

# Le projet d'une exploration sous-marine belge

Autor(en): **Piccard, Auguste**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Verhandlungen der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft = Actes de la Société Helvétique des Sciences Naturelles = Atti della Società Elvetica di Scienze Naturali**

Band (Jahr): **120 (1940)**

PDF erstellt am: **25.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-90423>

## **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

## **Haftungsausschluss**

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

# Le projet d'une exploration sous-marine belge

Par

AUGUSTE PICCARD

professeur à l'Université de Bruxelles,  
ingénieur aux Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey

L'intérêt scientifique de l'exploration des profondeurs des Océans est reconnu par les spécialistes les plus qualifiés. La Vie, telle qu'elle existe réellement dans les ténèbres éternelles des fonds de la mer, est pour nous encore pleine de mystères. Les sondages au filet nous ont bien rapporté des spécimens d'un grand nombre d'animaux de toutes les profondeurs. Mais on sait que beaucoup de grands animaux rapides échappent généralement au filet et ce que le filet nous donne est tué par la dépression rapide et généralement fortement détérioré. Ce n'est qu'en complétant l'analyse de la dépouille par l'observation directe de l'animal vivant que l'on pourra se faire une bonne idée sur la faune sous-marine.

On sait que le professeur Beebe est descendu dans sa « Bathysphère » à une profondeur de 900 m sous le niveau de l'Atlantique. Ce qu'il a observé comme animaux nouveaux, spécialement les grands poissons lumineux, est tellement merveilleux qu'on ne peut avoir qu'un désir : aller plus loin, observer plus longtemps et dans de meilleures conditions.

La cabine sous-marine de Beebe était suspendue par un câble à la manière du ballon captif. Cela paraissait donner une bonne sécurité. Mais nous savons qu'un câble d'une grande longueur est sujet à des vibrations. Le mouvement du bateau produit des ondes qui courent le long du câble, se reflètent aux extrémités et interfèrent entre elles. Il peut, par les jeux du hasard, se produire des accumulations locales d'énergie telles que le meilleur câble arrive à être rompu. L'expérience des dragages par filet est là pour le prouver. En outre il paraît dangereux de trop s'approcher du fond de la mer parce que la cabine fixée au navire en suit les mouvements et pourrait heurter le sol avec trop de violence.

Dans ces conditions, on a bien l'impression que pour faire progresser les moyens d'observation et pour atteindre de plus grandes profondeurs il faut franchir le pas qui sépare le ballon captif du ballon libre. L'analogie est concluante. Il faut que l'appareil d'exploration flotte librement dans l'eau, sans aucune liaison avec le navire de base. Il faut donc créer le ballon libre de l'océan. Est-ce possible ?

Les études que j'ai pu faire de cette question grâce à l'appui du Fonds national belge pour la Recherche scientifique ont donné à mon avis la preuve que la voie proposée est réalisable.

Dans la suite nous allons décrire sommairement l'appareil qui sans la tragédie à travers laquelle le monde passe actuellement, serait réalisé aujourd'hui et qui nous permettrait d'explorer, de photographier et même de cinématographier dans de bonnes conditions et sans risque toute la vie macroscopique jusqu'aux profondeurs de 4000 m; c'est-à-dire presque la totalité du volume de la mer. (On sait en effet que les profondeurs dépassant 4000 m sont de grandes exceptions.)

#### *Le principe hydrostatique de l'appareil*

L'appareil, tel qu'il sera mis à l'eau par la grande grue du navire de base sera un peu plus lourd que l'eau déplacée. On en fera la pesée exactement comme celle d'un ballon libre et on réglera l'excès de poids en ajoutant ou en enlevant du lest de façon à donner à l'appareil abandonné à lui-même une vitesse verticale propre de 1 m/sec. La force nécessaire pour obtenir cette vitesse est de 150 kg. La détermination de cette constante a été faite par mon collègue le professeur Bogært, ingénieur naval, dans le laboratoire hydrodynamique de l'U. L. B. au moyen d'essais de maquettes.

Si ni l'eau ni l'appareil n'étaient compressibles, cette surcharge resterait constante pendant toute la descente et notre sous-marin atteindrait en une bonne heure à vitesse constante la profondeur de 4000 m malgré la pression de 400 atmosphères qui y règne. Arrivé à cette profondeur seulement on délésterait l'appareil en « donnant » du lest sous forme de fer, de façon à l'équilibrer. Ainsi il flotterait en équilibre stable à hauteur constante comme son vieux frère, le ballon libre des aéronautes.

De fait le calcul doit tenir compte des compressibilités de l'eau de mer, de la cabine en acier et du flotteur en hydrocarbure. (Nous verrons que la cabine elle-même est plus lourde que l'eau et qu'elle doit être munie d'un flotteur en matière légère.) La pression de 4000 m d'eau fait augmenter la densité de l'eau de mer de 1,6 %. La densité de la cabine entière augmente seulement de 0,3 % mais la densité de l'hydrocarbure choisi pour le flotteur augmente de 4 %. Il résulte de cela que le sous-marin entier augmentera sa densité dans une proportion plus forte que l'eau de mer. (Malheureusement pour nous l'eau salée est un liquide relativement peu compressible.) Il en résulte que l'appareil n'est pas stable : une fois en descente il aura tendance à descendre toujours plus vite et une fois en montée il montera toujours plus vite. Il nous faudra donc pendant la descente donner une certaine quantité de lest, si nous désirons que la descente ne soit pas accélérée. Le calcul montre que cette quantité sera en moyenne de 55 kg par 1000 m de dénivellation, si la compression est isothermique. Si l'on tient compte du fait que la compression du liquide sera plus ou moins adiabatique, on peut encore diminuer ce dernier chiffre. (La compression adiabatique de 400 atm. élève la température de notre essence de 8° C.)

Si on désire observer le fond de la mer en suivant les ondulations du sol on imitera encore le ballon libre en « faisant du guide-rope ». On laissera traîner quelques mètres d'un lourd câble qui équilibreront notre hydrostat à une petite distance du fond pendant qu'il se laissera pousser lentement soit par les faibles courants, soit par un propulseur, dont nous reparlerons.

Quand les observateurs voudront remonter, ils « donneront » encore du lest et l'appareil déchargé remontera à la surface. Ici il enverra des signaux par T. S. F. qui seront repérés par radiogoniométrie depuis le bateau de base pour permettre à ce dernier de venir repêcher le sous-marin.

### *La cabine sous-marine*

L'habitable des observateurs est évidemment la pièce la plus importante de toute notre construction. A certains points de vue la cabine peut s'appuyer de très près sur son modèle, la première cabine stratosphérique. Comme celle-ci elle sera sphérique avec un diamètre intérieur de 210 cm. Ces dimensions permettent, ainsi que



les ascensions dans la stratosphère l'ont montré, à deux observateurs de se mouvoir agréablement entre leurs multiples instruments. Il n'y a aucune difficulté à maintenir l'air de cette cabine dans un état respirable et salubre. On absorbe l'acide carbonique et l'eau et l'on remplace l'oxygène manquant par une réserve d'oxygène comprimé. L'azote restant en quantité constante dans la cabine, il suffit de régler le débit d'oxygène de façon à maintenir constante la pression à l'intérieur de la cabine pour être sûr d'avoir toujours le bon pourcentage d'oxygène dans l'atmosphère que l'on respire.

Des difficultés nouvelles de construction surgissent par le fait des pressions énormes auxquelles la cabine doit résister. La cabine stratosphérique doit faire face à une surpression intérieure qui ne dépassera jamais une atmosphère tandis que la cabine sous-marine sera sollicitée à 4000 m de profondeur par une pression extérieure de 400 atmosphères. Elle sera constituée par deux hémisphères en acier coulé d'une épaisseur de parois de 7,5 cm. Les deux hémisphères seront serrées l'une contre l'autre par la pression de l'eau avec une force de 16 000 tonnes.

Afin d'être à l'abri de toutes surprises nous avons vérifié nos calculs par des essais de laboratoire. Dans une « chambre d'essais » d'un volume de 12 litres, construite par les Aciéries Henricot, nous pouvons comprimer de l'huile jusqu'à une pression de 1500 atmosphères au moyen d'une pompe électrique fournie par Amsler (Schaffhouse). Dans cette chambre on place des maquettes de cabines dont toutes les dimensions sont réduites dans le rapport de 10 à 1. Des épreuves, faites avec des maquettes en acier coulé spécial de Henricot ont fourni la preuve que la cabine projetée ne serait probablement écrasée que par une submersion de 12 000 m. Notre coefficient de sécurité sera donc tout à fait suffisant.

On sait qu'aucun pont en fer, même s'il est largement calculé, ne doit être ouvert à la circulation avant d'avoir subi son épreuve par une charge d'essai qui est généralement choisie égale à une fois et demie la charge maxima du pont. Nous ferons des épreuves analogues avant d'aller nous-mêmes aux grandes profondeurs : Avant chaque plongée avec observateurs, la cabine ira faire toute seule un voyage à une plus grande profondeur. Nous n'irons nous-mêmes à 4000 m qu'après avoir vu revenir la cabine victorieusement d'une profondeur de 6000 m. (Une fosse de telle profondeur

se trouve en face des Canaries). Le délestage nécessaire pour cette opération se fera automatiquement.

### *Les hublots d'observation*

Nous descendons pour voir et pour photographier. (La prise d'échantillons par capture est réservée à une seconde campagne.) La cabine doit donc être munie de fenêtres donnant une large vue sur l'extérieur. Ces fenêtres seront moins grandes que les larges baies du Nautilus à travers lesquelles vous avez dans votre jeunesse suivi avec émotion les descriptions palpitantes de Jules Verne. Nous aurons deux hublots circulaires dont la glace aura une épaisseur de 15 cm. Cette glace sera conique avec un diamètre libre de 10 cm du côté intérieur et de 40 cm du côté extérieur. (Le cône aura donc un demi-angle d'ouverture de 45°.) Ainsi on aura une vue très étendue vers l'extérieur.

Le choix de la matière transparente a fait l'objet d'une étude approfondie au moyen de maquettes placées devant un trou pratiqué dans la paroi de notre cuve d'essai. Nous avons pu constater que le verre ordinaire résiste très bien aux plus grandes pressions sous forme de plaque plane posée directement sur une surface d'acier dressée. Mais comme la paroi de la cabine doit avoir autour des trous une épaisseur de 15 cm, la vue offerte par cette construction est trop restreinte. Il a été très curieux de constater qu'un verre en forme conique encastré dans un trou conique d'une paroi d'acier ne présente que très peu de résistance. Il se fissure déjà à de faibles pressions. Ce fait est visiblement dû à la déformation élastique différente que doivent subir la paroi et le verre.

Après de longs essais nous avons abandonné le verre ordinaire pour nous arrêter à un verre organique légèrement plastique. Ce verre est plus transparent que le verre ordinaire du commerce. Il est presque aussi transparent que du très bon verre optique. Nous avons pu photographier à travers un de ces hublots pendant qu'il était chargé par une pression de 600 atmosphères. La photographie était parfaite. La solidité de ces hublots organiques est surprenante. Pour pouvoir détruire une de ces maquettes nous avons dû lui donner un diamètre intérieur (diamètre de la petite base du cône) qui était le double de l'épaisseur de la plaque (hauteur du cône). Cette maquette a été détruite par la pression d'une colonne d'eau de 12 500 m. C'est dire que la forme choisie, où le

diamètre intérieur n'est que de deux tiers de l'épaisseur (10 cm par rapport à 15 cm) nous garantit contre toute surprise désagréable. (On peut par une extrapolation approchée estimer que nos hublots seraient écrasés à une profondeur de 30 km.) (Une description plus détaillée des regards pour hautes pressions va paraître dans le « Bulletin technique » des Ateliers de Constructions Mécaniques de Vevey.)

### *L'étanchéité de la cabine*

Nos essais ont montré qu'aux grandes pressions qui nous occupent, il est beaucoup moins difficile que l'on pourrait le croire d'obtenir une étanchéité parfaite de tous les nombreux joints de la cabine. Ainsi nos hublots coniques posés simplement dans les alvéoles coniques de même angle d'ouverture sont absolument étanches sans aucun joint. Deux plaques d'acier bien dressées pressées l'une contre l'autre par la pression du liquide ne laissent pas passer une goutte. Si l'on craint que les deux plaques ne soient pas assez exactement dressées, on appliquera à l'extérieur de la fente une bande de caoutchouc. Ainsi c'est le caoutchouc qui devrait passer avant le liquide : mais la viscosité du caoutchouc est telle qu'il ne traversera pratiquement jamais la fente, aussi longtemps qu'elle n'est pas trop large. La construction usuelle qui place le joint de caoutchouc, de fibre ou de plomb entre les deux métaux n'est pas utilisable du tout pour les fortes pressions, parce que le joint est chassé hors de son logement malgré toutes les précautions qu'on aurait pu prendre.

Le passage de conducteurs électriques à travers la paroi de la cabine a commencé par nous créer beaucoup de difficultés. Finalement des solutions parfaites ont été trouvées.

### *Le délestage*

Le problème le plus angoissant posé par toute la construction est certainement celui du délestage : Comment faire pour pouvoir donner à coup sûr et sans la moindre possibilité d'une panne le lest qui nous fera remonter ? Une défectuosité de l'appareil de délestage correspond par son premier effet à une panne de soupape du ballon libre. Elle empêche le retour au plan de départ. Mais tandis que le pilote de l'aérostat sait que même sans coup de soupape son ballon se mettra nécessairement au régime de des-

cente au moment du coucher du soleil, les occupants d'un hydros-tat ne pourraient mettre leur unique espérance de remonter que dans un mouvement géologique de la croûte terrestre dans le cas où ils ne pourraient pas donner à volonté du lest.

Quelles sont les solutions du problème que l'on pourrait envisager mais que l'on doit écarter faute de sécurité absolue ? Le physicien pense à un appareil à mercure qui pourrait être placé à l'intérieur ou à l'extérieur de la cabine. Le prix prohibitif de ce métal liquide à lui seul suffit pour faire repousser cette solution, sans parler des difficultés présentées par la construction et la manœuvre de la robinetterie correspondante. On pourrait placer des poids à l'extérieur de la cabine et les décrocher par une commande mécanique quelconque. Mais cette commande nécessiterait des passages à travers la paroi de la cabine, donc des presse-étoupe. Or, un presse-étoupe résistant à des centaines d'atmosphères est un instrument délicat. Qui garantit qu'il ne se coin-cera jamais malgré les déformations subies par les métaux sous l'effet des pressions énormes et qu'il sera toujours parfaitement étanche ? Cette solution doit être rejetée. Il faut, pour éviter le presse-étoupe, remplacer la télécommande mécanique par une télécommande électromagnétique puisque les passages de conduc-teurs isolés de la basse à la haute pression sont parfaitement réali-sables. Mais qui parle d'appareils électriques fait surgir le spectre des pannes d'électricité : Rupture de conducteur, mauvais con-tact ou mauvaise isolation, épuisement de la source. On ne pourra jamais nier d'une façon absolue la possibilité d'une de ces pannes. Que faire alors ? Il faut que n'importe quelle panne produise à coup sûr le délestage du sous-marin et son ascension immédiate. Voici la solution qui garantit ce résultat d'une façon absolue : Le lest est constitué par du fer; il est retenu par des électro-aimants dont la force portante disparaît dès que le courant est coupé; la source du courant se trouve dans la cabine. Chaque accident électrique ne peut ainsi que produire le délestage. On remonterait plus vite qu'on ne le désire, mais ce ne serait pas la catastrophe. Quelques précautions doivent naturellement être prises : Il faut que la coupure du circuit magnétique soit largement calculée afin de permettre au champ démagnétisant de vaincre la force coercitive; il faut que le fer soit aussi doux que possible pour que la coupure puisse être faible, ce qui diminue les ampères-

tours indispensables à l'entretien de l'aimantation; il faut enfin vérifier les caractéristiques du fer sous hautes pressions pour être à l'abri de surprises qui pourraient être catastrophiques.

On pourrait croire que la dépense d'énergie sous forme de courant électrique est assez grande si l'on veut porter de fortes charges. Il n'en est rien. Une bonne construction peut facilement porter 100 kg avec une puissance de 1 watt et on pourrait même aller beaucoup plus loin. Une petite batterie pourra donc alimenter tous nos électro-aimants.

Nous pourrions porter ainsi un certain nombre de gros morceaux de fer, ce qui permettra un délestage massif au moment voulu. Le même genre d'aimants servira à fixer à la cabine le guide-rope et tous les instruments extérieurs auxquels on pourrait rester accroché. Ainsi si l'accident peu probable se produit qui fait qu'un de ces instruments reste pris dans un obstacle, on pourra se libérer en coupant le courant et en sacrifiant l'instrument.

Il faut aussi prévoir un délestage finement dosé au moment où l'on veut équilibrer notre ballon sous-marin. Dans ce but, j'ai étudié un appareil qui déleste à jet continu : un grand entonnoir placé sous la cabine contient 400 kg de grenaille de fer, capable de s'écouler comme le sable d'un sablier par l'orifice de l'entonnoir au débit de 30 kg par minute. L'orifice de l'entonnoir est constitué par un tube de fer placé dans l'axe d'un enroulement électrique. Un faible courant suffit pour aimanter le tube et son contenu. La grenaille ainsi aimantée ne peut pas s'écouler. Pour donner du lest, on coupe le courant pendant un temps déterminé. Cet appareil est susceptible d'entrer en panne si un corps étranger vient à obstruer l'orifice (algues, vase ou petit animal). Pour éviter des conséquences graves d'une pareille panne, il suffit de fixer tout l'entonnoir à la cabine par des électro-aimants.

La grande batterie d'éclairage enfin, qui pèsera dans les 500 kg, sera aussi portée par des électro-aimants. On peut ainsi la sacrifier au cas d'un grand danger si un délestage très puissant est requis (voie d'eau, accrochage dans des algues, etc.).

### *Le lestage*

Pour régler avec précision l'équilibre du sous-marin ou pour redescendre après un arrêt, il faut que le pilote puisse augmenter le poids de son engin. Dans ce but, je prévois à l'intérieur de la

cabine un robinet d'écoulement placé sur la conduite de haute pression qui aboutit aux manomètres. C'est un robinet à pointeau, construction Amsler, qui a déjà fait ses preuves dans mon laboratoire. En l'ouvrant prudemment on laisse entrer une petite quantité d'eau dans la cabine. Il ne faut naturellement pas oublier de le refermer à temps; car si la quantité d'eau introduite dépassait le lest disponible, toute remontée serait impossible. (Il ne peut pas être question d'expulser l'eau par une pompe; l'énergie requise serait trop grande.) Il va sans dire qu'un robinet général d'arrêt (peut-être même deux) est placé à l'entrée de la conduite pour la fermer dans le cas d'une fuite du robinet de lestage ou de l'un des manomètres. L'eau recueillie servira aussi à l'étude du plancton.

### *Les instruments de navigation*

Les instruments de navigation sont copiés sur les instruments du ballon libre : A l'intérieur de la cabine : manomètre et barographe, reliés à la pression extérieure par un tube d'acier (dont nous venons de parler). Le manomètre fait office d'altimètre et le barographe trace en fonction du temps l'itinéraire entier du voyage au point de vue de la verticale. A l'extérieur de la cabine un moulinet tourne en fonction de la vitesse verticale et donne par un jeu de contacts électriques à l'intérieur de la cabine des signaux acoustiques qui renseignent le pilote sur la grandeur et le sens du mouvement vertical et cela avec une sensibilité bien plus grande que celle des autres instruments. Lors des épreuves, où aucun homme n'est à bord, le manomètre coupera les courants qui tiennent le lest dès que la profondeur prescrite sera atteinte. En outre, un mouvement d'horlogerie coupera ces mêmes courants après un temps déterminé.

### *Les observations*

La cabine est construite pour deux occupants : l'observateur et le pilote. Le pilote sera chargé de la surveillance de tout ce qui touche la navigation, la photographie, le conditionnement de l'air et la sécurité de la talassosphère. A mon avis il devrait être ingénieur et physicien. (J'ai de bonnes raisons de faire cette proposition.) L'observateur doit être un zoologue expérimenté. Il étudiera la vie extérieure en regardant par un des deux hublots, dont l'un est dirigé légèrement vers le haut et l'autre légèrement



vers le bas du côté opposé au premier. Il dictera toutes ses observations à un dictaphone. (Beebe avait une dactylo au téléphone sur le navire de base à l'autre bout du câble.)

Une partie des observations se fera en pleine obscurité. C'est ainsi qu'on observera les poissons lumineux. Pour les autres observations on aura à sa disposition une série de fortes lampes à incandescence. Ce sont des lampes Philips survoltées donnant chacune 3350 bougies avec 54,5 amp. sous 17,6 volts, donc 3,5 B/W. On ne pourra pas faire brûler plus qu'une lampe à la fois. Une batterie au plomb de 1000 watts et d'un poids de 500 kg assurera un éclairage d'une durée de 10 heures.

Le hublot non utilisé par l'observateur servira à des prises de vue cinématographiques. Il est prévu de prendre d'une façon assez continue 10 vues à la seconde et cela automatiquement, même si rien n'est en vue. Ainsi on aura le maximum de chance d'avoir un film intéressant. (Il ne serait en effet pas possible de faire fonctionner à temps l'appareil photographique dès que l'on voit un sujet intéressant.)

Nous avons déjà dit qu'une partie des observations se feront au guide-rope, en « rase mottes ». L'observateur pourra faire tourner tout le sous-marin autour de son axe vertical pour voir dans toutes les directions et si il n'y a pas de courant d'eau, il pourra le faire avancer ou reculer lentement, les deux mouvements étant obtenus par les groupes moto-propulseurs.

Pour photographier sous un bon éclairage, il faudra que la lampe soit placée à l'extérieur de la cabine au bout d'une longue tige. L'éclairage sera ainsi latéral par rapport à l'axe de l'appareil photographique. Ceci est important pour éviter l'effet d'éblouissement bien connu des automobilistes quand ils regardent par le brouillard dans la direction du projecteur. (L'eau de mer bien pure est en effet au moins aussi trouble que du brouillard épais.) Chaque lampe extérieure sera placée dans une petite boîte étanche en acier, munie d'une fenêtre transparente. Ainsi la lampe sera soustraite à la pression extérieure.

#### *Les groupes moto-propulseurs*

Il sera spécialement intéressant d'étudier le fond de la mer. Nous avons vu pourquoi la bathysphère captive ne peut guère entreprendre ce travail. C'est sur le fond de la mer que doit se

concentrer toute une faune qui vit directement ou indirectement des cadavres de tout ce qui peuple la mer entière. Il est à prévoir que l'on trouvera ici spécialement les poissons plats, les grands crustacés et les divers mollusques. Pour voir ces animaux peu mobiles il faudra avoir un mouvement propre par rapport au sol. On l'obtiendra soit par le courant naturel de l'eau, soit au cas du calme plat, par deux groupes moto-propulseurs, placés à l'extérieur de la cabine. Chaque groupe est constitué par un petit moteur électrique tournant dans de l'air, enfermé dans une petite chambre en acier. Il actionnera par presse-étoupe et engrenages une hélice de bateau. Suivant le sens dans lequel il fera tourner les moteurs, l'observateur se fera avancer ou reculer ou tourner à droite ou à gauche. Cela augmentera considérablement son champ d'investigation. La vitesse de l'avancement sera faible, 10 cm à la seconde, juste ce qu'il faut pour bien voir. La consommation d'énergie électrique des deux moteurs ensemble ne sera pas importante pour obtenir cette petite vitesse : 75 watts. Le presse-étoupe du moteur présente bien une certaine possibilité de panne. Mais remarquons qu'une panne d'un moteur est un incident sans gravité. Quand la vie des observateurs ne dépend pas d'un instrument, le constructeur peut se permettre une certaine hardiesse.

### *Le flotteur*

Si l'on se proposait uniquement de descendre à des profondeurs de 2000 m, on pourrait construire une cabine assez légère pour qu'elle flotte d'elle-même dans l'eau avec tout son contenu et le lest de manœuvre. Elle aurait une épaisseur de paroi de 4 cm. Il serait dangereux de s'aventurer avec une telle coquille à de plus grandes profondeurs. Elle serait probablement écrasée vers 6000 m. La sécurité serait donc insuffisante à partir de 2000 m. J'ai projeté de donner à ma cabine une paroi de 7,5 cm, doublée naturellement autour des trous. La cabine avec tout son contenu et le lest doit peser assez exactement 10 000 kg. Elle déplacera un poids de 6200 kg d'eau. Il faut donc trouver une force ascensionnelle de près de 4000 kg. Ici encore on imitera le ballon libre en munissant la cabine d'un flotteur qui sera plus léger que le milieu ambiant. Quel est le corps qu'il faudra choisir pour ce flotteur ? Les gaz n'entrent pas en ligne de compte à cause de leur compressibilité. Parmi les corps solides le plus intéressant serait le



lithium. Sa densité n'est que de 0,55. Il a comme tous les corps solides l'avantage d'être peu compressible; mais il est impossible de se le procurer en grande quantité. Le seul corps solide qui pourrait pratiquement entrer en ligne de compte c'est la paraffine. Sa densité étant de 0,9, il faut 0,9 kg de paraffine pour produire dans l'eau de mer une force ascensionnelle de 0,12 kg. Il faudrait donc 30 000 kg de paraffine pour constituer notre flotteur. La manœuvre de cette masse est bien difficile. Il faut donc voir si un liquide serait plus avantageux. Ce sont les hydrocarbures auxquels il faut s'adresser et spécialement à ceux du genre de l'heptane, donc en pratique de l'essence d'avion d'une densité de 0,7. Aux faibles pressions 1 kg de cet essence donne une force ascensionnelle de 0,45 kg. Malheureusement ces essences sont plus compressibles que l'eau. Nous avons vu qu'il en résulte une instabilité verticale. Cela nécessite une dépense de lest pendant la descente. On pourrait l'éviter en combinant la paraffine solide avec l'essence ou en cherchant une paraffine liquide de plus grand poids moléculaire, qui serait moins compressible que l'essence. Mais toutes ces combinaisons sont plus lourdes que l'essence avec le lest qu'elle exige. J'ai donc prévu un flotteur contenant 13 000 litres d'essence d'une densité de 0,70. Cette essence sera enfermée dans 7 tubes d'aluminium de 3 m de longueur et de 1 m de diamètre. Il faudra naturellement prendre toutes les dispositions nécessitées par la compressibilité de ce liquide et par son fort coefficient de dilatation thermique. Ces 7 tubes seront placés côté à côté dans une enveloppe d'aluminium, placée sur la cabine et faisant bloque avec elle.

Si le bateau de l'expédition avait une grue portant 40 000 kg, on pourrait naturellement envisager de nouveau la paraffine solide qui présente bien des avantages, moins de danger d'incendie entre autres. Mentionnons enfin à titre de curiosité que le flotteur pourrait aussi être constitué par 200 m<sup>3</sup> d'eau douce.

### *Conclusions*

Il y a bien des détails dont nous pourrions encore parler, mais j'espère que ce qui a été dit suffit pour démontrer qu'une exploration sous-marine par l'homme serait techniquement possible jusqu'aux profondeurs de 4 à 6 km, et cela sans aucun danger spécial. Il suffit de construire tout l'appareillage avec beaucoup de soins et de prévoir tous les accidents qui pourraient

arriver. Je ne crois pas que l'on rencontrera des difficultés imprévues. Je ne crois pas aux monstres capables de mettre en danger notre sous-marin pas plus que je ne crois aux gouffres où il pourrait rester prisonnier.

Les frais de l'expédition ne seraient pas énormes. A condition que l'on trouve l'aide gratuite d'un navire d'expédition avec une bonne grue, on pouvait les évaluer en 1939 à une cinquantaine de mille francs or.

La catastrophe que nous déplorons tous a naturellement mis à néant tous ces beaux projets. Le travail est-il perdu ? Je ne le pense pas ; car même si la réalisation matérielle est impossible, l'ingénieur qui pendant des années a étudié tous les aspects du problème et qui a livré une véritable chasse à toutes les surprises a pu vivre un rêve magnifique ; un rêve qui le transporte dans un pays où ne règne que la lutte loyale entre l'homme et les forces de la nature ; de cette nature qui tout en défendant ses secrets invite l'homme à se dépenser pour les sonder.