumes expiré et inspiré étant égaux, le risque de surpression pulmonaire est écarté.

Capacité pulmonaire.

Lors d'une respiration normale, on inspire, puis on expire, 0,5 l d'air : c'est l'air courant. Lors d'une expiration forcée, et d'une inspiration forcée, il s'agit de 3,5 l d'air, qui constituent la capacité vitale, c'est-à-dire la quantité d'air maximale renouvelable, dont un homme peut disposer. Après une expiration forcée, il reste encore dans les poumons 1,5 l d'air appelé air résiduel. Cette capacité est indisponible, quelle que soit la profondeur où s'effectue la respiration. Elle correspond à un volume invariable lié à la constitution physique de la cage thoracique et du diaphragme qui ne peuvent être comprimés indéfiniment ; c'est un problème mécanique.

Variation du volume d'air en fonction de la profondeur.

	Profondeur (en m)	Volume total (en l)	Pression (en bar)	Volume disponible (en l)
15	0	5,00	1	3,50
	1	4,55	1,1	3,04
20	2	4,17	1,2	2,67
	3	3,85	1,3	2,35
	4	3,57	1,4	2,07
	5	3,33	1,5	1,83
	6	3,13	1,6	1,63
25	7	2,94	1,7	1,44
	8	2,78	1,8	1,28
	9	2,63	1,9	1,13
	10	2,60	2,0	1,00
	11	2,38	2,1	0,88
30	12	2,27	2,2	0,77
	13	2,17	2,3	0,67
	14	2,08	2,4	0,58
	15	2,00	2,5	0,50

Concentration de CO_2 .

Lors d'une apnée, la concentration de CO_2 dans les alvéoles augmente considérablement, ce qui a pour conséquence principale une augmentation de débit sanguin pulmonaire, qui se traduit par une augmentation proportionnelle de la fréquence des pulsations cardiaques (30 à 40 %).

Si l'on effectue plusieurs apnées successives avec renouvellement maximal de l'air entre chaque cycle, soit 3,5 l, le même phénomène est constaté, soit une augmentation de CO_2 , et des pulsations cardiaques (+ 30 à 40 %), avec une diminution de la durée de l'apnée entre chaque cycle.

Dans les deux cas, il n'est pas possible de dépasser un certain taux critique de CO_2 .

Phénomène relatif aux pressions partielles d' O_2 et CO_2 .

D'ordinaire, le corps signale lui-même que l'organisme va manquer d' O_2 . Ses cellules réagissent à l'excès correspondant de CO_2 .

Lors d'une plongée profonde, la quantité d' O_2 contenue dans les poumons peut diminuer considérablement, sans que cela ait une conséquence fatale immédiate pour l'individu. La pression partielle d' O_2 continue d'être suffisamment élevée pour rester égale ou supérieure à la pression qui existe dans les poumons à la surface. Le plongeur qui, dans ces conditions, n'éprouve pas un impérieux besoin de respirer, pense en toute bonne foi qu'il peut prolonger son apnée pendant quelque temps. Mais, lors de la remontée, la pression partielle de l' O_2 diminue de façon importante et devient trop faible pour les besoins de l'organisme. Le plongeur s'évanouit brutalement, ouvre la bouche et se noie.

On rencontre également ce phénomène lors de plongées à des profondeurs beaucoup plus modestes, lorsque le plongeur, absorbé par son activité, dépasse, sans s'en rendre compte, ses capacités physiques.

C'est un accident heureusement relativement peu fréquent et qui peut être totalement écarté par adoption de l'appareil conforme à l'invention.

Ainsi, lorsqu'un individu effectue une plongée à 10 m, à chaque inspiration profonde, il absorbe 1 000 cm³ d'air, qui, ramenés à la pression atmosphérique, correspondent à 2 000 cm³. Il suffit d'une remontée tranquille, lors de la dernière inspiration, pour avoir l'assurance que la pression d'O₂ restera suffisante, même si, lors des précédentes apnées, le plongeur a dépassé ses capacités physiques. Il s'agit donc d'une sécurité absolue, pour les très bons plongeurs qui pratiquent la plongée en apnée de façon intensive.

10 L'invention est donc relative à un appareil de plongée autonome comportant un corps extérieur rigide.

Dans cet appareil, une cloison rigide perforée est disposée à l'intérieur du corps, qu'elle sépare en deux compartiments distincts, cependant que l'un de ces compartiments est divisé en trois chambres successives séparées par deux plaques rigides perforées, que deux membranes souples préformées sont disposées, une dans chacune des deux chambres extrêmes communicantes, et délimitent, dans chaque chambre extrême, une enceinte communiquant avec la chambre intermédiaire à travers l'une des plaques, et qu'à l'intérieur de la chambre intermédiaire est disposé un réservoir rigide d'air de sécurité.

Les avantageuses dispositions suivantes sont, en outre, souvent adoptées :

25 - l'air expiré est emmagasiné dans ledit compartiment divisé en trois chambres, l'autre compartiment faisant office de réservoir de transit de cet air expiré ;

- l'appareil comporte un ensemble de clapets de commande qui est contenu dans celui des compartiments non divisé en trois chambres ;

30 - la chambre intermédiaire communique avec un clapet d'aspiration d'air à travers des perforations ménagées dans la partie de la cloison rigide séparant la chambre intermédiaire du compartiment non divisé en trois chambres ;

35 - un orifice ménagé uniquement dans la partie basse de la cloison rigide relie l'une des deux chambres extrêmes au

compartiment non divisé en trois chambres, et réalise ainsi la communication entre les deux compartiments ;

- un conduit de liaison relie le réservoir de sécurité à un conduit d'aspiration, un clapet de sécurité étant disposé sur ce conduit de liaison et étant muni d'un dispositif de commande volontaire.

L'invention sera mieux comprise, et des caractéristiques secondaires et leurs avantages apparaîtront au cours de la description de réalisations donnée ci-dessous à titre d'exemple.

- Il est entendu que la description et les dessins ne sont donnés qu'à titre indicatif et non limitatif.

Il sera fait référence aux dessins annexés, dans lesquels :

- la figure 1 est une coupe axiale d'un appareil conforme à l'invention, suivant I-I de la figure 2 ;
- la figure 2 est une coupe transversale suivant II-II de la figure 1 ;
- la figure 3 est une vue suivant flèche F de la figure 1, le fond du corps de l'appareil étant enlevé ;
- la figure 4 est une coupe d'un agrandissement de l'ensemble de clapets de commande de l'appareil des figures 1 à 3, vue déformée pour une meilleure compréhension de la réalisation, par représentation de plusieurs groupes d'éléments (conduits 12c, 12d, ..., ensemble 12) dans le même plan que l'ensemble 14, les positions réelles étant représentées sur les figures 1 et 3 ; et,
- la figure 5 représente un plongeur, respirant en "surface", équipé d'un appareil conforme à l'invention.

- Pour que l'appareil puisse fonctionner en accord avec les lois physique et physiologique de la plongée, les deux conditions suivantes doivent être réalisées :

- a) l'équilibre statique du plongeur, qui définit la possibilité, ou l'impossibilité, de plonger ;
- b) l'identité des volumes d'air expiré et inspiré.

- Ces deux conditions sont liées à la variation du volume d'air dans des conditions de pression différentes.

L'appareil proposé n'est pas un appareil pour respiration continue, mais un appareil permettant d'effectuer plusieurs

apnées successives, grâce à une réserve d'air automatiquement ramené à la pression ambiante de service et renouvelé après chaque remontée en surface, sans l'aide d'un compresseur ou d'une toute autre machine nécessitant un apport d'énergie extérieure.

5 La condition (b) indique que la quantité d'air inspiré soit sensiblement égale à celle de l'air expiré, ceci afin d'éviter les problèmes de surpression pulmonaire. En effet, il est évident qu'il n'est pas possible à un plongeur pratiquant l'apnée, et à bout de souffle, d'expulser une partie de la quan-
10 tité d'air contenu dans ses poumons lors de la remontée, sans risques graves. De plus, un plongeur pratiquant l'apnée a tendance, plus qu'un individu muni de "bouteille", à bloquer sa respiration. Si la condition (b) n'était pas respectée, la sécurité serait à la merci d'un oubli, ce qui est inconcevable.

15 Descriptif.

Nomenclature.

	Repère	Désignation	Fonction
	1	Réservoir 5 000 cm ³	Capacité renouvelable
20	2	Compresseur 2500+850 cm ³	Remplissage réservoir 1 - équilibre des pressions
	3	Réservoir de transit air expiré	Première phase de stockage air expiré
	3a	Orifice de communication avec l'eau ambiante	Equilibre des pressions-Rem- plissage d'eau réservoir 3
25	4	Réservoir stockage air expulsé	Deuxième phase de stockage air expiré
	5	Réservoir sécurité 1 000 cm ³	Sécurité en cas de non-fonctionnement de l'appareil (gonflage 4 bars)
30	6	Plaque de distribution supérieure	Répartition de la pression sur toute la surface 1
	7	Plaque de distribution inférieure	Répartition de l'alimentation
35	8-8a	Conduit de liaison entre 3 et 4	Admission air expiré ou eau des réservoirs 4
	9	Couvercle interne	Séparation entre 3 et 4
	10	Clapet de vidange	Orifice d'expulsion de l'eau ou de l'air expiré
	8b	Conduit-piège à bulles	Evite dans toutes les configurations de plongée la fuite de

Repère	Désignation	Fonction
		l'air expiré, contenu dans 4, vers 3
	11 Platine de fixation	Fixation de 14 et 12 liaison à 1 et 2
	12 Ensemble clapet sécurité	Mise en service du réservoir 5
5	12a Levier de commande de 12	
	12b Support levier de com- mande 12a	
	12c Conduite de liaison entre 12 et 14	
10	12d Conduite de liaison entre 5 et 12	
	13 Ensemble clapet de mise à l'air libre	Remplissage réservoir 4
	13a Drisse de liaison 13 12a	
15	13b Coude guide-drisse 13a	
	14 Ensemble clapet de distribution	
	14b Clapet de refoulement	Refoulement de 2 vers 1
20	14c Clapet piloté de détente	Equilibre entre les pressions externe et le 1 + orifice pour distribution
	14a Clapet piloté limiteur de volume	Egalisation des volumes air expiré et inspiré
25	14e Membrane de pilotage clapet 14c	
	14f Levier de commande 14c	Démultiplication 1/2,5
	14g Soufflet de protection	Protection contre l'accumula- tion de sel
30	14h Chambre supérieure	
	14j Chambre inférieure	
	14k Frein pneumatique	Temporisation fermeture de 14a
	15 Levier de commande extérieur	Assure la commande extérieure, ouverture clapets 12 et 13
35	16 Flotteur	Ouverture clapet 14a
	16a Support flotteur	
	17 Clapet bec de canard	Evacuation air expiré
	17a Conduite de liaison 14-17	
	18 Conduite de refoulement	Evacuation air expiré

Repère	Désignation	Fonction
	19 Conduite d'aspiration	Aspiration air inspiré
	20 Corps de l'ensemble de l'appareil	
	21 Couvercle extérieur	
5	22 Collier de serrage	
	23-24 Tuyaux annelés	Liaison embout buccal-appareil
	25 Embout buccal	
	27 Clapet de refoulement	Evite d'aspirer l'air vicié contenu dans le tuyau annelé 18
10	26 Clapet d'aspiration	Evite de refouler de l'air vicié dans le tuyau annelé 19
	28 Tuba	
	29 Ensemble commande ouverture tuba	Obstruction de l'extrémité du tuba
15	29a Clapet d'ouverture tuba	
	29b Chambre de compression	Grande chambre évitant l'équilibre des pressions entre les deux faces de la membrane 29c
20	29d Piège à bulles	Evite l'entrée d'eau en attendant la fermeture des clapets 29a
	30 Glissière (non étanche)	Assure le montage de l'ensemble 1-2-5 et de leurs accessoires
	29c Membrane de pilotage	
	31 Conduit de mise à l'air libre	Assure la mise à l'air libre du réservoir 4.
25	Ne sont pas nomenclaturés, les trois clapets suivants non représentés sur les dessins :	
	- une valve de remplissage du réservoir de sécurité,	
	- deux clapets de vidange, afin de purger une éventuelle entrée d'eau accidentelle des réservoirs 1 et 2.	
30	<u>Fonctionnement des principaux éléments.</u>	
	. <u>Réservoir 1</u> : constitué par une membrane souple, non élastique, préformée, d'une capacité de 5 000 cm ³ . En surface, elle garde sa forme d'origine et s'écrase en plongée sous l'effet de la pression hydrostatique ambiante. Après la "remontée" à la	
35	surface, elle reprend sa forme d'origine. C'est le réservoir d'air qu'emporte avec lui le plongeur.	

. Compresseur 2 : mêmes caractéristiques physiques que 1, d'une capacité de $2\,500\text{ cm}^3$, cette membrane possède, en plus, un pli préformé qui lui permet d'augmenter sa capacité de 850 cm^3 lorsqu'elle est sollicitée par une pression interne. Capacité totale $3\,350\text{ cm}^3$.

Elle possède deux fonctions : la première, de refouler de l'air dans le réservoir 1, et, la deuxième, de permettre la détente de l'air emprisonné dans le réservoir 1, afin d'assurer, lorsque cela se révèle nécessaire, l'équilibre entre la pression hydrostatique ambiante et celle de l'air de service.

. Réservoir de transit 3 : assure le stockage momentané de l'air expiré ; également, permet grâce à cela, et par l'intermédiaire de l'ensemble 14 et 16, de limiter le volume d'air inspiré.

. Réservoir de stockage air expiré 4 : assure le stockage définitif de la totalité de l'air expiré. Permet, de ce fait, un équilibre statique de l'ensemble du système.

. Réservoir de sécurité 5 : d'une capacité de $1\,000\text{ cm}^3$, gonflé à une pression de 4 bars, assure une réserve d'air en cas de non-fonctionnement de l'appareil.

Sa forme originale (tôle ondulée) lui assure une résistance maximale avec un minimum de matière ; en outre, les "creux" de la tôle canalisent l'air de service jusqu'à l'ensemble 14.

. Ensemble de clapets 14 :

- 14a : clapet limiteur de volume (similitude air expiré et inspiré) ;
- 14b : clapet de refoulement compresseur 2 ;
- 14c : clapet piloté de détente et de distribution. Il pourrait faire fonction de clapet de refoulement, mais sa masse, donc son inertie, ainsi que le frottement de l'axe et la réaction du ressort de rappel sont trop importants pour permettre une ouverture sollicitée par la faible pression engendrée par la membrane compresseur 2.

Fonctionnement de l'appareil.

- En surface :

L'appareil est entièrement vide d'eau et se comporte, de ce fait, comme un flotteur de $16\,500\text{ cm}^3$ de capacité.

L'appareil pesant 7,5 kg a donc une flottabilité positive de 9 kg en surface, ce qui assure au plongeur une bonne tenue en surface et une nage facile, ainsi qu'un flotteur de repos en cas de fatigue.

Respiration à l'aide du tuba 28.

Le réservoir 3 étant rempli d'air, le flotteur 16 est en position basse et le clapet 14a est ouvert, assurant de ce fait la libre circulation entre le compresseur 2, le réservoir 1, et l'air libre. Donc, en surface, remplissage de 1 et 2.

Les deux clapets 29a maintenus ouverts par les ressorts de rappel permettent la libre circulation de l'air de surface dans le tuba 28. Le fait de posséder deux clapets 29a, ainsi qu'une séparation centrale dans le tuba, empêche le mélange de l'air expiré par le plongeur avec celui d'admission d'air frais dans l'appareil.

Egalement, les clapets 26 et 27 évitent les mélanges entre l'air expiré et inspiré qui séjournent dans les deux tuyaux annelés 23 et 24 (ces deux clapets existent dans les détendeurs classiques équipés du même type de tuyaux annelés).

- Utilité des deux membranes 1 et 2 :

Pour plonger, par exemple, à 10 m de profondeur, et posséder une réserve d'air de $5\,000\text{ cm}^3$ à la pression ambiante, soit 2 bars, il faudrait une membrane réservoir de $10\,000\text{ cm}^3$ et un appareil de 9 à 10 kg pour contrer la poussée d'Archimède et permettre la plongée.

Arrivé à 10 m de fond, le volume du réservoir sera de $5\,000\text{ cm}^3$, d'où une masse en supplément de 4 à 5 kg qui pèsera d'autant sur le plongeur, l'empêchant de remonter.

L'appareil décrit possède deux membranes : une première membrane 1 de $5\,000\text{ cm}^3$ et une deuxième membrane 2 de $2\,500\text{ cm}^3$.

Le remplissage se fait en deux temps.

Ainsi, pour une plongée à 10 m :

- Premier temps, plonger à 5 m, pression absolue

1,5 bar, écrasement total de la membrane compresseur 2, remplissage du réservoir 1 à 1,5 bar. Il est inutile de descendre plus bas. (explication ci-après de l'écrasement de la membrane compresseur 2 avant 1).

5 Ensuite, remontée en surface, gonflage du compresseur 2 à la pression atmosphérique.

 - Deuxième temps, descente à 10 m, pression absolue 2 bars, écrasement total de la membrane 2, remplissage du réservoir 1. A partir de ce moment, l'appareil peut fournir 5 000 cm³ d'air à 2 bars. La masse supplémentaire apportée qui en résulte est de 1,5 kg, qui pèse sur le plongeur, mais qui n'est pas un handicap vu le faible poids qui en résulte pour le plongeur.

 La condition (a) précitée est remplie.

 - Orientation du flotteur à 45° :

15 Le flotteur a un volume de 400 cm³ et un poids de 400 g. Le centre de gravité est le point de concours de son axe d'articulation et de l'axe du clapet 14a.

 Lors d'une plongée, l'individu doit impérativement respirer dans un secteur compris entre l'horizontale (position normale de nage) et la verticale (position debout), soit un secteur de 90°. L'explication en sera donnée plus loin. Ceci n'est pas un handicap, car ce sont des positions normales. Il serait possible au prix de certaines complications de permettre la respiration dans toutes les positions, mais cela n'en vaut pas la peine, d'autant plus que c'est uniquement lors de la respiration que l'on doit respecter ce secteur de 90°; le reste du temps, le plongeur peut évoluer dans toutes les positions.

30 C'est le poids du flotteur qui commande l'ouverture du clapet 14a ; lorsque l'appareil est en position horizontale ou verticale, l'effet sur l'axe du clapet 14a est de $400 \times 0,7 = 280$ g, en position inclinée à 45°, l'effet est maximal, soit 400 g, et est variable entre ces deux limites pour des positions intermédiaires.

35 Cela signifie que, lorsque l'appareil est en position horizontale ou verticale, le clapet 14a se ferme lorsque le réservoir 3 est entièrement rempli d'eau, et il se ferme pour une

position inclinée à 45°, lorsque l'eau mouille 70 % du volume du flotteur. Celui-ci occupant toute la longueur du réservoir 3, et bien que l'eau ne couvre pas la totalité du flotteur, il faut sensiblement la même quantité d'eau que précédemment pour fermer le clapet 14a.

- Fonctionnement en plongée (exemple à 10 m)

Le plongeur est en surface ; le réservoir 3 est rempli d'air ; le clapet 14a est ouvert ; les clapets 29a sont également ouverts ; le réservoir 1 a aspiré 5 000 cm³ d'air au travers du clapet 14b et 14a ; le compresseur 2 s'est également rempli d'air ; le plongeur respire par l'intermédiaire du tuba 28.

L'appareil est muni d'une tige de commande extérieure qui permet, lorsqu'on la tire vers le bas, d'ouvrir le clapet de sécurité 12 par l'intermédiaire du levier 12a. Lorsque la tige est poussée vers le haut, elle commande simultanément l'ouverture des clapets de mise à l'air libre 13 et 10 par l'intermédiaire du levier 12a et des drisses inextensibles 13a et 10a guidées par les coudes 13b et 10b.

Première plongée à 5 m :

a) Ouverture des clapets 13 et 10, afin d'assurer le remplissage total d'eau des réservoirs 3 et 4, position du plongeur : verticale.

b) Plongée ; dès la profondeur de 1,0 m, la pression hydrostatique pousse la membrane 29c, qui assure la fermeture des deux clapets 29a ; la chambre 29b, qui a un volume relativement important, conserve sensiblement la même pression que celle régnant en surface, malgré la compression d'une faible partie de l'air contenu, due à la poussée de la membrane 29c. Donc, à partir de 1,0 m, fermeture des orifices supérieurs du tuba 28.

Au fur et à mesure que le plongeur descend, les deux membranes 1 et 2 se compriment, l'eau pénètre dans le réservoir 4 par l'intermédiaire des conduits 8, 8a et 8b. Lorsque le plongeur se trouve en position horizontale, le compresseur 2 refoule tout son air dans le réservoir 1. Cela s'explique par la différence de niveau existant entre les bases des deux membranes entre lesquelles vient s'interposer le réservoir de sécurité 5, provoquant précisément cette différence de niveau entre 1 et 2 de 20 mm minimal, soit

une différence de pression Δp de 2 g/cm^2 , ce qui est faible, mais suffisant pour assurer le refoulement de l'air contenu dans la membrane 2 vers le réservoir 1 au travers du clapet 14b. La poussée totale sur 2 = 1 470 g. Le plongeur devra nager quelques mètres à 5 m de fond avant de remonter à la surface.

c) Remontée: sans commentaires.

d) Surface : vidange partielle de l'eau contenu dans 4, par le clapet 10, d'un volume égal à celui de la membrane 2 qui est à nouveau gonflée. Les réservoirs 3 et 4 étant déjà pleins d'eau, il est inutile de procéder à leur remplissage comme précédemment décrit.

Deuxième plongée à 10 m :

Même phénomène que pour la plongée à 5 m. Arrivé à 10 m, position du plongeur horizontale ; remplissage de 1 à la pression de 2 bars. L'appareil est prêt à fonctionner. Avant de plonger, l'individu a effectué une inspiration profonde, il possède donc dans ses poumons environ $5\,000 \text{ cm}^3$ d'air. A la profondeur de 10 m, il ne renferme plus que $2\,500 \text{ cm}^3$ et l'expiration maximale lui permet de rejeter $1\,000 \text{ cm}^3$ d'air.

Les tuyaux annelés souples 23 et 24 sont à demi-écrasés par la pression hydrostatique ambiante jusqu'à ce que l'air qu'ils contiennent équilibre la pression extérieure ; les chambres supérieure 14h et inférieure 14j sont en équilibre statique.

Première expiration profonde :

Le plongeur souffle, l'air passe au travers du clapet 27, est véhiculé par le tuyau annelé 23 et pénètre dans la chambre supérieure 14h par l'intermédiaire du tuyau 18 d'un diamètre de 22 mm ($3,8 \text{ cm}^2$) ; entre celui-ci et le tuyau de sortie 17a d'une surface rectangulaire d'environ $1,5 \text{ cm}^2$, est positionné un déflecteur, qui oblige l'air expiré à faire le tour complet de la chambre 14h avant de ressortir par le tuyau 17a et traverser le clapet 17 avant d'être stocké dans le réservoir 3.

La différence de sections d'arrivée et de départ crée une surpression dans la chambre 14h d'environ 20 g/cm^2 qui permet l'ouverture du clapet 14c. Dans ce cas bien précis, l'ouverture de 14c, par l'intermédiaire de l'air expiré, n'a pas d'utilité, comme cela va être expliqué.

L'air emprisonné dans la partie supérieure de 3 chasse l'eau au travers de l'orifice 3a ouvrant, de ce fait, le clapet 14a par l'intermédiaire du flotteur 16. Le clapet 13 est fermé depuis le départ de la première plongée à 5 m.

5 Première inspiration profonde :

A la fin de l'expiration, le clapet 14c s'est refermé. La membrane compresseur 2 est pratiquement vide ; l'inspiration crée une dépression dans la chambre inférieure 14j qui permet l'ouverture du clapet 14c par l'intermédiaire de la membrane 14e et des deux leviers symétriques 14f disposés de part et d'autre de l'axe du clapet 14c, avec un rapport de démultiplication 1/2,5.

L'air inspiré traverse ensuite le clapet 14a et, par le tuyau annelé 24, arrive à l'embout buccal 28.

15 Durant l'inspiration, le volume d'air dans le réservoir 1 diminue créant une dépression dans le réservoir 4, qui aspire l'air expiré stocké dans le réservoir 3. L'eau va envahir le réservoir 3 et, lorsque celui-ci est complètement plein, le clapet 14a se ferme, interdisant au plongeur d'aspirer davantage d'air.

20 Le clapet 14a est équipé d'un frein pneumatique 14k qui temporise la fermeture du clapet 14a, ce qui garantit un certain retard à la fermeture.

25 Le fait que le clapet 14a soit à fermeture continue, et non instantanée, est une bonne chose. En effet, lors d'une inspiration, le débit d'air admis dans les poumons passe de zéro à un maximum, puis du maximum à zéro. Cette deuxième phase correspond à la fermeture progressive du clapet 14a, qui correspond à une demande d'air de plus en plus réduite. Cela n'occasionne pas de gêne au plongeur.

30 Ensuite, les cycles expiration-inspiration se succèdent de la même façon que précédemment.

Remontée :

35 Le plongeur remonte en bloquant sa respiration, de la même manière que pour une apnée ordinaire. Arrivé en surface, l'air expiré contenu dans 4 s'est détendu et, par l'intermédiaire du clapet 10, a envahi le réservoir 3. L'appareil reprend un poids apparent de 9 kg.

Les deux clapets 29a se sont réouverts, autorisant la respiration par le tuba 28 et le remplissage des réservoirs 1 et 2.

Justification de l'ouverture du clapet 14c par la pression engendrée lors de l'expiration :

5 Le plongeur, qui se trouve par exemple à 10 m, doit pouvoir remonter de quelques mètres et respirer normalement sans que cette différence de profondeur provoque une quelconque gêne. Ainsi, dans le cas le plus défavorable : 1er cycle expiration-inspiration : à 10 m, 2e cycle : à 2 m. A 10 m, la pression qui règne dans le réservoir 1
10 égale 2 bars ; la pression agissant sur le clapet 14c est équilibrée sur les deux faces, car il règne une pression identique à l'intérieur de la chambre inférieure 14j due à l'air résiduel restant dans le compresseur 2. Egalement, la même pression règne dans la chambre supérieure 14h, grâce à l'écrasement partiel du tuyau annelé 18.

15 Il n'en est pas de même, si le plongeur remonte de 10 m à 2 m. Dans ce cas, la pression régnant dans le réservoir 1 est toujours de 2 bars, mais celle régnant dans la chambre 14j n'est plus que de 1,2 bars. La différence de pression Δp de 0,8 bar pousse sur le clapet 14c avec une force de 3,6 kg. En expirant avec
20 une surpression de 20 g/cm^2 , la pression obtenue sur la membrane 14e est égale à 1,7 kg, ce qui, démultiplié par les bras de levier 14f, devient 4,2 kg et appuie sur l'axe du clapet 14c. Celui-ci s'ouvre ; l'air en surpression dans le réservoir 1 vient gonfler la membrane 2 réalisant ainsi l'équilibre entre les pressions externe et interne.

25 S'il est très facile d'obtenir une surpression de 20 g/cm^2 en soufflant, il est par contre beaucoup plus difficile de la réaliser avec une dépression, en considérant les pertes de charges déjà occasionnées dans les tuyauteries et au travers du clapet 14a.

Justification du volume de 850 cm^3 supplémentaires
30 dans la membrane 4 :

Le réservoir 1 contient 5000 cm^3 à 10 m, sous une pression de 2 bars.

Si le plongeur remonte de 10 m à 2 m sans avoir expiré une seule fois et s'il effectue cette expiration à 2 m,
35 le volume total détendu de 1 vers 2 est de 8333 cm^3 assurant un équilibre des pressions, ambiante et interne aux membranes, de 1,2 bar.
Réservoir 1 : $5000 +$ réservoir 2 : $2500 +$ réserve de 2 : $850 = 8350 \text{ cm}^3$.

Notes :

- L'appareil peut être utilisé à des profondeurs variant de 2 à 15 m de fond.
- Les axes d'articulation du flotteur 16 et de la commande 12a peuvent très facilement être rendus étanches, afin d'éviter tout grippage.
- Quelle que soit la profondeur de plongée projetée, il est toujours nécessaire de plonger une première fois, afin de remplir le réservoir 1.
- Jusqu'à une profondeur de 5 m, la première et la deuxième plongée doivent être effectuées à la profondeur où doit s'effectuer celle-ci.
- Au-delà de 5 m, la première plongée est limitée à 5 m et la deuxième à la profondeur de la plongée envisagée.
- Si le plongeur dépasse 10 m de fond, et s'il veut augmenter ses possibilités d'apnée, il lui est possible d'effectuer une première plongée à 5 m, une deuxième plongée à 10 m et une troisième plongée à la profondeur envisagée. Dans ce cas, il lui est possible de multiplier par 3,5 son temps d'apnée.
- Si cela se révèle intéressant, il est toujours possible de rendre automatiques l'ouverture et la fermeture des clapets 13 et 10, bien que cela ne paraisse pas très utile et complique la mécanique.

Compléments de description et fonctionnements correspondants :

- a) Il est utile d'ajouter un bouchon de vidange dans la partie la plus basse du réservoir 4, afin d'assurer le nettoyage et le rinçage à l'eau douce de temps à autre ;
- b) le réservoir de sécurité 5 de 1000 cm^3 est "gonflé" à une pression de 4 bars, ceci afin d'assurer un volume de service de sécurité. Par exemple, à 10 m de fond, le plongeur a à sa disposition environ 1000 cm^3 (1000 cm^3 à 4 bars = 2000 cm^3 à 2 bars ; capacité de réservoir = 1000 cm^3), ce qui permet une remontée dans des conditions normales, poumons bloqués, en cas de mauvais fonctionnement d'un des éléments de l'appareil ;
- c) le réservoir 5 peut être "gonflé" à l'aide d'une pompe à pied à membrane, d'une conception simple ;

d) lorsque le plongeur remplit d'eau le réservoir 3 grâce à l'ouverture du clapet 13, le réservoir 4 se remplit d'eau également, puisqu'il comporte deux ouvertures de communication avec le réservoir 3 qui sont le conduit 31 et le clapet 10 ;

5 e) avant le premier cycle expiration-inspiration, les deux tuyaux annelés 23 et 24 sont écrasés jusqu'à ce que la pression interne équilibre la pression hydrostatique externe ;

10 lors de la première expiration, le tuyau annelé 23 reprend sa forme d'origine et la quantité d'air nécessaire à ce "gonflage" n'est pas stockée dans le réservoir 3,

15 lors de la première inspiration, le tuyau annelé 24 reprend sa forme d'origine et la quantité d'air nécessaire à ce "gonflage" n'est pas aspirée par le plongeur, les deux tuyaux 23, 24 étant de longueurs égales et de diamètres identiques ; les deux volumes d'air expiré et inspiré sont identiques ;

f) après le remplissage d'eau de 3 et 4, l'appareil n'a plus qu'une flottabilité de 1,0 kg lui permettant de plonger avec facilité ;

20 g) lorsque la membrane de 1 vient prendre appui sur la plaque la, le plongeur ressent une légère résistance à l'aspiration qui le prévient qu'il ne reste plus que $1\ 000\text{ cm}^3$ d'air disponibles ;

25 h) utilisation de l'appareil en position horizontale : en raison de la différence de niveau entre l'ensemble de l'appareil et le centre de gravité des poumons, le plongeur ressent une légère résistance à l'aspiration, mais, en considérant que l'appareil n'est pas du type à aspiration continue, cela n'est pas une gêne pour le plongeur ;

30 i) les tableaux I et II sont communiqués ci-après.

En étudiant le tableau I, on constate :

- une compression du volume de la membrane 1 pour des profondeurs entre 10 et 15 m,

- que, pour des profondeurs variant entre 2 et 4 m, l'air résiduel contenu dans 2, lors de la plongée de gonflage, est perdu, puisqu'il n'est pas stocké dans le réservoir 1, ce qui diminue d'autant le volume d'air disponible. Cette remarque n'est valable que pour des fonds variant entre 2 et 4 m. Lorsque l'individu effectue la plongée entre 2 et 4 m avec des fonds au moins égaux à 5 m, il lui suffit d'effectuer la plongée de gonflage à cette profondeur pour qu'il n'y ait plus de perte dans le compresseur 2.

En regard du tableau II, on note que, pour augmenter l'autonomie de l'appareil, il est possible, pour des profondeurs comprises entre 10 et 15 m, d'effectuer deux plongées de gonflage, la première à 5 m et la deuxième à 10 m.

En fin de plongée, les réservoirs 1 et 2 sont pratiquement vides et, si le plongeur se trouve à ce moment-là à 10 m de fond, le réservoir 4 contient $5\,000\text{ cm}^3$ d'air expiré.

Après la remontée à la surface, cet air se détend et occupe un volume de $10\,000\text{ cm}^3$. Egalement, les réservoirs 1 et 2 se gonflent et ont un volume de $7\,500\text{ cm}^3$.

L'appareil a un volume de $16\,500\text{ cm}^3$, duquel il faut retrancher celui occupé par le réservoir 5 de sécurité de $1\,000\text{ cm}^3$, ainsi que celui de l'appareillage annexe, soit $1\,000\text{ cm}^3$. Il reste $14\,500\text{ cm}^3$ utiles. Le volume de l'air contenu dans $1 + 2 + 4 = 10\,000 + 5\,000 + 2\,500 = 17\,500\text{ cm}^3$.

On constate qu'en surface pratiquement toute l'eau séjournant dans 3 et 4 a été chassée ; la différence des volumes $17\,500 - 14\,500 = 3\,000\text{ cm}^3$ sera expulsée à l'extérieur.

L'appareil se comporte en surface comme un flotteur de $16\,500\text{ cm}^3$. Son poids étant de 7,5 kg lorsque le volume d'eau déplacé égale $7\,500\text{ cm}^3$, l'appareil est en équilibre statique. Cela assure une nage facile au plongeur et procure un flotteur de repos en cas de fatigue.

Le remplissage de 3 et 4 fait appel au fonctionnement du clapet 13.

Ce clapet se compose de deux clapets 13c et 13d liés par une lame de ressort 13e fixée d'un côté sur le clapet 13d, libre de l'autre et solidaire par le milieu du clapet 13c. La chambre 13f communique avec le réservoir 4 par l'intermédiaire du conduit 31 et la chambre 13g, percée de quatre trous, avec le réservoir 3. Les deux soufflets 13h assurent à l'axe de commande une protection contre le grippage. Le ressort 13i doit développer un effort suffisant pour assurer l'étanchéité du clapet 13d et une certaine contrainte sur le ressort 13e, qui assure de ce fait l'étanchéité du clapet 13c. Les deux clapets s'ouvrent simultanément.

Fonctionnement du clapet piloté 10 : ce clapet est constitué par une membrane en caoutchouc du même type que celles des clapets 14b, 26 et 27. Il comporte en outre deux étriers, également en caoutchouc, composés de deux demi-anneaux, monoblocs avec le clapet. Il a deux fonctions :

- une première fonction : d'assurer la vidange, en position horizontale, du réservoir 4, et
- une deuxième fonction : d'assurer le remplissage d'eau du réservoir 4 avant la plongée, l'ouverture étant commandée simultanément avec celle du clapet 13 par l'intermédiaire de l'ensemble 12 et de la drisse 10a. Le coude guide-drisse 10b est équipé d'un ressort de rappel de drisse qui ramène celle-ci en position de "départ" et, de ce fait, ne risque pas de gêner la fermeture du clapet 10.

L'étranglement 8c, qui est de section inférieure à celle du conduit 8b, crée une dépression sur la face interne du clapet 10 assurant de ce fait une étanchéité efficace de celui-ci lorsque le plongeur inspire, et que l'air stocké dans le réservoir 3 passe dans le réservoir 4 par les conduits 8, 8a, 8b.

Il aura été noté que l'inclinaison de l'extrémité du tuba 28 était égale à 30°. En effet, lorsque le plongeur plonge, il est étendu sensiblement verticalement, la tête en bas. Le tuba

se rapproche provisoirement de l'horizontale, et, s'il poursuit légèrement sa course, il dépasse l'horizontale, de sorte que l'air contenu dans le piège à bulles 29d risque de s'échapper avant la fermeture des deux clapets 29h. L'inclinaison précitée de 30° permet de supprimer cet inconvénient.

L'invention n'est pas limitée aux réalisations représentées, mais en couvre au contraire toutes les variantes qui pourraient leur être apportées, sans sortir de leur cadre, ni de leur esprit.

TABLEAU I

Profondeur de plongée	Volume* du réservoir 1		Pression** dans le réservoir 1		Volume* du compresseur 2		Pression** dans le compresseur 2		* Volume maximal disponible	* Volume maximal disponible à pression atmosphérique	Poids apparent (kg)	Orientation de la poussée
	1er gonflage	2e utilisation	1er gonflage	2e utilisation	1er gonflage	2e utilisation	1er gonflage	2e utilisation				
2	5000	5000	1,2	1,2	1240	2080	1,2	1,2	7030	8496	-0,58	↗
3	5000	5000	1,3	1,3	770	1920	1,3	1,3	6920	8996	-0,42	↗
4	5000	5000	1,4	1,4	355	1785	1,4	1,4	6785	9499	-0,285	↗
5	5000	5000	1,5	1,5	théorique 0	1666	1,5	1,5	6666	10000	-0,166	↗
5	5000	5000	1,5	1,6	0	1243	théorique 0	1,6	6243	10000	+0,257	↗
5	5000	5000	1,5	1,7	0	882	0	1,7	5882	10000	+0,618	↗
5	5000	5000	1,5	1,8	0	556	0	1,8	5556	10000	+0,944	↗
5	5000	5000	1,5	1,9	0	263	0	1,9	5263	10000	+1,237	↗
5	5000	5000	1,5	2,0	0	0	0	2,0	5000	10000	+1,50	↗
5	5000	4762	1,5	2,1	0	0	0	2,1	4762	10000	+1,738	↗
5	5000	4545	1,5	2,2	0	0	0	2,2	4545	10000	+1,955	↗
5	5000	4348	1,5	2,3	0	0	0	2,3	4348	10000	+2,142	↗
5	5000	4167	1,5	2,4	0	0	0	2,4	4167	10000	+2,333	↗
5	5000	4000	1,5	2,5	0	0	0	théorique 2,5	4000	10000	+2,50	↗

Les pressions** sont données en bars et les volumes* en cm³.

T A B L E A U II

Profondeur de plongée	Volume du réservoir 1				Pression dans le réservoir 1			Volume du compresseur 2				Pression dans le compresseur 2			Volume maximal disponible	Volume maximal disponible ramené à pression atmosphérique	Poids apparent (kg)	Orientation de la poussee
	1er gonflage	2e gonflage	3e gonflage	3e utilisation	1er gonflage	2e gonflage	3e utilisation	1er gonflage	2e gonflage	3e utilisation	3e utilisation	1er gonflage	2e gonflage	3e utilisation				
5 10	10	5000	5000	5000	1,5	2,0	2,0	0	0	1250	théorique	0	0	0	6250	12500	+0,250	↗
5 10	11	5000	5000	5000	1,5	2,0	2,1	0	0	952	théorique	0	0	0	5952	12500	+0,548	↗
5 10	12	5000	5000	5000	1,5	2,0	2,2	0	0	681	théorique	0	0	0	5681	12500	+0,819	↗
5 10	13	5000	5000	5000	1,5	2,0	2,3	0	0	435	théorique	0	0	0	5435	12500	+1,065	↗
5 10	14	5000	5000	5000	1,5	2,0	2,4	0	0	209	théorique	0	0	0	5209	12500	+1,291	↗
5 10	15	5000	5000	5000	1,5	2,0	2,5	0	0	0	théorique	0	0	0	5000	12500	+1,50	↗

R E V E N D I C A T I O N S

1. Appareil de plongée autonome comportant un corps extérieur rigide (20), caractérisé en ce qu'une cloison rigide perforée (9) est disposée à l'intérieur du corps (20), qu'elle sépare
5 en deux compartiments distincts (3 et 4), cependant que l'un (4) de ces compartiments est divisé en trois chambres successives séparées par deux plaques rigides (7) perforées, que deux membranes souples préformées sont disposées une dans chacune des deux chambres extrêmes communicantes et délimitent dans chaque chambre extrême une enceinte
10 (1, 2) communiquant avec la chambre intermédiaire à travers l'une des plaques, et qu'à l'intérieur de la chambre intermédiaire est disposé un réservoir rigide d'air de sécurité (5).
2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce
15 que l'air expiré est emmagasiné dans ledit compartiment (4) divisé en trois chambres, l'autre compartiment (3) faisant office de réservoir de transit de cet air expiré.
3. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce qu'il comporte un ensemble de clapets de
20 commande (14-16) qui est contenu dans celui (3) des compartiments non divisé en trois chambres.
4. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que la chambre intermédiaire communique avec un clapet d'aspiration d'air (26) à travers des perforations ménagées
25 dans la partie de la cloison rigide (9) séparant la chambre intermédiaire du compartiment non divisé en trois chambres.
5. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce qu'un orifice ménagé uniquement dans la partie basse de la cloison rigide (9) relie l'une des deux chambres
30 extrêmes (4) au compartiment (3) non divisé en trois chambres et réalise ainsi la communication entre les deux compartiments.
6. Appareil selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'un conduit de liaison (12d) relie le réservoir de sécurité (5) à un conduit d'aspiration (19), un clapet
35 de sécurité (12) étant disposé sur ce conduit de liaison et étant muni d'un dispositif de commande volontaire (12a).

2/4

Fig. 2

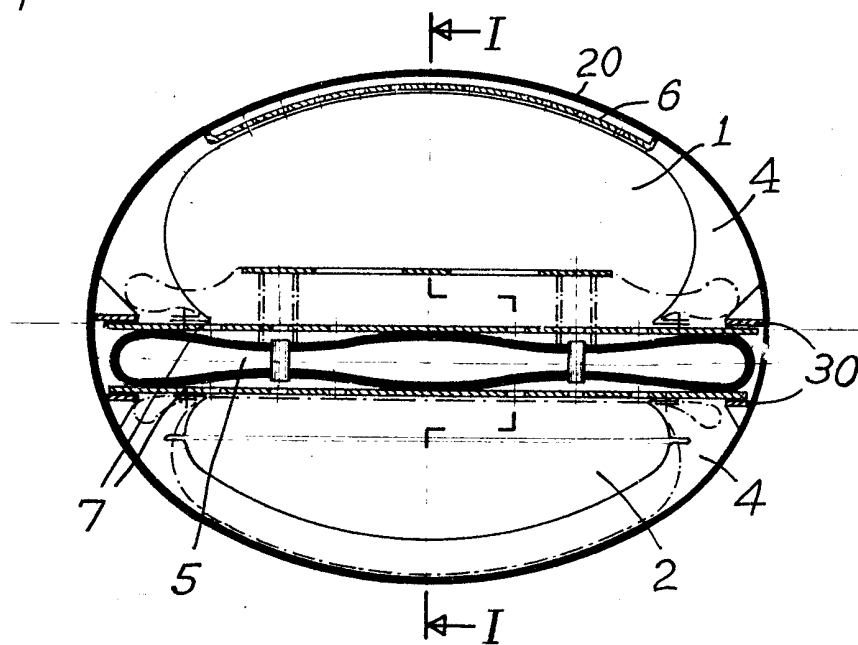
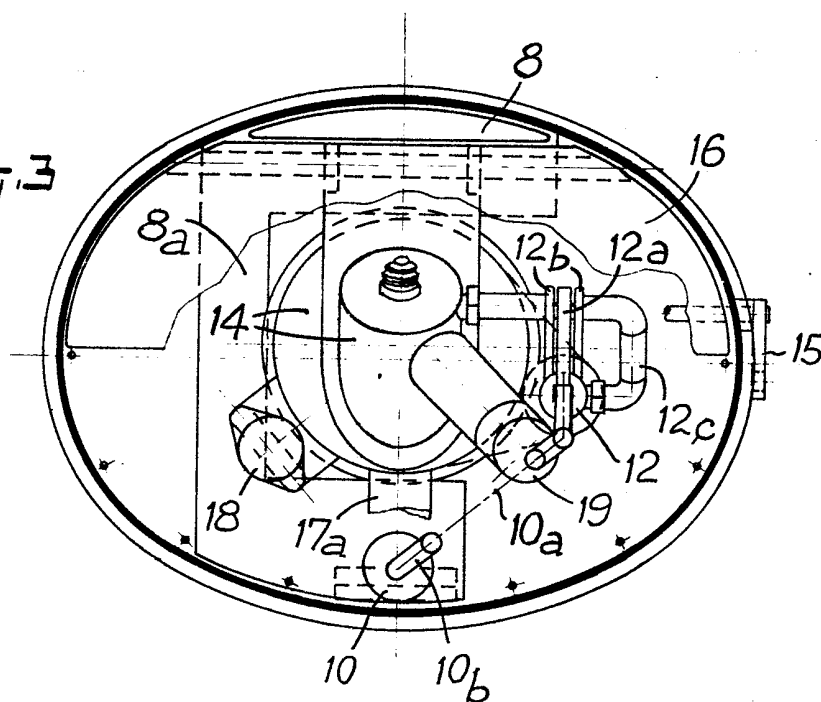
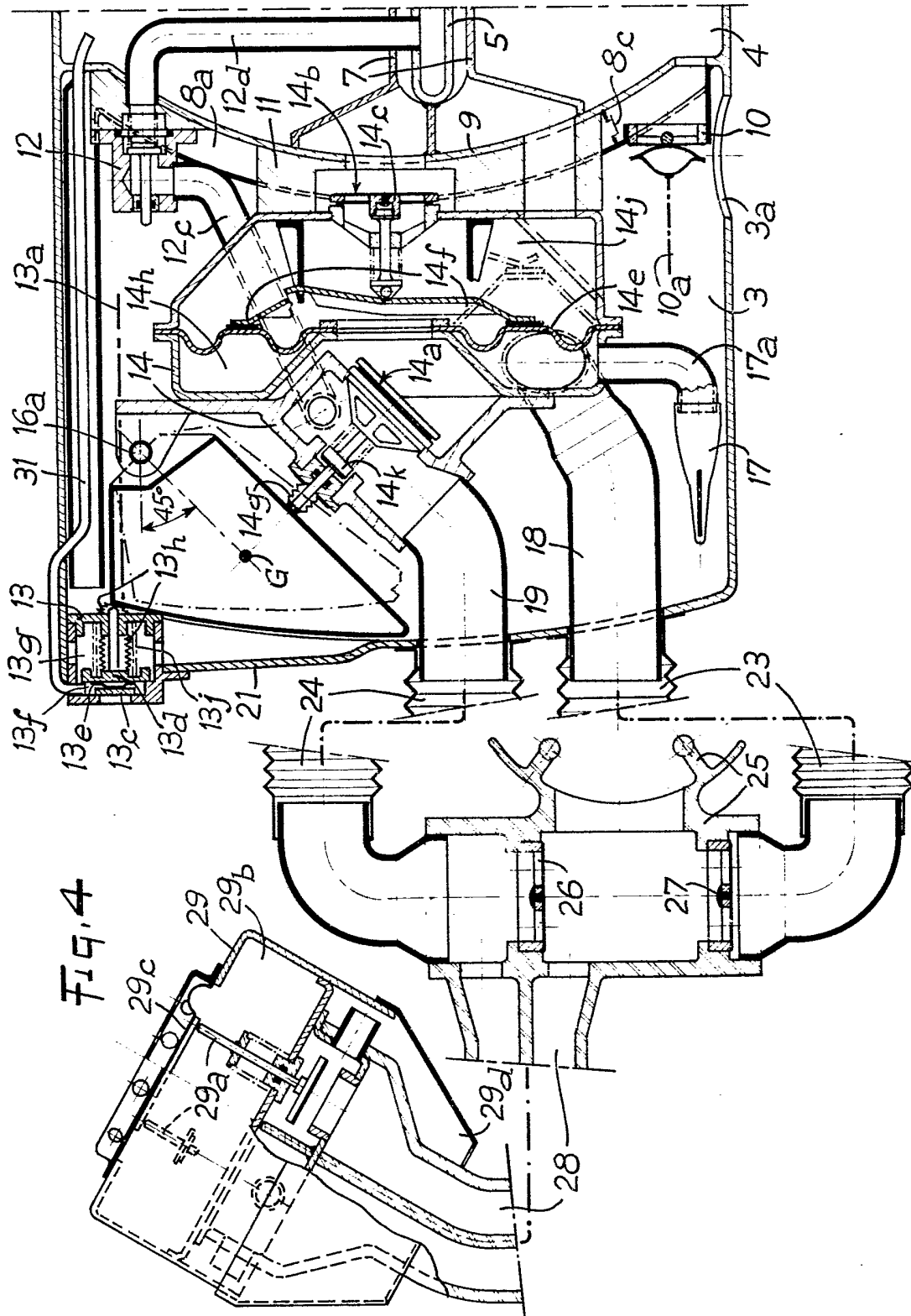


Fig. 3



3/4



4/4

Fig. 5

