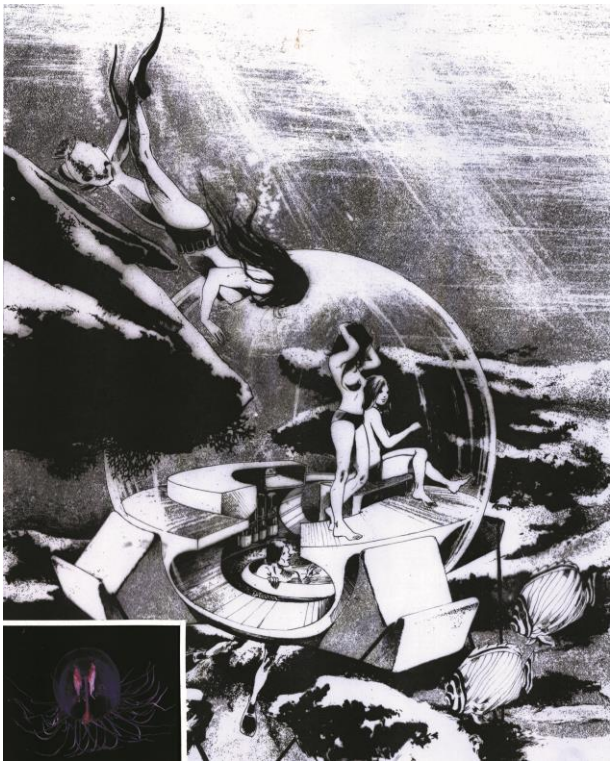
DOSSIER MEDIATHEQUE

HABITER SOUS LA MER…



« C'est de l'océan que naîtra le destin des civilisations à venir »

Jacques ROUGERIE, Architecte de la mer

Crédits photographiques : Binghamton Museum, DEEP SEA TECHNOLOGY, Diving Museum, Jacques Rougerie Création, JAMSTEC, Gunawan KARTAPRANATA, Marine Resources Developpement Foundation, MIT Museum, Nautineum Museum, NOAA, Misha SPERKA.

Mai 2019

I. DES VILLES ET DES CIVILISATIONS SOUS-MARINES DANS LES LÉGENDES 4
A. LA VILLE D'YS 4
B. LES VILLES SOUS-MARINES DANS LES CONTES POPULAIRES 5
LES SIRÈNES ET AUTRES CHIMÈRES SOUS-MARINES 5
LA MYTHOLOGIE JAPONAISE 5
LA MYTHOLOGIE CHINOISE 5
LA MYTHOLOGIE JAVANAISE 6
LA MYTHOLOGIE BIRMANE 6

II. LES PREMIERS HABITATS SOUS-MARINS 6
A. LE 1ER DESSIN DE ROBERT DAVIS 6
B. *MAN IN THE SEA,* 24H SOUS LA MER : UN RECORD A VILLEFRANCHE-SUR-MER 7
C. JACQUES-YVES COUSTEAU, PRÉCURSEUR FRANÇAIS DES MAISONS SOUS-MARINES 7
D. DES PROJETS DE TOUS PAYS ! 9
AFRIQUE DU SUD 9
ALLEMAGNE 9
AUSTRALIE 10
CANADA 11
ÉTATS-UNIS 11
GRANDE-BRETAGNE 14
ITALIE 14
JAPON 14
POLOGNE 14
RUSSIE (URSS) 15
TCHECOSLOVAQUIE 16

III. ET AUJOURD'HUI : DES HABITATS SOUS-MARINS POUR LA SCIENCE ET LES LOISIRS ! 16
A. LE LABORATOIRE *MARINELAB* 16
B. *AQUARIUS* : DE LA MER À L'ESPACE ! 17
HABITER *AQUARIUS* 17
PROGRAMME *NEEMO* 17
C. LE 1ER HOTEL SOUS- MARIN AU MONDE : *JULES UNDERSEA LODGE* 18
D. ET AILLEURS DANS LE MONDE… 18
PROJET *HYDROPOLIS* POUR DUBAI 18
PROJET *WATER DISCUS* 18

IV. JACQUES ROUGERIE : DU RÊVE À LA RÉALITÉ 19
A. LES GRANDS PROJETS D'ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES SOUS-MARINS 19
B. VIVRE SOUS LA MER : LA FIN DE L'UTOPIE 20
C. DE LA MER À L'ESPACE : PROJET *SEASPACE* 21
D. *SEAORBITER* : UN PROJET GRANDIOSE ! 21

BIBLIOGRAPHIE - WEBOGRAPHIE 25

PRÉAMBULE

Le développement de scaphandres autonomes au 20e siècle a fait rapidement progresser la durée des plongées humaines. Toutefois, ces technologies ne permettent pas à l'Homme de dépasser la limite des 60 mètres de profondeur.

Pour pallier ce problème, une nouvelle étape est franchie par la respiration de mélanges gazeux spécifiques à base d'hélium. L'Homme peut donc intervenir plus profond. Mais comment y rester plus longtemps sans être limité par la quantité de mélange respiratoire disponible dans la bouteille, par la température de l'eau et surtout par les longues périodes de décompression imposées à chaque remontée ?

Au début des années 1960, 2 voies s'ouvrent alors, aux antipodes l'une de l'autre : la plongée en saturation dans un habitat hyperbare de surface, développée par l'entreprise COMEX et l'habitat sous-marin.

La **plongée en saturation dans un habitat hyperbare de surface** est développée par l'entreprise COMEX. Toute l'astuce revient à mettre les plongeurs en saturation au sec et au chaud, à la pression de travail, dans un caisson embarqué sur le pont d'un bateau. L'aller et retour sur le lieu d'intervention s'effectuent dans une tourelle de plongée. Cette technologie, moins coûteuse, s'adapte aux contraintes de l'industrialisation de la plongée profonde.

Les **maisons sous la mer sont développées aux États-Unis (Sealab) et en France (Précontinent). L'Homme peut y vivre pendant plusieurs jours en saturation** : il est maintenu pendant toute la durée de son séjour à l'intérieur d'un habitacle pressurisé aux conditions de pression de la profondeur à laquelle il doit plonger. Il peut ainsi sortir de son habitat et y entrer en ne subissant qu'une seule phase de décompression à la fin de son séjour. Toutefois cette technologie très coûteuse est difficilement exploitable pour des interventions industrielles.

La grande époque des maisons sous la mer date de la fin des années 1960 et du début des années 1970. Les États-Unis et la Russie en utilisent plusieurs pour entraîner leurs spationautes à vivre dans un milieu hostile et confiné. Puis, l'enthousiasme faiblit par manque d'argent et de volonté politique.

À ce jour, 63 maisons sous-marines ont été créées ; 6 sont françaises. Il y a aujourd'hui un regain d'intérêt pour ce genre d'habitation mais les projets fleurissent plutôt à l'étranger, la France étant « frileuse » dans ce domaine. Les américains ont repris leurs entraînements sous-marins et des hôtels immergés de grande capacité devraient être construits en mer Rouge.

I. DES VILLES ET DES CIVILISATIONS SOUS-MARINES DANS LES LÉGENDES

Les cités englouties ont-elles réellement existé ou sont-elles le fruit de l'imagination des hommes ? Elles suscitent encore aujourd'hui de nombreuses interrogations…

A. LA VILLE D'YS

La ville d'Ys ou Ville d'Is ou *Keris,* signifie en breton « Ville basse » et indique la situation d'une ville bâtie sur les bords de la mer, presque à son niveau, ou même en dessous.
Le vrai nom de cette cité fut oublié alors que l'on continuait à la désigner par sa particularité topographique.
Cette cité engloutie est l'une des plus connue de Bretagne. La légende raconte qu'elle aurait été engloutie par l'océan au 4e ou 5e siècle.
Comme toute histoire traditionnelle, elle a été dans un 1er temps chantée puis narrée sous forme de témoignages. Les 1ers écrits qui citent la ville d'Ys seraient apparus au 14e siècle sous forme d'hagiographes et de récits historiques, notamment de Pierre LE BAUD dans *Histoire de Bretagne* et Bertrand D'ARGENTRÉ dans *Histoire de Bretagne (1592).*
De nombreux textes, chansons ou poésies ont depuis fait leurs apparitions, enjolivant ou déformant l'histoire devenue au fil des siècles une légende. Ainsi, il existe plusieurs versions de cette légende et toutes les interprétations sont donc possibles.

Tout commence avec un personnage légendaire, le Roi Gradlon. Né en 330 avant JC, le Roi Gradlon règne sur la Cornouaille (Finistère Sud). C'est un guerrier redoutable qui possède de nombreux bateaux et une puissante armée. Il gagne souvent les batailles, pille les navires ennemis et remplit ainsi ses coffres d'or et de trophées.
Un jour, alors qu'il livre bataille dans les fjords de l'Europe du Nord, il rencontre la fée Malgven, Reine des lieux. Malgven et Gradlon partent ensemble pour la Cornouaille sur le cheval noir du roi. Mais Malgven meurt en mettant au monde leur fille, Dahud.
Dahud aime beaucoup la mer. Pour contenter la demande de son enfant, Gradlon lui fait construire la plus belle et la plus opulente ville de toute l'Armorique ; une magnifique cité protégée de la mer par des digues et des écluses dont le roi garde la clé. On l'appelle la ville d'Ys. Dahud en est la gardienne.
Nuit et jour, la ville d'Ys est un lieu de fête et de débauche. Attachée à la civilisation celtique et aux plaisirs de la chair, la fille du roi montre l'exemple et prend chaque soir un nouvel amant qu'elle fait étrangler et jeter à la mer au petit matin.
Seul le roi Gradlon reste vertueux, ignorant le comportement de sa fille et de ses sujets.
Un jour un prince rouge se présente au palais de Dahud. Il obtient de la princesse la clé des écluses qu'elle a dérobé au cou de son père. La marée est à son plein quand le prince rouge ouvre les portes. La tempête fait rage. Les eaux s'engouffrent dans la ville.

Gradlon est prévenu par Saint Corentin du terrible danger qui menace la ville. Le roi prend son trésor et monte sur son cheval noir avec lequel il rejoint Dahud qu'il fait monter sur sa monture. Ils tentent ainsi de sortir de la ville. Soudain, Gradlon entend une voix qui lui intime l'ordre de jeter Dahud à la mer pour être sauf. Voyant le roi réticent, Saint Corentin fait basculer la princesse à la mer et sauve le roi. La ville d'Ys est engloutie avec sa gardienne, la princesse Dahud.

Mais rien n'est détruit et Dahud devient une représentante des Marie Morgane (voir plus bas). La ville d'Ys est simplement sous les eaux, les habitants continuent d'y vivre et des messes y sont célébrées. Elle subsisterait, enchantée au-dessous des flots, sous une voute. Un jour, la cité réapparaitra plus belle et plus puissante que jamais.

La légende indique que la ville pourrait ressusciter si un être vivant répond à la messe sous-marine ou donne une pièce lors de la quête…

B. LES VILLES SOUS-MARINES DANS LES CONTES POPULAIRES

LES SIRÈNES ET AUTRES CHIMÈRES SOUS-MARINES

Dans certains contes bretons de Haute-Bretagne, par une puissance magique, la mer recouvre une cité enveloppée d'une voûte transparente.
Cette cité contient des campagnes étendues où poussent des arbres et des plantes étranges, qui tiennent de la flore terrestre et marine ; de longues avenues conduisent à de beaux châteaux, ornés de toutes les richesses de l'océan. C'est là que les sirènes attirent les hommes qui leur plaisent ou recueillent les naufragés. Ces derniers ne peuvent plus revenir sur terre. Cependant, les sirènes laissent parfois retourner des pêcheurs qui regrettent trop leurs épouses et leurs enfants.

En Basse-Bretagne, lorsque les marins cèdent à la séduction des Marie Morgane (fées d'eau bretonnes semblables à des femmes, qui partagent la symbolique des sirènes), ils arrivent dans un palais de nacre et de cristal où les attendent des plaisirs de toutes sortes. Ils ne peuvent plus retourner sur terre. Ils épousent la Marie-Morgane qui les a enlevés, et vivent riches et choyés.

Selon un conte populaire, la reine des Sirènes voyant un prince à bord d'un navire, l'assoupit par ses chants, puis l'enlève et le conduit dans son palais bâti sous les flots. L'homme a donc pu y pénétrer sans se noyer.

Parfois ce sont des hommes qui enlèvent des femmes pour les emmener dans leur palais sous les flots. C'est le cas en Gascogne où un drac (le drac est un dragon, ou un être malfaisant habitant sous les eaux) saisit une baigneuse et l'emporte dans son château, construit sous la mer, au milieu d'un jardin planté d'arbres et de fleurs marines.

Le roi des Poissons, qui dans les contes populaires, parle comme une personne, semble être un homme métamorphosé ou un génie ; les poissons ont un pays où se voit même une capitale bâtie sous les flots. Un pêcheur de la Manche a reçu du roi des Poissons, à qui il avait rendu service, une liqueur magique, qui va lui permettre, lors d'un naufrage, de descendre sous les eaux sans se noyer et se rendre dans la somptueuse capitale du roi. Lorsqu'il s'y ennuie, un thon le rapporte sur son dos près de son village.

LA MYTHOLOGIE JAPONAISE

Le dieu-dragon réside dans un palais (aussi appelé « capitale ») au fond de la mer. Un être humain ayant accompli un acte de bien a parfois la chance de pouvoir le visiter, et même de s'y marier.

LA MYTHOLOGIE CHINOISE

Le dragon est un habitant des eaux profondes, où il naît et vit. Il est le roi de la mer et vit dans un palais entouré de sa cour et de ses sujets.

LA MYTHOLOGIE JAVANAISE

Nyai Rara Kidul, la Reine des Mers du Sud, érige un palais au fond de la mer, gardé par une armée d'esprits, gardiens de la côte. Elle accepte parfois d'enrichir un humain pour une période déterminée mais il doit lui promettre de la suivre dans son palais après sa mort.

LA MYTHOLOGIE BIRMANE

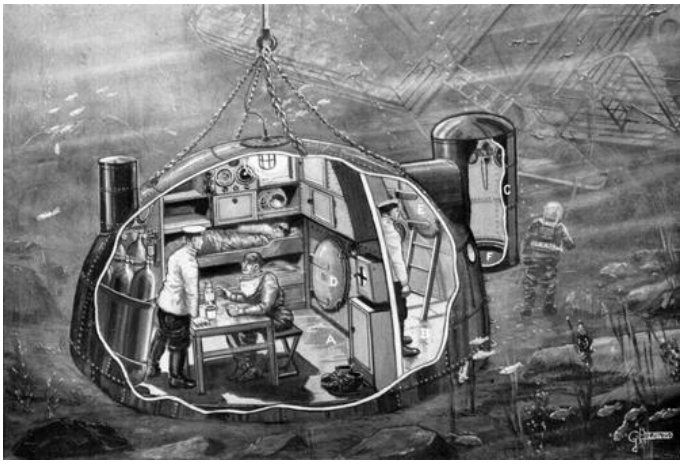
Upagutta, un saint bouddhiste très populaire en Birmanie, vit au fond de la mer, dans un palais d'or. La fête des Lumières, en automne, célèbre sa victoire sur le démon Mara. D'après cette légende, le sangha, assemblée de la communauté bouddhique, voulant le charger de combattre Mara, lui dépêche 2 moines, qui plongent sous terre et remontent par les eaux jusqu'à son palais dans l'océan ; ses capacités surnaturelles lui permettent de parcourir comme une flèche la même voie souterraine et se présenter devant l'assemblée avant que les 2 messagers ne soient revenus. Sa lutte contre Mara est une suite d'exploits extraordinaires et de démonstrations de pouvoirs, ce qui met en valeur le caractère exceptionnel d'un être capable de résider sous l'eau.

II. LES PREMIERS HABITATS SOUS-MARINS

Dans le monde scientifique, l'idée des maisons sous-marines est une conséquence directe des études physiologiques sur la respiration en milieu sous-marin. Le principe de la plongée en saturation semble inciter les plongeurs à rentabiliser au maximum leurs plongées et à effectuer sous l'eau de longs séjours, puisque le temps de décompression n'en sera pas augmenté.

A. LE 1ER DESSIN DE ROBERT DAVIS

En 1930, l'ingénieur et plongeur britannique, Robert DAVIS imagine un habitat sous-marin en forme d'igloo. Cet habitat combine quartiers d'habitation, sas et compartiments de plongée. L'habitat dispose d'un espace pour l'eau de ballast afin de donner à l'ensemble une stabilité lorsqu'il repose sur le fond de la mer.



Le quartier d'habitation est équipé de batteries d'air et d'oxygène comprimés et d'un dispositif pour maintenir un air pur et renouvelé pendant quelques jours. Le sas permet aux plongeurs d'atteindre le compartiment de plongée.

Chaque compartiment est équipé de hublots pour observer les fonds marins. De puissantes lampes électriques dont le courant est fourni par un bateau de surface, éclairent les plongeurs en activité dans la mer. Une liaison téléphonique permet aux habitats de communiquer entre eux.

B. *MAN IN THE SEA,* 24H SOUS LA MER : UN RECORD À VILLEFRANCHE-SUR-MER

Le 28 août 1962, dans la baie de Villefranche-sur-Mer, Edwin LINK, 58 ans, véritable génie de l'invention aéronautique, plonge dans un cylindre de sa fabrication, pendant 8 heures à 18 mètres de profondeur. Peu de scaphandriers sont capables d'atteindre cette profondeur et y rester si longtemps.
Cette expérience est le 1er essai du programme américain ***Man in the Sea***.

Mis en chantier en 1956, le cylindre, ou chambre de décompression sous-marine (***submersible decompression chamber*** ou ***SDC***), pèse 2,7 tonnes et mesure 3,15 mètres de long et 90 centimètres de diamètre. Il est composé de 2 parties : 1 habitacle et 1 sas. Il est muni de 3 écoutilles, de 3 hublots et d'écrans de contrôle. Grâce à ce cylindre, le plongeur est progressivement saturé d'un mélange d'hélium et d'oxygène et peut respirer sous l'eau.
Quelques jours plus tard, le plongeur belge, Robert STENUIT[1] rejoint Edwin LINK pour tenter une plongée record de 48h à bord du cylindre.

« Du dehors le cylindre ressemble à un tuyau de poêle ; il faudrait être un basset, semble-t-il, pour s'y tenir à l'aise. Je fus très étonné, quand j'y entrai à la suite de Link, de le trouver spacieux et presque confortable. »

Robert STENUIT

Le 6 septembre 1962, Robert STENUIT descend dans le cylindre à 60 mètres de profondeur. Dès les premières heures, il sort de sa « maison » pour simuler des travaux de plongée puis rentre pour déjeuner puis dormir comme dans une maison terrestre.
Cependant, en raison d'une tempête, Robert STENUIT est contraint de remonter à la surface car l'hélium risque de manquer. En effet, le *Sea Driver*, le bateau laboratoire qui le surveille à ordre de rentrer immédiatement au port.

Bien qu'elle n'ait duré que 24h, l'expérience est un succès total et un record. Cette expérience démontre pour la 1re fois au monde, qu'un homme peut réellement vivre sous la mer, et qu'un travail régulier est possible à une profondeur où les scaphandriers classiques et les hommes-grenouilles ne peuvent faire que de brèves incursions dangereuses.

Le second volet de l'expérience *Man in the Sea* est réalisé durant l'été 1964. Robert STENUIT est cette fois accompagné d'un plongeur de la Marine américaine Jon LINDBERGH (fils de l'aviateur). Ils séjournent ensemble pendant 49h à une profondeur de 130 mètres à bord de **SPID** (***Submersible, Portable, Inflatable Dwelling***), un sous-marin, portable, gonflable et habitable.

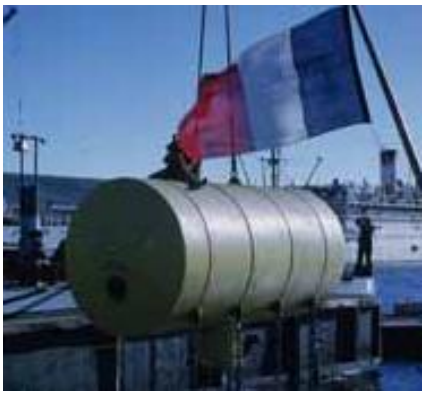
C. JACQUES-YVES COUSTEAU, PRÉCURSEUR FRANÇAIS DES MAISONS SOUS-MARINES

Au début des années 1960, le Commandant COUSTEAU se demande si l'homme peut vivre sous la mer et si oui, combien de temps ? Il décide alors de se lancer, avec son équipe, dans cette nouvelle aventure. Ce sera la série *Précontinent*.

« Nous n'irons jamais vivre dans les plaines abyssales, par trois ou six milles mètres de profondeur. Mais nous pouvons envisager qu'un jour l'humanité colonisera le plateau continental, ce prolongement des continents sous la surface de la mer, entre zéro et deux cent cinquante mètres de profondeur. »

[1] Témoignage de Robert Stenuit in *Les jours les plus profonds* / Robert Stenuit. - Paris : Plon, 1965.

Commandant COUSTEAU



Le 14 septembre 1962, la mission ***Précontinent I*** débute. L'équipe de Commandant COUSTEAU installe un cylindre à 10 mètres de fond au large de Marseille.
Deux hommes de la *Calypso*, Albert FALCO et Claude WESLY vont vivre sous l'eau pendant 1 semaine. Baptisé ***Diogène***, cet étrange cylindre d'acier de 5 mètres de long et 2,5 mètres de diamètre, sert de logement et de laboratoire pour ses 2 habitants qui y respirent de l'air comprimé.
Malgré sa petite taille, l'engin est tout confort : télévision, radio, bibliothèque et douche. Albert FALCO et Claude WESLY sortent chaque jour pour travailler 5 heures sous l'eau où ils étudient les animaux et construisent une ferme sous-marine. Parallèlement, ils sont observés à la surface par une trentaine de personnes dont des médecins qui surveillent leur état de santé.

« Dans Diogène, j'ai oublié la surface »

Albert FALCO

Neuf mois plus tard en mer Rouge, le projet est encore plus ambitieux : ***Précontinent II*** est un véritable petit village construit à 10 mètres de profondeur. Pour les 2 premiers aquanautes Albert FALCO et Claude WESLY, il n'y a aucune commune mesure entre *Précontinent II* et *Diogène*. C'est la 1re fois que l'homme déploie un tel matériel sous la surface. Pendant l'été 1963, le Commandant Cousteau réalise le documentaire *Le Monde sans soleil* [2].

Ce spectaculaire village sous-marin est composé d'une grande maison en forme d'étoile de mer. Le corps central est un pentagone où est aménagée une salle commune comportant un PC de communication. Deux grandes baies en plexiglas situées sur l'un des côtés du pentagone permettent de profiter en permanence du spectacle de la vie du récif. Des quatre autres côtés partent quatre bras cylindriques qui sont autant de corps de maison attribués à des fonctions précises.

Celui où est disposé le sas d'accès à l'extérieur (ou porte liquide) sert de chambre humide. C'est là que les plongeurs laissent leurs combinaisons mouillées et se douchent. Dans le 2e, sont aménagés un laboratoire de biologie et la cuisine. Dans les deux derniers, se trouvent les chambres semblables à des cabines de bateau. À deux pas se situe le hangar à soucoupe (sous-marin qui sert de véhicule aux plongeurs entre la maison et la surface), une cloche posée sur des pieds permettant à la soucoupe de se glisser et faire surface. Ce hangar sert aussi d'atelier de maintenance pour le matériel léger de plongée, les caméras, les éclairages. Dans un abri plus modeste sont stockés les scooters sous-marins servant à l'exploration, à la surveillance et au transport des quadribouteilles de scaphandre.

Les 6 océanautes (André FOLCO, Albert FALCO, Pierrot GUILBERT, Pierre VANONI, Raymond VAISSIERE et Claude WESLY) vont vivre pendant 1 mois sur la base *Étoile de Mer* respirant un mélange à base d'hélium. Deux autres océanautes (André PORTELATINE et Raymond KIENTZY) les rejoignent 10 jours plus tard afin de passer une semaine dans la station profonde installée à 15 mètres plus bas. Il s'agit d'un cylindre disposé en hauteur dans lequel les aquanautes entrent par-dessous. Le

[2] Pour en savoir plus sur le tournage du film *Le Monde sans soleil* : Un cinéaste nommé Cousteau / Franck Machu.- Paris, Ed.du Rocher, 2011.

rez-de-chaussée dans lequel débouchent les plongeurs sert de chambre humide. Ils accèdent par une courte échelle à l'étage supérieur, minuscule cellule de vie.

En 1965, près de Nice, l'ultime étape ***Précontinent III*** voit le jour. Par 110 mètres de fond, est placée une sphère de 5,70 mètres de diamètre, en acier de 20 millimètres d'épaisseur, montée sur un châssis rectangulaire de 14 mètres sur 8. L'ensemble pèse 100 tonnes. L'équipe des océanautes se compose d'André LABAN, Jacques ROLLET, Philippe COUSTEAU, Christian BONNICI, Raymond COLL et Yves OMER. Ils respirent un gaz fait de 98% d'hélium, de 2% d'oxygène. Ils cohabitent pendant 3 semaines. Ils sortent chaque jour pour travailler sur un puits de pétrole factice, un exercice d'évaluation des capacités humaines. C'est à partir de ces expériences que s'entraînent aujourd'hui les astronautes. Le Commandant COUSTEAU fut, dans ce domaine, un précurseur.

D. DES PROJETS DE TOUS PAYS !

Au cours des années 1960-1970, des habitats subaquatiques (mers, étangs, lacs) divers et variés voient le jour, du simple habitat aux systèmes les plus sophistiqués. En effet, l'expérience de COUSTEAU séduit le monde entier. Durant 10 ans, une soixantaine de laboratoires subaquatiques sont réalisés dans une vingtaine de pays accueillant un nombre considérable de chercheurs. Ces scientifiques ont la chance d'être en contact direct avec leur objet d'étude pour des temps de vie en saturation allant d'1 semaine à 2 mois.

Les grands programmes scientifiques comme *Chernomor* (Union soviétique), *Helgoland* (Allemagne de l'Ouest), *Tektite*, *Hydrolab*, et *La Chalupa* (États-Unis) s'intéressent particulièrement à la vie prolongée en saturation permettant aux chercheurs de travailler sur le plancher océanique pendant de longues durées.
La décompression peut être accomplie soit à l'intérieur de l'habitat ou à la surface dans une chambre de décompression après une ascension avec ou sans cloche de plongée.
Voici quelques exemples de projets d'habitats sous-marins.

AFRIQUE DU SUD

En 1972, les membres d'un club subaquatique de Natal en Afrique du Sud récupèrent de vastes cuves destinées à la cristallisation du sucre et réalisent l'habitat ***Hunuc***. Les 1ers essais sont réalisés avec succès dans le port de Durban. *Hunuc* est ensuite remorqué au large pour sa 1re expérience par 10 mètres de fond mais les difficultés techniques s'accumulent et l'opération se solde par un échec. *Hunuc* est détruit.

ALLEMAGNE

La mer Baltique accueille une maison sous-marine en 1968. Testée sous la direction du professeur O. KINNE, ***BAH*** (pour *Biologische Anstalt Helgoland*) est un habitat long de 6 mètres et large de 2 mètres. Il est capable d'atteindre 11 mètres de profondeur avec à son bord 2 aquanautes. Cet habitat est conçu pour être une base peu coûteuse permettant à des plongeurs de travailler sous l'eau. Durant son 1er essai en mer Baltique, par 10 mètres de fond, le plongeur médecin, Horst HARTMANN décède lors d'une plongée de reconnaissance.

Débuté en 1968, le programme allemand ***Helgoland*** est plus ambitieux. Testé avec succès en mer du Nord (une des mers les plus dangereuses du globe), la mission débute le 28 juillet et se termine le 19

août 1969 sous la direction des professeurs O. KINNE (*Biologische Anstalt Helgoland*) et S. RUFF (*Institut für Flugmedizin ou If*).
Cet habitat est conçu pour être immergé quelque soit les conditions météorologiques car il ne dépend ni de la terre ni d'un vaisseau de surface. Il puise l'énergie et l'oxygène nécessaire grâce à une grosse bouée de surface. Son autonomie est de 20 jours.
Habitat de 9 mètres de long et de 2,5 mètres de large, *Helgoland* est immergé à 23 mètres de profondeur à 2 kilomètres à l'est de Düne, près d'Helgoland. Trois équipes d'aquanautes se relaient durant 21 jours.

En 1971, la structure d'*Helgoland* est modernisée. Une nouvelle mission a lieu en mer Baltique du 18 août à la fin septembre 1971 puis en 1973.

Helgoland se compose d'un laboratoire principal, d'un igloo sous-marin, d'un dépôt sous-marin, d'une capsule de transfert pour le personnel (PTC) et d'une chambre individuelle de sauvetage (ERC).

Comme dans une maison terrestre, le caisson principal est composé d'une cuisine, de toilettes, d'une douche et de meubles (tables, chaises, placards, lits, etc.).
En raison de quelques problèmes techniques et du décès d'un plongeur, *Helgoland* est retiré du circuit en 1979.

Le 6 février 1978, le biologiste allemand Hans. W. FRICKE s'installe pour 12 jours dans sa maison sous-marine ***Neretica*** posée sur les fonds marins de la mer Rouge. Ce biologiste, spécialisé dans la faune sous-marine, accomplit un rêve : observer les récifs coralliens de la mer Rouge sans limite de temps. En effet, construite en 6 mois par Hans. W. FRICKE et 2 amis, *Neretica* est une maison sous-marine dont la vocation est d'observer comment les animaux des récifs coralliens, particulièrement riches et abondants en mer Rouge, utilisent et partagent les ressources de leur espace vital.
D'un poids de 14 tonnes, *Neretica* est conçue en 2 parties distinctes : la cabine et le caisson de lest flottant.
La cabine est constituée d'un laboratoire, d'une salle de repos et d'une chambre de décompression. Les aquanautes pénètrent dans l'eau par une simple trappe.
Cette maison sous-marine peut accueillir 2 personnes. Un câble relie *Neretica* au monde extérieur afin de la pourvoir en oxygène, en eau potable et en électricité. Les plats chauds, cuisinés à la surface, sont acheminés au moyen d'une cloche étanche faisant le va-et-vient. Un circuit fermé de télévision transmet à la surface tout ce qui se passe dans la maison sous-marine.

« Je n'oublierai pas de sitôt l'une des premières heures nocturnes passées à bord de Neretica. Nos projecteurs avaient attirés le plancton dans leur faisceau : nous avons eu l'impression d'être plongé dans les nuages effervescents d'êtres microscopiques aux formes les plus bizarres, comme je n'en ai encore vu jamais d'aussi près et en aussi grand nombre de toute ma carrière. »

Hans. W. FRICKE

En 1978, les aquanautes de la mer Rouge parviennent à discuter en liaison directe avec ceux de *Helgoland* alors en mer Baltique. Entre 1978 et 1981, plus de 80 plongeurs séjournent dans *Neretica* qui reste opérationnelle sans discontinuer pendant une période de 12 mois.

AUSTRALIE

Le projet Australien, ***UWL-Adélaïde*** a été conçu en 1967. Cet habitat est accroché à un ponton et peut accueillir un équipage pendant 14 jours.

CANADA

En 1972, le physicien et plongeur canadien, Joseph MAC INNES, qui a déjà réalisé l'habitat pour le lac *Sublimnos,* initie le programme ***Sub-igloo***. Il est déterminé à l'essayer dans les eaux polaires au nord du cercle arctique, une région considérée comme la plus hostile de la planète. *Sub-igloo* est immergé par 12 mètres de fond. La température extérieure oscille entre – 35° et – 45°C, et l'eau, sous la glace, est à -1,9°C. Malgré ces conditions extrêmes, l'opération est un succès.

En 1973, l'université de Terre-Neuve lance ***Lora***. Cet habitat est également testé dans des eaux glaciales au cours d'expériences à faible profondeur. *Lora* permet d'une part, d'étudier le comportement des poissons et la topographie des lieux et d'autre part, de comprendre les effets du froid sur l'homme durant les plongées en saturation.

ÉTATS-UNIS

En raison du succès des programmes *Man in the Sea* et *Précontinent,* la Marine américaine charge le physicien George BOND de travailler sur le programme d'habitat sous-marin, *Sealab.*

Sealab I est immergé en 1964 au large des Bermudes. Quatre aquanautes y vivent pendant 11 jours à 58 mètres de profondeur, effectuant des sorties quotidiennes de 6h. Ils font des recherches sur la biologie marine tandis que le Dr BOND étudie la physiologie des plongeurs vivant en saturation.
L'expérience est renouvelée avec ***Sealab II,*** en 1965 durant 30 jours.
En 1969, ***Sealab III*** est lancé mais l'expérience prévue à San Clemente en Californie est annulée en raison du décès d'un des aquanautes.

En 1968, ***Edalhab*** est conçu et construit par les étudiants de l'Université du New Hampshire avec du matériel de récupération. Cet habitat est composé d'un cylindre avec 2 hublots pour l'observation, de 2 couchettes et d'un lit pliable. Il s'agit du 1er habitat mobile, facile à déplacer.
Edalhab est immergée près de Miami à 12 mètres de profondeur avec 3 aquanautes à son bord. Ils y séjournent pendant 3 jours. La décompression est réalisée, à la surface, dans une chambre de décompression.
L'expérience est renouvelée en 1972 à 13 mètres de profondeur durant 5 jours.

À Hawaï, en 1969, est immergée la maison sous-marine ***AEGIR***.
Réalisée par l'ingénieur Gosta FAHLMAN sous la direction du Makai Range (Génie océanique et construction navale), cette maison est composée de 2 chambres cylindriques, d'une sphère centrale de 3 mètres de diamètre et de 2 chambres de sauvetage.

Six personnes dont Misha SPERKA, un officier de la Marine américaine y séjournent à une profondeur de 172 mètres, effectuant des plongées à 200 mètres de profondeur pendant 14 jours : un exploit ! *AEGIR* est une des 1res maisons sous-marines mobiles. Elle descend et remonte à la surface grâce un système interne.

« Un jour, à 172 mètres de profondeur, nous sommes restés coincés dans AEGIR. Nous ne pouvions remonter à la surface en raison d'une valve défectueuse. Nous n'avions plus de réserve d'oxygène. Danny Kali et moi avons fait de la plongée libre pendant 2 jours pour réparer AEGIR et revenir à la surface. »

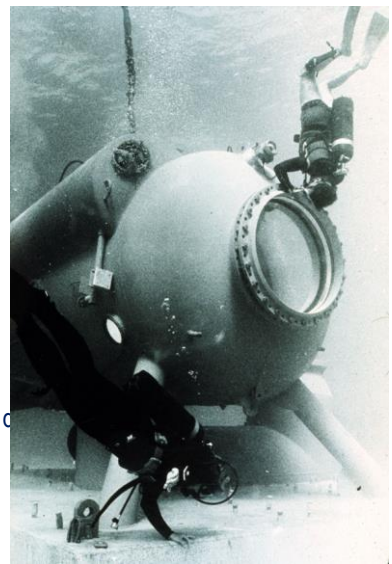
Misha SPERKA

En 1969, le programme américain de laboratoire sous-marin ***Tektite*** est quant à lui particulièrement ambitieux. Il est, en effet, piloté et financé conjointement par la Marine, l'agence spatiale américaine NASA (National Aeronautics and Space Administration), le Ministère de l'Intérieur et la compagnie *General Electric* qui apporte sa technologie sous-marine.
Les moyens mis en place sont plus importants que pour les précédentes maisons sous-marines. L'objectif de cet habitat, qui porte le nom de météorites que l'on trouve dans la mer, est d'étudier la physiologie et le comportement d'un équipage en espace confiné sur des périodes prolongées comme c'est le cas lors de certaines missions spatiale.

Composé de 2 cylindres verticaux de 5,5 mètres de haut et de 3,8 mètres de diamètre, *Tektite* est installé dans le parc national des Virgins Islands, riche en faune et flore des récifs coralliens, à 15 mètres de profondeur. Un tunnel communique entre les 2 espaces. Chaque cylindre comprend 2 niveaux de vie. Un des cylindres est composé d'un local humide dans la partie inférieure et du local technique dans la partie supérieure. Le poste de commandement est situé dans la partie supérieure du second cylindre. Le lieu de vie est de détente est installée dans la partie inférieure. Doté d'un confort moderne, ce lieu de vie est équipé de 4 couchettes, d'une kitchenette, d'un four, d'un réfrigérateur, d'une télévision, d'une radio et d'une bibliothèque. Comble du luxe, le sol est recouvert de moquette.

Le record de plongée dans un habitat sous-marin est battu à bord du *Tektite* par James MILLER et Ian KOBLICK avec 60 jours passés sous l'eau.

Le programme ***Tektite II*** a 3 objectifs : la recherche scientifique en biologie, écologie et géologies marines, l'étude du comportement de petits groupes humains vivant en milieu confiné et des études biomédicales. La mission 6-50 est entièrement confiée à une équipe féminine. L'été 1970, l'océanographe américaine, Sylvia EARLE et 4 autres scientifiques vivent pendant 2 semaines à l'intérieur de *Tektite.* Sylvia EARLE et ses compagnes deviennent des héroïnes nationales.



En 1970, un autre cylindre de fabrication américaine, nommé ***Mininat****,* est immergé dans l'océan Atlantique avec 2 aquanautes qui y séjournent pendant 14 jours.

La maison sous la mer, ***Hydrolab*** est quant à elle mise en œuvre par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) en 1972. Conçu pour être simple et peu coûteux à exploiter, *Hydrolab* est l'habitat qui a été opérationnel le plus longtemps et qui a accueilli le plus grand nombre de scientifiques, soit 700 scientifiques-océanautes.
La structure principale est un cylindre de 5 mètres de long et de 2,5 mètres de diamètre sur 4 pieds courts posés sur un socle en béton à 15 mètres de profondeur. La pièce principale est meublée de 3 couchettes rabattables, des chaises pliantes, d'un système de climatisation et de déshumidification, d'un lavabo et d'une table. Cet équipement spartiate fonctionne avec 3 aquanautes effectuant des séjours d'une semaine. Ils respirent uniquement de l'oxygène, mis en pression par 2 compresseurs situés sur une barge en surface et reliés à l'habitat par des ombilics.

« Les plongées, de l'ordre de 6 heures par jour, n'étaient limitées que par la fatigue, et une fois rentré dans l'habitat, nous pouvions continuer à jouir du spectacle par un vaste hublot, en suivant la relève des espèces de poissons au fil des heures. »

Jean VACELET[3], biologiste marin

Hydrolab est désarmé par la NOAA en 1985. Il est maintenant présenté au Muséum d'Histoire Naturelle de Smithsonian (États-Unis).

La Marine Resources Developpement Foundation (MRDF) est créée en 1970 par Ian G. KOBLICK, un aquanaute de *Tektite I*, avec pour objectif de développer une meilleure compréhension des ressources marines de la Terre.

La MRDF développe, construit et gère le programme parrainé par le gouvernement américain, appelé, Puerto Rico international Undersea Laboratory (PRINUL). Ce vaste programme de recherche est conçu pour démontrer l'importance de l'utilisation des habitats sous-marins pour l'inventaire des ressources marines.
Dans ce cadre, de 1971 à 1976, la MRDF exploite *La* ***Chalupa***, le laboratoire sous-marin le plus avancé au monde. Conçu et géré par Ian KOBLICK, ce programme obtient des résultats primordiaux dans le développement de la recherche océanographique et de la technologie sous-marine de vie en saturation.

Conçu en 1972 par des ingénieurs de l'université de Rhode Island, ***Portalab*** est un habitat en forme de boîte aux lettres facile à déployer et à transporter. Il sert de prolongation sous-marine à l'université dans une baie toute proche.

En 1978, les étudiants ingénieurs de l'université de New York créent à leur tour un habitat sous-marin, ***Suny-Lab I***. Il s'agit une fois encore d'un habitat simple, surmonté de 2 bulles en plexiglass. Immergé dans la baie de Smithtown à proximité de New York, *Suny-Lab I* permet d'étudier un récif artificiel.

Durant l'été 1992, *La Chalupa* est le théâtre d'un nouveau record du monde de plongée dans un habitat sous-marin avec 69 jours sous la mer.

[3] Témoignage de Jean Vacelet in *Une cabane dans un récif corallien : l'habitat sous-marin Hydrolab* / Ichtysandre N°6 (janvier 2006).

GRANDE-BRETAGNE

En septembre 1965, le club de plongée Bournemouth SAC dirigé par Colin IRWIN installe une maison sous-marine, le ***Glaucus***, à Plymouth Sound. Deux membres du club y vivent pendant 7 jours. L'un des objectifs est de montrer que les expériences du Commandant COUSTEAU sont réalisables avec un plus petit budget.

En 1966, le projet ***Bubble*** a pour objectif d'expérimenter la décompression. Comme son nom l'indique, cette maison sous-marine en forme de bulle est installée à 10 mètres de profondeur à Malte et peut accueillir 2 à 3 personnes.

SD-M est immergé près des côtes maltaises en 1969. Il s'agit d'une tente en caoutchouc avec un cadre en acier dans laquelle des hommes peuvent vivre durant 7 jours à une profondeur de 6 mètres.

ITALIE

En 1968 puis en 1969, le programme italien ***Robinsud*** voit le jour. Cet habitat cubique peut accueillir 2 personnes pendant 24h à une profondeur de 10 mètres en Méditerranée au large de l'île sicilienne, Ustica. Son originalité repose sur sa structure basique : une cage métallique recouverte d'une bâche en plastique.

JAPON

En août 1972, l'Institut océanographique japonais JAMSTEC (*Japan Agency For Marine-Earth Science and Technology*) lance le programme ***Seatopia***. La maison sous-marine est immergée au large des côtes de Tago à 30 mètres de profondeur.

L'objectif du programme *Seatopia* est d'évaluer la capacité de 4 aquanautes à vivre pendant 1 mois à 100 mètres de profondeur. *Seatopia* est ensuite immergée à 60 mètres en septembre 1973.
En 1975, *Seatopia* est installée dans la baie d'Uchuira à 100 mètres de profondeur.

Fort de l'expérience de *Seatopia* dans les années 1970, le JAMSTEC lance en 1985 un nouveau programme d'habitat sous-marin. De nouveaux plans sont réalisés. Une expérience de *New Seatopia* est réalisée en octobre à 60 mètres de profondeur dans la baie de Sagami puis à 100 mètres 1 an plus tard. Progressivement *New Seatopia* atteint les 200 mètres puis les 300 mètres en juillet 1988.

En mars 1989 est lancée la phase II du programme. La maison sous-marine est immergée à 20 mètres de profondeur puis à 300 mètres en juillet 1990.

POLOGNE

En 1975, la Pologne installe en mer Baltique une maison sous-marine nommée ***Geonur***. Elle est immergée à 5 mètres de profondeur avec 4 aquanautes à son bord. L'objectif de *Geonur* est de faciliter la recherche en géologie sous-marine.

RUSSIE (URSS)

En 1965, un club de plongée de Moscou entreprend le projet ***Kitjesch***. *Kitjesch* est un wagon-citerne aménagé et baptisé du nom d'une cité russe engloutie. Installée en mer Noire, cette maison peut accueillir 4 personnes à une profondeur de 15 mètres.

La chambre d'observation ***Balanus*** est installée en mer du Japon en 1968 à 5 mètres de profondeur.

En 1968, la 1re version de l'habitat ***Ikhtiandr*** voit le jour. Du nom d'un homme-poisson, le héros du roman de science-fiction d'Alexandre BELYAYEV, cette maison sous-marine est installée en mer Noire à 15 mètres de profondeur. Quatre aquanautes peuvent y séjourner pendant 7 jours.

La seconde version d'*Ikhtiandr* est immergée à 12 mètres de profondeur en 1967. Plus spacieuse que la précédente, cette maison peut accueillir 7 personnes durant 1 semaine. Plusieurs équipes y vivent par roulement hebdomadaire. Une équipe est composée de 2 femmes aquanautes.

La dernière version d'*Ikhtiandr* est immergée quant à elle, en 1968, à 10 mètres de profondeur avec 4 membres d'équipage.

Sadko est une maison qui porte le nom d'un personnage populaire de la littérature traditionnelle russe. Il s'agit d'un marchand de Novgorod persuadé que les plus grandes richesses se trouvent dans le royaume sous-marin.
Sadko est une maison sous-marine sphérique de 3 mètres de diamètre qui connait entre 1966 et 1969, 3 versions. Sa particularité est le stationnement entre 2 eaux. *Sadko I* est testée en mer Noire à 12 mètres de profondeur avec 2 passagers pendant 6 heures. Avec 2 aquanautes à son bord, *Sadko II* est immergée à 25 mètres de profondeur pendant 6 jours tandis que *Sadko III* accueille 3 personnes pendant 14 jours.

En 1966, ***Sprut*** qui signifie « pieuvre » en russe est la 1re maison pneumatique d'Europe à être posée sur le fond. Cet habitat sphérique de 3 mètres de diamètre peut être déployé en 3h. Ses 3 inventeurs y vivent 2 semaines à 10 mètres de profondeur. Deux autres versions seront mises au point pour améliorer l'habitat et l'adapter pour une utilisation sous la banquise.

En 1966, le projet ***Bentos-300*** voit grand. Construit pour les besoins des pêcheries et de l'exploration polaire, *Bentos-300* est un laboratoire sous-marin capable d'atteindre une profondeur maximale de 300 mètres et d'accueillir 24 membres d'équipage.

Long de 7,9 mètres et pouvant descendre à 50 mètres, ***Chernomor*** est conçu en 1968 par le docteur Igor MIKHALTSEV, directeur de l'Institut d'océanographie de Moscou.
Les missions de *Chernomor* sont multiples : mesurer la polarisation de la lumière sous l'eau, permettre des observations biologiques, géologiques et océanographiques.
Différentes équipes pluridisciplinaires de plongeurs y vivent plusieurs jours à 12 mètres en effectuant de nombreuses sorties.
En 1969, *Chernomor* est modifié et devient ***Chernomor II.***

En 1972, 5 plongeurs passent 52 jours à bord de *Chernomor II* à une profondeur de 15 mètres. Il s'agit du record du plus long séjour subaquatique, après les 60 jours de l'opération américaine *Tektite.*

Chernomor II est ensuite utilisé au large de la Bulgarie puis retiré du circuit en 1974 car jugé obsolète.

TCHECOSLOVAQUIE

Un projet tchèque se concrétise à Cuba en 1966. Nommée ***Carrib I*** cette maison, plongée à 20 mètres de profondeur sur les côtes de Rincon de Guanabo, peut recevoir 2 membres d'équipage pour une durée de 3 jours.

De nombreuses expériences d'habitat subaquatiques sont réalisées en Tchécoslovaquie au milieu des années 1960. En 1967, un ingénieur de Prague conçoit *Xénie*, une petite tente sous-marine de 120 kilos qui permet à 3 aquanautes de passer 3 jours sous 6 mètres d'eau en mer Adriatique.

Au milieu des années 1970, le concept de maisons sous la mer cède peu à peu la place aux descentes en tourelle, suivies de séjours prolongés en caissons hyperbares, conçus par la COMEX. Grâce à ces inventions, les « travailleurs de la mer » sont désormais capables d'intervenir à plus de 600 mètres de profondeur.

III. ET AUJOURD'HUI : DES HABITATS SOUS-MARINS POUR LA SCIENCE ET LES LOISIRS !

A. LE LABORATOIRE *MARINELAB*

En 1970, parallèlement à la création de la *Marine Resources Developpement Foundation (MRDF)*, le Dr Neil MONNEY, de *l'US Naval Academy* d'Annapolis (Maryland, États-Unis) et son équipe débute la construction de *MEDUSA*, un laboratoire sous-marin sophistiqué.

Achevé en 1980, l'habitat n'est jamais mis en service. En 1984, le Dr MONNEY parvient à en faire don à la MRDF. Il est rebaptisé ***MarineLab*** et est transporté dans le parc du récif de corail John Pennekamp (Key Largo, Floride). Les missions débutent en juin 1984 sous la houlette de Chris OLSTAD.
Vingt et une missions de 24h sont réalisées durant l'été 1984 avec environ 80 océanautes. *MarineLab* devient la 1re école sous-marine au monde donnant aux étudiants et aux enseignants la possibilité de vivre, travailler et étudier l'océan à partir d'un habitat sous-marin.

En 1985, l'habitat *MarineLab*, aussi appelée la « salle de classe dans la mer », est déplacé de quelques centaine de mètres. Il devient alors un centre de recherche sous-marine utilisé quotidiennement.

De 1988 à 1990, une série de programmes financés par la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) étudie la physiologie des plongeurs dans plusieurs environnements. Entre autres, les chercheurs utilisent la technologie de l'échographie Doppler pour détecter les petites bulles d'azote dans le sang des plongeurs qui passe 12, 24, et 48h à des profondeurs de 3,5 à 7,5 mètres. Plusieurs documents et des présentations issues de cette étude, ont fourni des informations nouvelles sur la limite de non-décompression des plongeurs.

En 1992, en partenariat avec la NOAA, la MRDF et le ministère océanographique de l'ex-union soviétique, 2 scientifiques russes vivent pendant 2 semaines dans *MarineLab* afin d'étudier les capacités pulmonaires dans un habitat sous-marin.

Encore aujourd'hui, *MarineLab* est disponible pour un large éventail d'expériences *in situ* ou pour la collecte de données à long terme. La visioconférence et l'utilisation d'un robot sous-marin *VideoRay* équipé d'une caméra font de *MarineLab* un véritable lieu d'apprentissage à distance.

B. *AQUARIUS* : DE LA MER À L'ESPACE !

HABITER *AQUARIUS*

Immergé en 1992 à 19 mètres de profondeur, à 5,6 kilomètres au large de Key Largo, dans les Keys de la Floride, ***Aquarius*** est un laboratoire sous-marin voué à la recherche en science et en gestion des ressources côtières et océaniques. *Aquarius* appartient à la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et il est exploité par l'université internationale de Floride (FIU) par l'entremise du NOAA Undersea Research Center (NURC)

L'habitat, un cylindre d'acier de 3 mètres de diamètre et de 14 mètres de longueur, offre 11 mètres cubes de surface habitable et de laboratoire pour un équipage de 6 personnes.

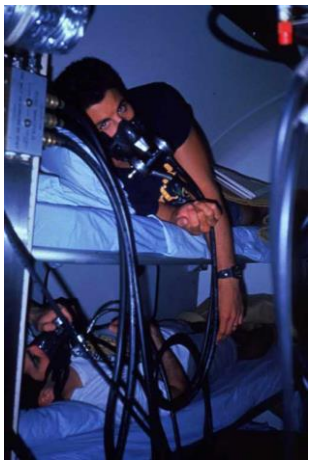
Le système *Aquarius* compte 3 éléments : une bouée de maintien de la vie en surface, l'habitat proprement dit et une plaque qui maintient l'habitat en place au fond de l'océan. L'habitat *Aquarius* offre environ 37 mètres carrés d'espace habitable et de laboratoire.

Le laboratoire est équipé d'ordinateurs reliés au continent, d'un branchement Internet, de téléphones, de radios et d'équipement de visioconférence. L'espace habitable contient des couchettes pour l'équipage, des ordinateurs, 2 grands hublots, une cuisine équipée d'un four micro-ondes, d'eau chaude, d'un réfrigérateur, d'un évier et d'espaces pour manger et travailler.

Les membres de l'équipage peuvent y rester indéfiniment. Cependant, au terme d'une mission, les océanautes doivent subir 17 heures de décompression dans une chambre à l'intérieur d'*Aquarius* afin de minimiser le risque d'une mauvaise décompression. À la fin de cette période de décompression, les océanautes quittent *Aquarius* en scaphandre autonome et remontent à la surface.

Les missions à bord d'*Aquarius* durent généralement 10 jours.

PROGRAMME *NEEMO*



Cet environnement extrême et hostile offre des conditions similaires à celles des missions spatiales habitées. *Aquarius* est utilisé par l'agence spatiale américaine (*NASA*) depuis 2001 pour l'entraînement des astronautes de la station spatiale et comme plateforme de recherche et de développement de technologies.

Grâce à l'habitat *Aquarius*, la NASA dispose d'un site présentant des conditions analogues à celles qui règnent dans l'espace. Les membres d'équipage du projet NEEMO peuvent donc y accomplir des tâches dans des conditions similaires à celles vécues dans l'espace.

C. LE 1ER HÔTEL SOUS- MARIN AU MONDE : *JULES UNDERSEA LODGE*

En 1986, la MRDF supervise la rénovation et l'installation de *La Chalupa. La Chalupa* est transformée en hôtel et est rebaptisé ***Jules Undersea Lodge***. Le 1er hôtel sous-marin au monde est immergé à 6 mètres de profondeur dans un lagon à Key Largo (Floride). L'habitat est entièrement rénové pour offrir aux clients environ 180m^2 d'espace de vie et de luxe pour un maximum de 6 personnes.
De nombreuses célébrités y ont passé la nuit comme Steven TYLER d'Aerosmith ou Pierre TRUDEAU, 1er ministre canadien.

D. ET AILLEURS DANS LE MONDE…

PROJET *HYDROPOLIS* POUR DUBAI

Au début des années 2000, l'architecte allemand Joachim HAUSER imagine un hôtel sous-marin de luxe pour Dubaï : ***Hydropolis***. Cet hôtel, inspiré de la quille du *Nautilus* imaginé par Jules VERNE, devait comporter 220 suites sous-marines et plusieurs complexes de loisirs émergés et immergés. Il aurait été un des plus importants projets de construction contemporaine dans le monde, couvrant une superficie de 260 hectares. Mais, en raison du coût trop élevé, *Hydropolis* n'a jamais vu le jour.

PROJET *WATER DISCUS*

Imaginé par l'entreprise polonaise DEEP SEA TECHNOLOGY pour répondre aux besoins de clientèles très diverses, le ***Water Discus Hotel*** sera constitué d'une double structure, conçue en partenariat avec l'Université technologique de Gdansk en Pologne.

La partie immergée, construite à 30 mètres de profondeur, accueillera 21 chambres, un bar, ainsi qu'un centre de plongée sous-marine avec chambre de décompression intégré. Les résidents pourront également jouir d'autres activités aquatiques comme l'exploration des fonds marins à bord de sous-marins 3 places.
Le *Water Discus Hotel* pourrait être installé prochainement aux Maldives qui possèdent déjà ce type d'établissement. En effet, l'*Ithaa Undersea Restaurant*, est un hôtel-restaurant immergé à 5 mètres sous l'eau sur l'île de Conrad Maldives Rangali. Un projet est également en cours à Dubaï (Émirats Arabes).

IV. JACQUES ROUGERIE : DU RÊVE À LA RÉALITÉ

Grand explorateur des espaces océaniques, l'architecte français, **Jacques ROUGERIE** mène, depuis plusieurs années, des recherches sur les interactions entre l'homme et son environnement marin. Ce bâtisseur de verre et d'aluminium élabore avec son équipe composée d'architectes, designers, ingénieurs, biologistes, journalistes, des vaisseaux futuristes et des maisons sous-marines. Ces créations s'inscrivent dans une perspective de réconciliation entre l'homme et son milieu originel avec comme philosophie la préservation du milieu naturel.

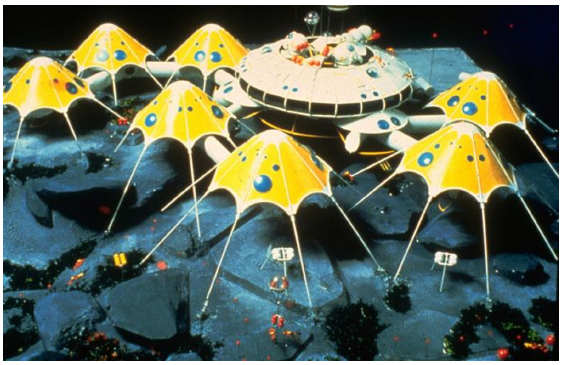
Selon Jacques ROUGERIE, les 1res maisons sous-marines relèguent le confort et l'intégration de l'homme au monde sous-marin au second plan. De plus, la plupart de ces maisons reposent sur le fond, tels des bâtiments terrestres et sont conçus plus comme des caissons aveugles que comme de véritables maisons sous-marines avec balcons sur les abysses.

Une architecture spécifique restait à inventer...c'est à dire une conception de formes construites par analogies aux formes vivantes.

A. LES GRANDS PROJETS D'ÉQUIPEMENTS SCIENTIFIQUES SOUS-MARINS

- ***Ferme de la mer :*** ferme aquacole

En 1972, Jacques ROUGERIE propose un concept de ferme flottante pour le développement de l'aquaculture en pleine mer. Longue de 140 mètres de diamètre et haute de 120 mètres, cette ferme flottante comprend une partie habitable pouvant accueillir de 18 à 24 personnes. L'architecture générale de la ferme est déployée autour d'un tube habitat-laboratoire-services entouré de cages d'élevage et de champs d'algues.



- **Village sous-marin** : habitations communautaires

En 1973, Jacques ROUGERIE planche sur un projet de *village sous-marin* aux Iles Vierges (États-Unis). Situé entre 30 et 40 mètres, ce village peut accueillir entre 50 et 250 aquanautes. Les maîtres d'ouvrage sont la NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) et l'agence spatiale américaine NASA.
Son architecture est adaptée à l'étude et à la gestion subaquatique, notamment pour le développement des techniques d'aquaculture en pleine mer d'animaux et de végétaux marins. Le village est aussi pensé pour servir de base d'entraînement sous la mer aux astronautes de la NASA.

- ***Ferme sous-marine*** : ferme aquacole

Ce projet étudié par l'Université d'Hawaï en 1973, propose un concept de ferme flottante de 15 à 20 mètres de diamètre pour une profondeur de 30 à 40 mètres. La partie habitable en surface peut accueillir 10 à 20 personnes, particulièrement des agriculteurs sous-marins appelés « paysans de la mer » et des chercheurs.

- ***Pulmo*** : laboratoire sous-marin mobile

En 1974, Jacques ROUGERIE travaille sur le projet ***Pulmo*** pour le CNEXO (qui deviendra l'Ifremer, Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer). Le *Pulmo* est un centre de recherche scientifique mobile à grande profondeur sur la dorsale médio-atlantique et les sources abyssales. D'une autonomie de 1 à 3 mois, ce centre peut atteindre 4 000 mètres de fond et accueillir 12 à 15 personnes.

- ***Aqualab*** *:* habitat-laboratoire sous-marin

Conçu en 1989 pour mettre en relief les similitudes entre la vie dans l'espace et la vie sous la mer, ***Aqualab*** est un habitat-laboratoire sous-marin capable d'accueillir 6 à 9 personnes pour des séjours de longue durée (6 mois à 1 an).

- **Base mobile océanographique**

Commandée par le CNEXO, cette base mobile a pour objectif de recevoir des scientifiques pluridisciplinaires et de prospecter des domaines sous-marins à aménager. Elle est capable d'accueillir 20 à 30 personnes et d'atteindre 200 mètres de profondeur.

B. VIVRE SOUS LA MER : LA FIN DE L'UTOPIE

- ***Galathée*** : habitat-laboratoire sous-marin

Mise à l'eau le 4 août 1977, ***Galathée*** est la 1re maison sous-marine expérimentée par Jacques Rougerie. Cette maison capsule est constituée d'une coque de forme allongée en acier et d'un vaste hublot. Son immersion se fait en 30 minutes. Un système de ballasts permet de la maintenir entre deux eaux. Longue de 7 mètres, *Galathée* peut accueillir 4 à 7 personnes pour une autonomie de 1 à 3 mois et atteindre 45 mètres de profondeur. Ce laboratoire semi-mobile est conçu pour accueillir des programmes de recherches scientifiques et techniques.

- ***Aquabulle*** : abri sous-marin

Mis à l'eau en mars 1978, ***Aquabulle*** est un abri sous-marin, une cellule de décompression et un poste d'observation relais dans le cadre de l'aménagement périphérique d'une station sous-marine permanente. *Aquabulle* est conçue comme une sphère transparente de méthacrylate, enchâssée dans une structure d'aluminium. Haut de 2,8 mètres et de 2,5 mètres de diamètre, cet abri sous-marin a une capacité d'immersion de 60 mètres. Grâce à sa réserve d'air placée à sa base, *Aquabulle* peut abriter 3 personnes pendant quelques heures.

- ***Hippocampe*** : abri sous-marin

Construit avec la COMEX (société marseillaise d'ingénierie sous-marine fondée par Henri-Germain DELAUZE) en 1981 sur le même principe que *Galathée* mais pour un programme d'utilisation plus léger, ***Hippocampe*** est un abri sous-marin. En décembre 1981, lors d'une opération de démonstration sous-marine sur le thème de l'industrie offshore, *Hippocampe* est immergé au large de Marseille avec à son bord, Jacques ROUGERIE et Bernard GARDETTE, physiologiste à la COMEX. Tous deux restent immergés pendant 8 jours. En effet, *Hippocampe* a une autonomie de 7 à 15 jours et peut atteindre 12 mètres de profondeur.

- ***Ocean Observer*** : habitat-laboratoire sous-marin

Ce prototype réalisé en 1998 est un habitat-laboratoire sous marin, dérivant au grès des vents et des courants, relié à un flotteur de surface contenant les systèmes d'énergie. D'une capacité de 2 personnes, il permet l'observation de la faune sous-marine, telle que le plancton de l'océan Indien, jusqu'à une profondeur de 6 mètres.

C. DE LA MER À L'ESPACE : PROJET SEASPACE

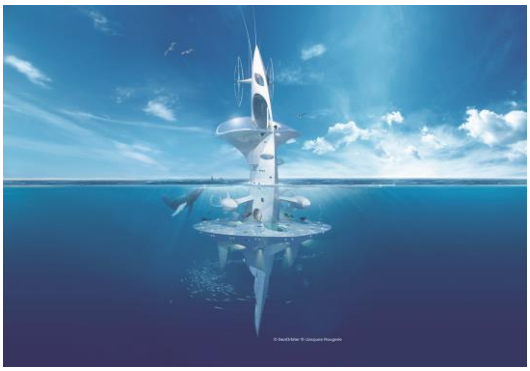
Associé au programme NEEMO, Jacques ROUGERIE imagine en 2005 une maison sous-marine et un observatoire subaquatique appelés ***SeaSpace***. Il s'agit d'une nouvelle génération d'habitat sous la mer complètement autonome.
Prévu pour accueillir 8 aquanautes-astronautes pour des séjours de longue durée de 3 à 6 mois, *SeaSpace* mesure 21 mètres de long pour 7 mètres de large *et* peut atteindre 100 mètres de profondeur.

Développé pour participer à l'entraînement des équipages prévus pour vivre dans les futures bases lunaires et martiennes, cette maison sous-marine peut être positionnée à différentes profondeurs en fonction de l'utilisation souhaitée. L'entrée se fait par l'intermédiaire d'un sas situé sous la structure qui permet une mise à l'eau directe.

D. *SEAORBITER* : UN PROJET GRANDIOSE !

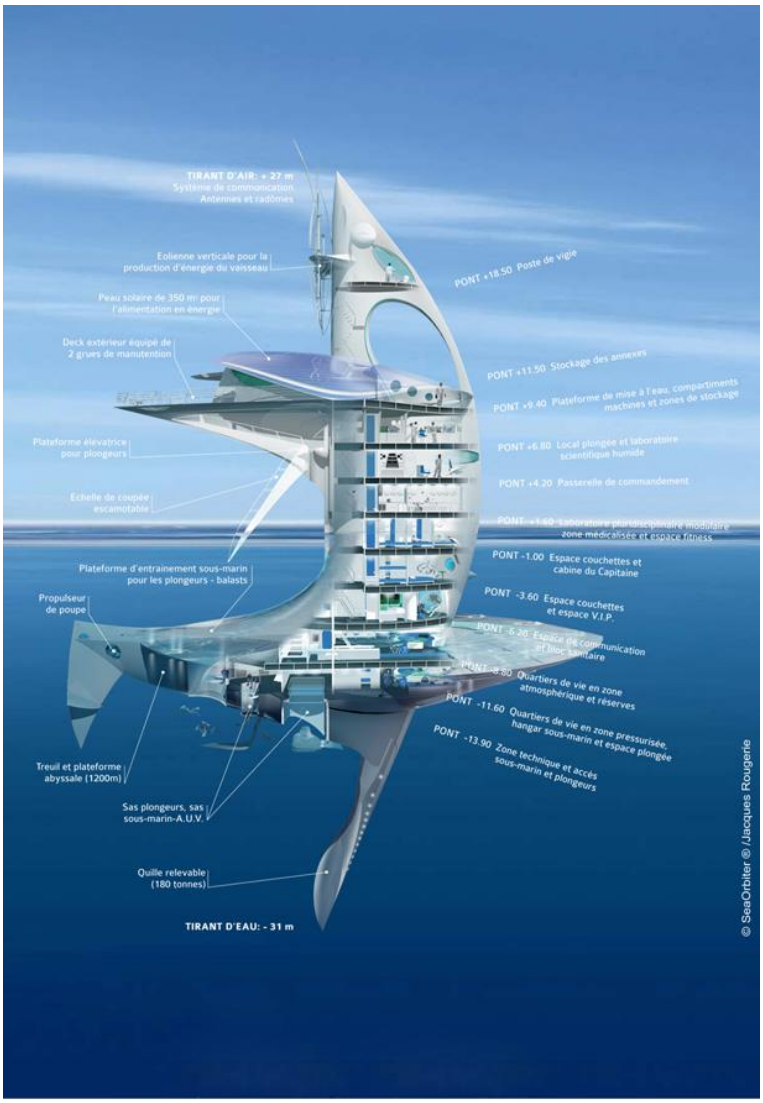
Dessiné par Jacques ROUGERIE en 1999, ***SeaOrbiter*** est une station océanique internationale unique au monde, un vaisseau d'exploration et un laboratoire scientifique universel dédié à la découverte du monde sous-marin et à l'éducation au développement durable appliqué à l'océan.

SeaOrbiter est développé en partenariat avec l'explorateur des grands fonds Jacques PICCARD et l'astronaute Jean-Loup CHRETIEN et de nombreux partenaires dont COMEX, société pionnière dans la plongée profonde au service de l'industrie para-pétrolière fondée par Henri-Germain DELAUZE. Le projet est soutenu par de nombreux ambassadeurs et conseillers d'envergure internationale au 1er rang desquels figure *SAS* le Prince Albert II de Monaco, qui perpétue l'engagement personnel de son trisaïeul le Prince Albert Ier, instigateur des premières grandes campagnes océanographiques et fondateur de l'Institut Océanographique. Le port de Monaco sera le point de départ de la première grande dérive de *SeaOrbiter.*



« Le vaisseau SeaOrbiter est un outil extraordinaire qui offrira au grand public une nouvelle vision des océans et du monde sous-marin. Vaisseau d'exploration océanique de haute technologie, unique au monde, SeaOrbiter permettra à chacun d'entre nous de plonger au cœur de cet univers encore largement inconnu avec une proximité et sur des durées encore jamais atteintes à ce jour. »
SAS le Prince Albert II de Monaco

SeaOrbiter est le seul vaisseau au monde qui permette une exploration permanente de l'Océan, de sa surface aux abysses : une immersion et une communion totales entre l'homme et le milieu marin, gages de connaissance, de respect et d'avenir pour les générations présentes et à venir.



Ce vaisseau, Jacques ROUGERIE l'a voulu futuriste et respectueux de l'environnement. Totalement intégré à son milieu, *SeaOrbiter* est conçu pour dériver le long des grands courants marins, récupérant l'énergie de la houle, du vent et du soleil pour produire sa propre électricité. Il se laisse porter par les grands courants marins, du Gulf Stream à l'océan Pacifique.

Conçu pour défier les tempêtes les plus violentes, *SeaOrbiter* est un navire inclassable. Avec sa forme en croissant de lune, il ressemble plus à ces énormes bouées qui signalent les récifs en mer qu'à un bateau classique. Comme elles, les deux tiers de son volume sont sous l'eau, lui assurant une stabilité à toute épreuve. Il revient toujours à la verticale quelle que soit la houle. Silencieux, non polluant et insubmersible, il peut effectuer des missions scientifiques de longue durée.

Selon Jacques ROUGERIE, *SeaOrbiter* n'a pas été conçu comme un engin scientifique, "mais plutôt comme un moyen de communication, d'éducation et de pédagogie". Cependant, même si l'engin n'a pas été construit pour les chercheurs, certains s'y intéressent de près : les halieutes (spécialistes des dispositifs de concentration de poissons) étudieront les espèces pélagiques (vivant en pleine mer) attirés par cet objet dérivant, les météorologues en apprendront plus sur les échanges entre l'océan et l'atmosphère, d'autres étudieront l'acoustique, d'autres encore observeront la bioluminescence des organismes marins.

« Demain, pour accompagner la nouvelle civilisation des Mériens, il permettra des séjours longue durée pour de grandes familles d'explorateurs, une observation sous-marine jour et nuit de l'inépuisable richesse des formes de vie, des accès subaquatiques permanents et faciles au monde marin, pour une parfaite symbiose avec le milieu aquatique. Tout cela fait de SeaOrbiter la première maison sous-marine nomade entourée des plus grand des jardins : l'océan »

Jacques ROUGERIE

En bref, *SeaOrbiter* c'est :

- **Une maison sous-marine nomade sans aucun équivalent au monde**

Le vaisseau construit en aluminium recyclable, de 58 mètres de haut et 550 tonnes, accueille de 18 à 22 personnes sur 12 niveaux dont 6 sous la mer pour des missions de longue durée, supérieure à 6 mois. Il est ravitaillé par des navires de liaison et accède aux ports en relevant sa quille et en utilisant ses ballasts passant à un tirant d'eau de 8 mètres.

- **Un laboratoire scientifique permanent au cœur des océans**

SeaOrbiter accueille des scientifiques pour des programmes de recherche afin d'observer, écouter et étudier 24h sur 24h les océans sur de longues périodes. Cette plate-forme peut également favoriser l'émergence de différentes innovations techniques et biotechnologiques.

Recherche	Innovations
• Relations Océan / Atmosphère ○ Mesure du dioxyde de carbone ○ Suivi de l'acidification de l'océan et impact sur les espèces marines ○ Mesure des courants marins ○ Calibrage des satellites océanographiques ○ Calibrage des modèles météorologiques • Biodiversité marine ○ Échantillonnage et étude du plancton ○ Pose de balises sur les animaux migrateurs ○ Observation des écosystèmes profonds ○ Expérimentation d'habitats et de récifs artificiels ○ Études bio-acoustiques • Pollution marine ○ Analyse des polluants chimiques ○ Mesure quantitative de la pollution	• Santé ○ Recherche en matière de biotechnologies ○ Recherche sur la télémédecine et la téléchirurgie ○ Étude du comportement psychologique et physiologique des aquanautes • Industrie ○ Mise en œuvre de technologies innovantes dans le domaine des énergies renouvelables ○ Topographie et cartographie ○ Prélèvements d'échantillons pour détecter des gisements minéraux • Alimentation ○ Étude pour le développement d'aquaculture océanique ○ Systèmes de fertilisation naturelle des eaux de surface

- **Une base sous-marine pressurisée aux capacités exceptionnelles**

Le module hyperbare permet de mener des expériences en milieu complexe et confiné et de pratiquer des sorties permanentes et directes dans le milieu sous-marin à -12 mètres en scaphandre autonome, en sous-marin ou via d'autres moyens d'exploration profonde. *SeaOrbiter* est ainsi capable, pour la 1re fois au monde, de conduire des missions sous-marines 24h/24h, sur de très longues périodes, jusqu'à 6 000 mètres. En raison des similitudes avec la vie spatiale, les agences spatiales américaine (*NASA*) et européenne (*European Space Agency* ou *ESA*) participent aux programmes scientifiques attachés à ce module.

- **Une plateforme Internationale de communication multimédia unique**

Avec son studio de production multimédia et ses moyens de communication en temps réel, *SeaOrbiter* est un formidable outil permettant de faire partager au grand public l'aventure, l'exploration et la connaissance des océans.

À l'automne 2014, grâce à un financement participatif, la construction de la coiffe du *SeaOrbiter* débute dans les ateliers ACCO (Soudan, Loire-Atlantique). 900 heures de travail sont nécessaires à la fabrication de l'étage supérieur du *SeaOrbiter*.

Partie émergée du *SeaOrbiter*, cette coiffe accueillera la vigie, le système de communication et les éoliennes verticales permettant la production d'énergie.

Terminée en juin 2015, la coiffe, surnommé « l'œil » de *SeaOrbiter* par Jacques ROUGERIE, rejoint la collection de la Grande Galerie des Engins et des Hommes de La Cité de la Mer le 23 mai 2017.

BIBLIOGRAPHIE - WEBOGRAPHIE

LIVRES

Sormiou : Berceau bleu de mes souvenirs / Albert Falco ; Alain Foret.- Challes-Les-Eaux : Gap, 2012. - 256 p.

Un cinéaste nommé Cousteau / Franck Machu . - Monaco : Éditions du Rocher, 2011. - 482 p.

Cousteau 20 000 rêves sous les mers / Franck Machu ; préface de Francine Cousteau. - Monaco : Rocher, 2010. - 322 p.

De Vingt mille lieues sous les mers à SeaOrbiter / Jacques Rougerie ; Alexandrine Civard-Racinais ; Jean-Loup Chrétien ; Joël De Rosnay. - Paris : Éditions Democratic Books, 2010.- 252 p.

Sylvia Earle: Deep-sea explorer / Susan Tyler Hitchcock ; préf. De Milbry Polk. - New York : Chelsea House Publishers, 2004. - 130 p. (Women explorer). (Langue anglaise)

Jacques-Yves Cousteau : dans l'océan de la vie / Yves Paccalet. - Paris : Jean-Claude Lattès, 1997. - 547 p.

Les hommes de Cousteau / Maurice Dessemond ; Claude Wesly. - Paris : Le Pré-aux-Clercs, 1997. - 260 p.

Cousteau, une biographie / Bernard Violet.- Paris : Fayard, 1993. - 318 p. (Enquêtes)

Les enfants du Capitaine Nemo / Jacques Rougerie ; Hugo Verlomme. - Paris : Arthaud, 1986. - 255 p.

Les jours les plus profonds / Robert Stenuit. - Paris : Plon, 1965. - 220 p.

DVD

Le monde sans soleil / Albert Falco ; Simone Cousteau. - Paris : TF1 Vidéo, 2010. - 92 mn.

PERIODIQUES

Science extrême : au fond des mers.
in : Comment ça marche. - Paris : Fleurus, Avril 2017. - N°82 : Sauver des vies avec la nanotechnologie.p.31

La chronique de... Jacques Rougerie / Martine Carret
in : Leparisien.fr.- 20 juillet 2015.

L'avenir est en mer / Charlotte Rigaud
in : Systèmes solaires. - Hors-série n°7 : Le journal de l'éolien : Éoliennes flottantes, qui sont les pionniers ? (Juin 2010)

Habiter la mer…

in : Diplomatie.- Hors-série n°2 : Géopolitique et géostratégie des mers et des océans. (Août - Septembre 2007)

Jacques Rougerie, l'enfant du capitaine Nemo / Amalia Parker
in : Le journal de la Maison. – N°400 (Mars 2007)

Habiter sous les mers : fiction ou réalité ?
in : La Cité de la Mer : revue de presse. – N° Le Ciné de la mer : films et débats. (12-15 octobre 2006). - Cherbourg-Octeville : La Presse de la Manche (13 octobre 2006)

Robert Stenuit : une vie à mille temps / Pierre Martin-Razi.
in : Subaqua. – N°208 : Sauvez Calypso ! (Septembre-octobre 2006)

20 000 lieux sous les mers
in : Thalassa magazine. – N°2 : Vacances insolites (Juillet-août 2006)

Vivre et étudier sous la mer : le laboratoire sous-marin Tektite / J-G Harmelin
in : L'ichtyosandre. - N° 6 : Notre président d'honneur Henri Delauze doublement honoré au cours de notre assemblée générale (Janvier 2006)

Une cabane dans un récif corallien : l'habitat sous-marin Hydrolab. / Jean Vacelet
in : L'ichtyosandre. - N° 6 : Notre président d'honneur Henri Delauze doublement honoré au cours de notre assemblée générale (Janvier 2006)

Construire des villes sous la mer, c'est possible ?
in : La Cité de la Mer : revue de presse (Décembre 2005). - Paris : Le Monde des ados (Décembre 2005)

Falco, retour au Soudan ! / Alain Foret.
in : Subaqua. - N°203 : Albert Falco, retour au Soudan (Novembre - Décembre 2005)

Jacques Rougerie, le visionnaire qui veut habiter sous la mer / Hervé Bonnot.
in : Vsd. – N°1448 (25-31 mai 2005).

« Séjourner sous la mer n'a rien d'une utopie » / Luc Brunet
in : La Cité de la Mer : revue de presse (Mars 2005). - Paris : 20 minutes, 7 mars 2005

Un balcon sous la mer / Hans W. Fricke
in : Géo. - N° 1 : Colorado : le géant dompté (Mars 1979)

SITES INTERNET

Cousteau Society and environmental protection.
Le Commandant COUSTEAU et son équipe se sont lancés dans les années 1970 dans une folle aventure : bâtir des maisons sous-marines. Retour sur les missions *Précontinent I, II et III.*
http://www.cousteau.org/fr/

INA / Institut National de l'Audiovisuel : ***Sept jours du monde***.

Le 25 septembre 1964, l'émission *Sept jours du monde* diffuse une interview du Commandant COUSTEAU et d'Albert FALCO sur les maisons sous-marines et le tournage du film *Le Monde sans soleil.*

http://www.ina.fr/video/CAF89042053
INA / Institut National de l'Audiovisuel : **Conférence sur *Précontinent III.***
Le Commandant COUSTEAU présente sa prochaine expérience de vie sous-marine : *Précontinent III*. Six océanautes vivront 15 jours par 26 mètres de profondeur dans une maison sous-marine. Des images d'archives de l'expérience précédente en 1962, baptisée *Diogène*, et de la première expérience américaine de survie en milieu sous-marin, ainsi que des interviews, illustrent l'exposé. Yves BOUSQUET, physicien et ingénieur, et André LABAN, chef de mission, parlent de la maison sous-marine, de la mise en condition des plongeurs et de l'exercice des métiers d'océanautes et d'astronautes.
http://www.ina.fr/video/RAF02022545/presentation-de-precontinent-iii-video.html

La Bibliothèque Nationale de France - La Mer « Vivre sous la mer, un rêve de terriens ».
Vivre sous la mer, un rêve de terriens... Tels ne sont pas les désirs de ceux qui veulent vivre sous la mer au 20e siècle ! Les informations diffusées reprennent le contenu de l'exposition « La mer, terreur et fascination », réalisée par la Bibliothèque Nationale de France.
http://expositions.bnf.fr/lamer/arret/index33.htm

Habitats sous-marins - Jacques Rougerie.
Jacques ROUGERIE, architecte, réalise et rend opérationnels des habitats sous-marins et vaisseaux à coque transparente, outils de connaissance scientifique et pédagogique.
http://www.rougerie.com/

Fondation Jacques Rougerie | Génération Espace Mer.
Jacques ROUGERIE, a créé cette fondation afin de faire émerger de nouveaux talents (architectes, ingénieurs, designers) qui inventeront et bâtiront les habitats et mode de vie de demain, valorisant les potentialités de la mer et de l'espace tout en respectant ces univers providentiels.
http://www.fondation-jacques-rougerie.com/

SeaOrbiter – Embarquer pour la planète océan
Ce site web développé par Jacques ROUGERIE vous donne accès à toutes les informations concernant le projet du vaisseau *SeaOrbiter* : aménagements et équipements, engins associés, missions…
http://www.seaorbiter.com/

University of North Carolina Wilmington - Le laboratoire sous-marin *Aquarius*
Site en anglais
Le laboratoire sous-marin *Aquarius* appartient à la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) et est gérée, dans le cadre du « NOAA undersea research program », par le « Undersea Research Center » situé à l'Université de Wilmington (Caroline du nord). *Aquarius* est situé à 4,5 kilomètres des côtes de Key Largo, en Floride, près de grands récifs de corail, à 20 mètres de la surface. Vous trouverez sur ce site une description des équipements, des missions réalisées…
http://aquarius.fiu.edu/

Agence Spatiale Canadienne - Le laboratoire sous-marin Aquarius
Le site de l'Agence Spatiale Canadienne présente le laboratoire sous-marin de la National Oceanic and Atmospheric Administration (NOAA) : *Aquarius.*
http://www.asc-csa.gc.ca/fra/missions/neemo/aquarius.asp

Florida International University (FIU) / Université internationale de Floride (États-Unis).
Site en anglais
L'université internationale de Floride engagée dans la recherche publique est partenaire de la NOAA dans le cadre de missions dans le laboratoire sous-marin *Aquarius*.
http://www.fiu.edu/

Nautineum / Musée de la Mer de Stralsund (Mer Baltique / Allemagne).
Site en allemand
Musée sur la recherche halieutique et maritime dans lequel sont présentés le laboratoire sous-marin ***Helgoland*** et la station habitée ***BAH***.
https://www.deutsches-meeresmuseum.de/wissenschaft/sammlungen/meereskunde-und-forschung/

Marine Resources Developpement Foundation (MRDF) / Fondation pour le Développement des Ressources Marines.
Site en anglais
Fondation pour le développement des ressources marines créée en 1970 avec pour objectif de développer une meilleure compréhension des ressources marines de la Terre. Cette fondation a évolué pour devenir une organisation éducative et scientifique. Depuis 1985, chaque année, près de 5000 étudiants découvrent l'océan à travers les programmes d'éducation MarineLab. L'habitat sous-marin, *MarineLab Undersea Laboratory*, utilisé pour la science et à des fins éducatives, est installée à Key Largo (Floride / États-Unis).
http://www.mrdf.org/UWHabitats.html