Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère

6 | 2019

Architectures des milieux hyper-conditionnés

L'architecture sous pression

Expérimentations techniques ou architectures sous-marines, du commandant J.-Y. Cousteau à l'architecte J. Rougerie (1960-1980)

Architecture under pressure

Christophe Camus

Édition électronique

URL : <http://journals.openedition.org/craup/2621>

ISSN : 2606-7498

Éditeur

Ministère de la Culture

Référence électronique

Christophe Camus, « L'architecture sous pression », *Les Cahiers de la recherche architecturale urbaine et paysagère* [En ligne], 6 | 2019, mis en ligne le 20 décembre 2019, consulté le 27 décembre 2019. URL : <http://journals.openedition.org/craup/2621>

Ce document a été généré automatiquement le 27 décembre 2019.

Les *Cahiers de la recherche architecturale, urbaine et paysagère* sont mis à disposition selon les termes de la Licence Creative Commons Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Pas de Modification 3.0 France.

L'architecture sous pression

Expérimentations techniques ou architectures sous-marines, du commandant J.-Y. Cousteau à l'architecte J. Rougerie (1960-1980)

Architecture under pressure

Christophe Camus

- 1 La climatisation n'est plus dans l'air du temps. Le génial système d'air conditionné mis au point par Willis Carrier, considéré comme « une solution bien plus subtile, économique, souple et pratique » selon Reyner Banham¹, semble remis en question par le « durable », la nouvelle écologie des années 2000. Des flux d'air frais rafraîchissent toujours nos tours de bureaux, hypermarchés, avions, trains à grande vitesse et, surtout, nos chères autos, mais pour combien de temps encore ? Bientôt plus d'essence², alors que faire des belles américaines dont les puissants moteurs thermiques devaient alimenter un « bloc utilitaire domestique » et même « gonfler un dôme Mylar transparent » formant « l'a-maison », promise par Banham³ ? Ce dernier imagine même que chacun puisse emporter avec soi de paisibles « piles atomiques miniaturisées », mais on devine que cette technologie sous-marine⁴ avant d'être spatiale n'est plus au goût des Terriens d'aujourd'hui.
- 2 Sans préjuger de l'avenir des dispositifs à air conditionné et des espaces hyperconditionnés déployés sur toute la surface du globe, nous avons choisi de rester dans le sillon ouvert par Buckminster Fuller et revisité avec l'esprit de Banham, mais en privilégiant le questionnement des pratiques et de l'imaginaire architectural plutôt que la stricte histoire des techniques. Ainsi, cet article s'appuie sur une recherche interrogeant les visions et conceptions du futur de l'architecture à partir d'une étude des programmes et projets modernistes d'habitats sous-marins, qu'ils soient issus des expérimentations technoscientifiques en quête de nouveaux espaces ou qu'ils prolongent les recherches prospectives et utopiques des architectes des années 1960-1980. Analysant une période faste allant des très médiatiques expériences du commandant Cousteau (1962-1965) aux réalisations de l'architecte Jacques Rougerie (1977-1982), l'enquête vient questionner des imaginaires architecturaux, techniques et écologiques du modernisme conquérant : exploiter, coloniser les mers comme nouveaux espaces accessibles. Entre sociohistoire et études visuelles de programmes et

projets d'architecture sous-marine, ce programme s'inscrit dans une série de travaux sur l'imaginaire et les pratiques de l'architecture⁵.

- 3 Notre recherche interroge les architectures des milieux hyper-conditionnés à partir d'un type d'habitat pour le milieu sous-marin, c'est-à-dire potentiellement extrême en raison de l'absence d'air, d'une pression de l'eau qui s'exerce sur les habitacles, les équipements et sur ceux qui s'y exposent en tentant d'habiter les profondeurs de la mer. Comme dans d'autres environnements *a priori* inhabitables, les techniques de conditionnement sont essentielles sans forcément impliquer une rupture dans la relation à l'environnement et aux milieux. À l'inverse d'un « système hermétiquement clos comme l'est la cabine spatiale ou le sous-marin atomique », exemples régulièrement cités par Banham⁶, la plupart des maisons sous-marines visent à maximiser les points de contact et les prises directes sur l'environnement, tout en créant des conditions de vie convenables pour les sujets humains à l'intérieur de l'enveloppe. Étanches, résistantes à la pression des grands fonds, elles permettent aux océanographes d'aller et venir sans peine entre les habitations et le milieu subaquatique dans lequel elles sont installées. L'étroitesse de l'habitable ou celle des hublots des toutes premières capsules ont pu susciter un sentiment de claustrophobie pour les observateurs extérieurs ; mais ces « maisons », si elles sont parfaitement hermétiques, ne sont jamais complètement fermées puisque tout leur intérêt consiste à offrir la possibilité de pouvoir vivre et travailler dans la mer⁷.
- 4 Notre article commence par présenter un certain nombre de programmes d'habitat et d'architecture sous pression développés tout au long des années 1960-1980. Si l'architecture y est souvent conditionnée par de fortes contraintes relevant de l'ingénierie, nous chercherons à montrer que l'évolution de certains projets conduit à s'en affranchir pour développer des habitats plus confortables et, pour ce qui nous intéresse plus spécifiquement, qui peuvent rencontrer les préoccupations ou les pratiques d'architectes engagés dans ces réflexions. Enfin, nous examinerons les développements d'une véritable architecture subaquatique qui parvient à ouvrir plus largement ses espaces hyper-conditionnés sur l'extérieur, tout en restant *sous pression* du milieu, mais surtout du contexte techno-industriel dans lequel elle se développe.

Architectures sous-marines ou espaces hyper-conditionnés ?

- 5 Concevoir des moyens d'habiter sous la mer n'est pas une activité commune et demande quelques explications. Au-delà des mythes ou utopies, ce programme s'inscrit au cœur d'un mouvement général d'exploration et de conquête de nouveaux espaces qui semble consubstantiel au développement des peuples et des civilisations qui parcourent les mers depuis des temps immémoriaux⁸. Mais si la surface des mers est un espace de conquête et d'échange évident, l'exploration du monde sous-marin semble impliquer un rapport plus complexe à ce « territoire du vide »⁹, au point de ne susciter que peu d'intérêt avant le XVI^e siècle. Plus tard, les expéditions océanographiques viendront prolonger les recherches de terres nouvelles, ouvrant la voie à l'étude systématique du fond des mers afin d'en exploiter d'éventuelles ressources et de les cartographier pour y tirer les premiers câbles sous-marins¹⁰. Reposant sur les développements de techniques de plongée, d'équipements individuels¹¹ ou d'engins d'exploration de ce milieu¹², l'ambition d'installer des hommes sous l'eau finit par

s'imposer et se justifier par l'objectif économique d'y travailler dans de meilleures conditions de sécurité et de rentabilité. Ce point de vue est revendiqué par la plupart des pionniers de cette aventure, et notamment le premier d'entre tous, Robert Sténuit¹³ :

Les résultats scientifiques des plongées en sous-marins, en soucoupes plongeantes ou en bathyscaphes, quoique très limités, sont précieux ; mais l'utilité pratique de ces engins, au point de vue du travail proprement dit, est nulle. Il faut le dire, il faut le crier et il faudra le répéter : on ne pourra jamais exploiter rationnellement le plateau continental en y envoyant de simples plongeurs. Pour coloniser le dernier des continents vierges, par-delà la dernière frontière, il faudra que des colons s'y installent, pour y vivre longtemps, y vivre comme les pétroliers français du Sahara, comme les savants dans l'Antarctique¹⁴.

- 6 Ce programme de colonisation du plateau continental est énoncé en ouverture d'un ouvrage où Sténuit raconte son expérience de premier « océanote » séjournant en 1962 dans la capsule monoplace du projet Man-in-Sea, porté par l'industriel américain Edwin Link (fig. 1).

Figure 1. Edwin Link devant son « cylindre » sous-marin

© Robert Sténuit

- 7 Cette colonisation implique un développement d'habitats sous-marins envisagé dès les années 1930 pour les scaphandriers anglais¹⁵, et repris par les principaux acteurs de cette aventure : George F. Bond (1915-1983), physicien et officier en charge du département de recherches médicales de l'US Navy, dans lequel il développe le programme Genesis et le futur habitat Sealab¹⁶, mais aussi Jacques-Yves Cousteau (1910-1997), qui après avoir radicalement modernisé les équipements de plongée sous-marine durant la Seconde Guerre mondiale, se lance à la fin des années 1950 dans une entreprise d'exploration et dans la mise au point d'engins sous-marins mondialement connus grâce à son activité cinématographique¹⁷. En contacts étroits avec Bond et Link, le commandant Cousteau immerge son premier habitat sous-marin plus spacieux,

habitable et médiatique quelques jours seulement après l'expérience de Link et Sténuit. Mais c'est surtout Précontinent II, qui marque définitivement les esprits avec un village immergé dans les eaux translucides de la mer Rouge où séjournent cinq personnes durant un mois (fig. 2), en donnant matière au second long métrage du commandant : *Le monde sans soleil* (1964)¹⁸.

Figure 2. Le village de Précontinent II : grande maison au fond, garage et sa soucoupe plongeante (1963)

© Frédéric Dumas

- 8 Tandis que les programmes militaires et industriels d'habitats sous-marins se développent tout au long des années 1960, ces projets restent très utopiques chez les architectes. Une situation en parfaite cohérence avec ce que proclame l'étude de la « mécanisation » des activités humaines par Siegfried Giedion, qui énonce les principes physiologiques indispensables au bon fonctionnement de « l'organisme de l'homme [exigeant] une certaine température, un certain type de climat, d'air, de lumière, d'humidité et de nourriture » et le « contact de la terre et des plantes¹⁹ ». Poursuivant la même réflexion vingt ans plus tard, alors que l'homme vient de partir à la conquête d'espaces lointains, Reyner Banham postule « que nu, armé seulement de ses mains, ses dents, ses jambes et sa ruse native, l'homme [est] un organisme viable sur toute la surface de la Terre, sauf dans les déserts de sable ou de glace²⁰ ». Rafraîchissant le récit mythologique des origines de l'architecture, le critique anglais énonce les principes nécessaires à la maîtrise de l'environnement : « garder au sec quand la pluie tombe, produire de la chaleur en hiver et de la fraîcheur en été, jouir d'une intimité acoustique et visuelle, posséder des surfaces suffisantes où ranger ses effets personnels et organiser ses activités sociales²¹ ». La suite du raisonnement est bien connue, puisqu'elle consiste à opposer « l'érection de structures massives », chère aux architectes, et le rassemblement autour d'un feu, qui ouvre d'autres horizons techniques. Et si Banham fait souvent référence aux capsules spatiales et autres engins, y compris sous-marins, ses remarques visent surtout des architectures terrestres *bien tempérées* tout en s'inspirant des nouvelles technologies issues de ces domaines. Et nous

devons constater que les rapprochements entre conquête spatiale et installation sur le fond des océans sont très présents dans le discours des pionniers de l'exploration sous-marine. Sténuit, Link ou Cousteau s'inscrivent dans la même ambition, soulignant régulièrement que leur propre démarche est plus viable ou plus avancée que la conquête de l'espace. Mais les discours concurrents n'empêchent pas la collaboration et les échanges permanents entre ces deux mondes : liaison téléphonique entre océanographes et astronautes, développement d'un programme d'habitat subaquatique par la Nasa, etc. Cette communauté d'intérêts est très active chez Rougerie, qui entretient des liens étroits avec les spatonautes français soutenant son projet *SeaOrbiter*, et sa Fondation récompensant nombre de projets spatiaux²².

- 9 Cependant, pour la plupart des architectes des années 1960, construire sous l'eau ou dans l'espace relève encore de registres utopiques²³, prospectifs ou imaginaires, qui peuvent éventuellement s'inspirer d'expériences concrètes comme celles de Cousteau qui font l'objet d'une très large médiatisation internationale. Dans cet esprit, l'architecte anglais Warren Chalk (1927-1988), membre du collectif Archigram, s'intéresse aux expériences sous-marines menées par Link, Bond ou Cousteau, qu'il rattache aux réflexions techno-architecturales de Buckminster Fuller sur la capsule spatiale comme un nouvel environnement artificiel produit par l'homme²⁴. Ce qui conduit le magazine *Archigram* à s'inspirer librement du « Jacques Cousteau's underwater village » (fig. 3) et d'autres engins subaquatiques dans ses recherches conceptuelles²⁵.

Figure 3. « Jacques Cousteau's underwater village » et autres habitats ou engins sous-marins par Archigram

« Underwater Hardware », *Archigram Magazine*, n°5, p. 18.
© Archigram 1964

- 10 De l'autre côté de la Manche, dans un même mouvement d'ouverture à d'autres mondes, l'historien et critique d'architecture Michel Ragon mobilise des références identiques avec un même enthousiasme prospectif. Signe de cet intérêt, le chapitre « La

ville part à la conquête des océans » de son ouvrage *Les cités de l'avenir* (1966) s'ouvre sur une photo pleine page d'un plongeur évoluant entre la grande maison et le garage à soucoupe plongeante de Précontinent II²⁶. Mais en 1966, l'auteur ne mentionne aucun projet sous-marin et préfère détailler les architectures flottantes de Paul Maymont, Kenzō Tange, Kiyonori Kikutake, Jean-Louis Chanéac ou Walter Jonas. Il faut attendre 1978 pour que l'architecture sous-marine entre dans le volume « Prospective et futurologie » de son *Histoire mondiale de l'architecture et de l'urbanisme modernes*²⁷. Ragon consacre un chapitre à l'architecture flottante, mais sans oublier cette fois de présenter des projets subaquatiques, qu'il justifie en termes de conquête du « plateau continental qui prolonge les continents sous la mer jusqu'à deux cents mètres de profondeur [et qui] contient autant de richesses que les terres émergées²⁸ ». Ce dernier développe quelques notions de plongée, notamment les fastidieux paliers de décompression qui justifient le développement de « maisons sous la mer », avant de poursuivre en mentionnant Précontinent ou l'expérience américaine Sealab II, qui s'est déroulée en 1965. Enfin, l'architecture sous-marine occupe désormais une position spécifique dans cette histoire prospectiviste, en s'appuyant sur la figure incontournable de Jacques Rougerie. Les dessins du jeune architecte de la mer illustrent abondamment le chapitre consacré aux projets sous-marins qui semblent se concrétiser à travers *Galathée* (fig. 4), photographiée en pleine page avant sa mise à l'eau²⁹, après avoir été « exposée au Salon nautique, en 1977³⁰ ».

Figure 4. *Galathée*, photo de sa mise à l'eau (1977)

© Jacques Rougerie Architecte

- 11 Avant d'être salués par Ragon et utilisés comme emblème de sa chronique futurologique³¹, les projets de Rougerie sont présentés au cœur d'un dossier « Habiter la mer » confié au jeune architecte par la prestigieuse revue *L'Architecture d'Aujourd'hui* en 1974³². Cet ensemble de contributions fait appel à des spécialistes du milieu marin ainsi qu'à Henri Delauze (1929-2012), un ingénieur ayant travaillé pour Cousteau avant de

fonder une des plus grandes entreprises d'ingénierie sous-marine de l'époque, la Comex. Très illustrée, la publication se termine par une série de dessins des projets subaquatiques de Rougerie préfigurant un urbanisme et une architecture de la mer. Il s'agit alors de mettre en œuvre une gestion plus maîtrisée et plus écologique des ressources de cet environnement. L'architecte y décline ses programmes de « tours d'observation », de « refuge sous-marin [...] réalisable dès à présent », ainsi que de « villages sous-marins d'aquaculteurs » qui devront attendre les années 1980... Quatre ans plus tard, un nouvel ouvrage est publié par l'architecte³³. Il s'agit désormais d'un véritable traité d'architecture marine et surtout sous-marine, qui s'appuie sur les mêmes sources documentaires, la très riche production projectuelle de l'architecte et sur ses toutes premières réalisations concrètes que sont *Galathée*, ainsi que sa plus légère Aquabulle, cette dernière ayant donné lieu à une « expérimentation technique et des tests médicaux [...] effectués en mars 1978, au large de l'île de Porquerolles³⁴ ». Ces premières réalisations d'habitats sous-marins conçus par un architecte seront prolongées par d'autres projets, mais sans que ce type de programme aboutisse à des expérimentations complexes à de grandes profondeurs et sous de fortes pressions. Comme l'a très tôt compris Rougerie, en sollicitant le soutien du patron de la Comex, principal acteur économique de ce secteur, la réalisation de ce type d'habitats ne peut se faire qu'en liaison avec les protagonistes de l'ingénierie sous-marine. C'est donc dans cette direction que nous pouvons interroger une architecture subaquatique soumise à la pression de ses contraintes techniques, et accessoirement, à la faible reconnaissance de ce type de programme par la profession, ses critiques et historiens. En effet, si les très visuelles et médiatiques expériences de Cousteau ont pu inspirer les architectes du groupe Archigram et si la production architecturale de Rougerie a été adoubee par Ragon, il semble que l'histoire s'arrête assez vite. Sans nous être livré à une enquête systématique de la réception des expériences de Cousteau ou de Rougerie, il semble qu'elles laissent peu de traces dans les histoires de l'architecture, y compris lorsqu'elles sont écrites sous un angle résolument futuriste³⁵.

Une ingénierie pour vivre et travailler sous l'eau

- 12 Parallèlement aux réflexions utopiques ou conceptuelles menées par quelques architectes, plus d'une soixantaine de projets d'habitats immergés sont expérimentés de 1962 à 1977, l'année où est construite la première maison sous-marine conçue par un architecte. Ces programmes enregistrent une montée en puissance à partir de 1965, avec quatre opérations : une pour chacun des pionniers, une troisième pour l'US Navy et la dernière pour un club de plongée britannique³⁶. Cet inventaire est établi par deux observateurs attentifs, James W. Miller et Ian G. Koblick³⁷, dans un livre devenu référence, *Living and working in the sea*. Ainsi, ils en recensent huit en 1966, autant en 1967, avant une envolée avec quatorze expériences menées en 1968, puis une baisse à dix habitats en 1969, dernière année faste qui sera suivie de deux à quatre opérations les années suivantes, pour clore cet inventaire en 1977, avec seulement deux projets dont *Galathée* conçue par Rougerie³⁸.
- 13 Si l'on s'appuie sur l'histoire et l'évaluation très technique que Miller et Koblick dressent de ces expériences, on constate qu'elles ont été réalisées dans des contextes très divers : des clubs de sports subaquatiques en Europe de l'Est, des universités et des élèves ingénieurs aux États-Unis, ainsi que plusieurs institutions militaires (US Navy)

ou scientifiques (NOAA, NASA, etc.). Cette diversité se traduit également dans la morphologie de ces habitats, qui ressemblent parfois à d'ingénieux bricolages réalisés à partir d'éléments divers : wagon-citerne, cuve de cristallisation de sucre, chaudron industriel ou mélangeur de ciment, aux formes cylindro-sphériques³⁹. Ces solutions peu architecturales obéissent le plus souvent à des motifs techniques et économiques. On peut aussi y voir le prolongement des premières intuitions formulées par le père du programme américain, George F. Bond, qui avait imaginé pouvoir reconvertir un sous-marin nucléaire américain en maison sous-marine⁴⁰.

- 14 S'ils sont les héritiers de l'ingénierie militaro-industrielle des sous-marins de guerre dont ils empruntent formes, matériaux et technologies, ces habitats s'en différencient à plusieurs titres. Compagnon des premières expériences d'habitat de Cousteau, le biologiste Raymond Vaissière a ainsi proposé une classification des engins sous-marins distinguant les « enceintes closes », catégorie dans laquelle il classe les navires sous-marins, les « enceintes ouvertes » où il range les scaphandres, et les « ensembles combinés » correspondant aux différentes expériences de maisons subaquatiques⁴¹. Le caractère « combiné » de ces habitats a donc une incidence sur leur résistance à la pression extérieure, qui peut être moins contraignante que celle exigée pour les engins sous-marins traditionnels. Si les habitats peuvent être clos pour certaines manœuvres (remorquage, descente sur le fond), ils sont généralement ouverts pour permettre les allées et venues des océanographes. Cette situation implique de maintenir un équilibre entre la pression intérieure et extérieure à la maison, ce qui a des effets sur la vie et la physiologie de ses habitants, expérimentant la plongée dite à saturation.
- 15 On comprend donc qu'avant de mettre au point leur première maison sous la mer, Bond et son équipe lancent un programme d'étude physiologique de la plongée à saturation dénommé Genesis, qui se déroule de 1957 à 1958 au moyen d'un simple caisson hyperbare dans lequel sont installés des animaux, en attendant l'obtention d'une autorisation pour l'expérimentation humaine. Ainsi, quelques mois après les premières expériences *in situ* conduites par Link et Cousteau, en novembre 1962⁴², deux plongeurs vétérans de la Navy vivent pendant six jours dans un caisson en respirant un mélange d'oxygène et d'hélium, d'abord à la pression du niveau de la mer, puis à des pressions croissantes. Cet espace hyper-conditionné qui simule l'environnement sous-marin au point d'intégrer un compartiment humide où les plongeurs peuvent nager sous l'eau, est décrit comme un habitat relativement confortable :

*Their dry chamber was equipped with electric stove, a refrigerator, a toilet, special fans to purify and to keep the atmosphere circulating, as well as reading material and a TV set to relieve the boredom of their confinement*⁴³.

- 16 La description est complétée par une photographie des plongeurs discutant avec Bond sur le seuil du caisson, qui semble répondre aux images ou descriptions poétiques de Sténuit, premier océanographe immergé dans le « cylindre de Link⁴⁴ », ou de Cousteau témoignant du quotidien des deux premiers habitants de Diogène (Précontinent I). Si ces derniers ont eu le mérite de lancer les premières expériences *in situ* en 1962, nous avons vu que c'est avec Précontinent II, que l'idée d'habiter confortablement sous la mer s'impose auprès d'un plus large public. Cette mission est analysée finement par Miller et Koblick, qui en décrivent les équipements, en relatent les missions, en détaillent les ambiances : température, humidité, composition des mélanges respiratoires utilisés durant le séjour et les phases de décompression⁴⁵. Mais au-delà de l'exploit technique et scientifique que constitue le premier séjour de cinq océanographes à

onze mètres de profondeur durant un mois, l'opération se distingue par son confort qui en fait un véritable habitat (fig. 5) :

It was the first time human actually lived on the seafloor with any degree of comfort, cooked their own meals, and became part of the undersea environment. Starfish House was truly a habitat, and Deep Cabin was the next version of a survival shelter⁴⁶.

Figure 5. Vue de l'aménagement intérieur de Précontinent II [album de la société V. Pérona]

© Collection privée

- 17 Après la phase de tests en chambre hyperbare, la marine américaine immerge en 1964 *Sealab I* qui accueille quatre océanographes à soixante mètres de profondeur pendant onze jours dans un cylindre en forme de cigare (« *a cigar-shap chamber⁴⁷* »), percé de quatre hublots de trente centimètres de diamètre et comprenant tout l'équipement moderne : « *refrigerator, a hot plate, an oven, a food locker, a shower, a toilet, air-conditioning equipment⁴⁸* », etc. La première expérience américaine est surtout un exploit en termes de travail et de vie à une profondeur où la pression devient physiologiquement critique.
- 18 Dressant un bilan des deux premières années de conquête du fond des océans, les auteurs notent que le programme a bien été rempli et a permis de tester les hommes et le matériel, mais qu'à l'exception de la grande maison de Cousteau, toutes ces cabines hyper-conditionnées ne sont que des abris sommaires et au fonctionnement compliqué : « *seafloor survival shelters with few frills and many problems⁴⁹* ».
- 19 Il reste donc du chemin à faire pour mettre au point des habitats suffisamment confortables pour héberger de futurs océanographes, des scientifiques et techniciens ordinaires plutôt que des pionniers. En 1965, *Sealab II* tire les enseignements de la première expérience tout en s'installant sur un site californien moins facile que les eaux des Bahamas, même si la profondeur reste identique. Pour compenser ces

difficultés, le confort de cet habitat qui s'apparente toujours à un wagon-citerne est jugé luxueux (« *luxurious* »), principalement en raison de ses équipements, dont un meilleur système à air conditionné détaillé par Miller et Koblick⁵⁰. On pourrait également y voir la marque d'une probable collaboration avec les équipes de Cousteau et notamment avec Jean-Charles Roux, « l'architecte d'intérieur sous-marin » du commandant⁵¹ (fig. 6).

Figure 6. Dessins des différents éléments du village de *Précontinent II*, par Jean-Charles Roux

© Jean-Charles Roux

- 20 Signe des temps, de la convergence des conquêtes comme de la continuité des espaces extrêmes, les espaces hyper-conditionnés se connectent entre eux : une liaison radio est établie entre Sealab II et la capsule spatiale Gemini en orbite autour de la Terre afin de mettre en relation océanographes et astronautes⁵². Puis une autre liaison radio est établie entre Sealab II et Précontinent III, troisième expérience conduite par Cousteau⁵³.
- 21 Immersée au Cap Ferrat durant presque un mois à l'automne 1965, Précontinent III est une opération plus technique et risquée que le précédent village sous-marin de la mer Rouge. Cousteau la décrit néanmoins comme une « maison-sous-la-mer [qui] se compose essentiellement d'une sphère et d'un châssis métallique⁵⁴ ». Si l'engin ressemble à une capsule qui trouverait aisément sa place dans *On a marché sur la Lune* de Hergé (fig. 7), ce condensé de « technologies pour grandes profondeurs⁵⁵ » est pensé comme une réponse aux pressions qui l'attendent. Ainsi, le compte-rendu d'un séminaire organisé pour préparer l'opération débute de la manière suivante : « Pourquoi la maison sous la mer, Précontinent III, se présente sous la forme d'une sphère et d'un châssis qui la supporte ». Exposant le programme de ce séminaire, l'ingénieur en charge des questions techniques se livre alors à une démonstration : il explique que cette nouvelle maison doit être autonome, ce qui veut dire « capable de remplir à elle seule tout le programme de plongée, c'est-à-dire mise en pression, remorquage, mise en place au fond, station au fond et travail, fonctionnement sur le

fond, ensuite remontée, remorquage de nouveau et décompression ». Et pour l'ingénieur qui s'exprime ainsi, ce raisonnement « conduit à la sphère ». La forme est ensuite détaillée quant à ses dimensions, à sa composition en un « acier A48 » censé résister à la pression requise, à ses limitations des échanges thermiques et, même, sous l'angle de la « logeabilité des appareils dans une sphère⁵⁶ ».

Figure 7. Précontinent III sur le port de Marseille [album de la société V. Pérona]

© Collection privée

- 22 Conçue pour résister à de fortes pressions, Précontinent III offre un espace hyper-conditionné nettement moins ouvert sur l'environnement extérieur que la grande maison en forme d'étoile de mer, mais se veut habitable, comme l'annonce Cousteau :

La sphère de séjour comporte trois hublots d'un diamètre de 140 mm, permettant la lecture d'appareils extérieurs. Le volume habitable, de 100 m³, est réparti en deux étages. L'étage supérieur consiste en un salon autour duquel sont disposés le laboratoire, le tableau électrique, la cuisine et le système de cryogénie. À l'étage inférieur, une cloison médiane sépare la chambre à coucher (contenant six couchettes superposées par paires) de la salle humide, où sont regroupés les appareils de plongée, les compresseurs, les toilettes et douches⁵⁷.

- 23 Cet habitat aux formes et équipements futuristes héberge six plongeurs pendant vingt-deux jours à une profondeur record de moins cent mètres, mais au prix d'ajustements permanents qui touchent aux limites techniques pouvant être supportées par Cousteau et son équipe⁵⁸. Étudié par ses ingénieurs et même dessiné par Roux, le projet Précontinent IV reste dans les cartons, tandis que la dernière expérience donne matière au premier épisode-test de *L'Odyssée sous-marine de l'équipe Cousteau*, la série télévisée qui fait connaître le commandant au monde entier et le conduit à se consacrer entièrement à la production de documentaires⁵⁹. Intitulé « L'Aventure Précontinent », cet épisode met en scène le commandant dans son bureau du musée océanographique de Monaco en train de présenter le projet au moyen d'une maquette transparente qui

permet d'apercevoir les aménagements et équipements embarqués dans cet engin ultramoderne⁶⁰.

- 24 Tandis que Cousteau se lance dans sa nouvelle aventure médiatique, l'année 1966 voit le lancement de huit nouvelles expériences d'habitat sous-marin, début d'une envolée de ces opérations culminant en 1968. L'année 1969 totalise encore dix expériences, dont Sealab III, qui rénove son wagon-citerne pour lui permettre d'effectuer une mission à plus de cent-quatre-vingt mètres de profondeur. Cette opération extrême est un exploit couronné de succès sur un plan strictement technique, mais elle est endeuillée par la mort d'un océanographe civil. Cet accident de plongée n'est pas lié à la conception ou au fonctionnement de l'habitat, mais il conduit l'US Navy à abandonner définitivement ce programme.
- 25 En dépit du retrait de cet acteur majeur, d'autres opérations seront développées. Miller et Koblick mentionnent notamment les programmes de la NASA, Tektite I en 1969 et Tektite II en 1970, une station de biologie sous-marine qui accueille une cinquantaine de scientifiques pour deux à quatre semaines et environ trois cents étudiants⁶¹. *Idem* pour La Chalupa (1972-1975), un projet dirigé par Koblick dont le design s'inspire des expériences précédentes afin de gagner en mobilité et en autonomie⁶², une quête initiée par Cousteau et qu'on retrouve chez Rougerie.
- 26 L'aventure se poursuit, mais pour ainsi dire en laissant retomber la pression. En effet, à l'exception de Benthos 300⁶³, la plupart des habitats conçus après 1969 visent des profondeurs beaucoup plus accessibles et praticables. Cette réduction des ambitions intervient tandis que l'industrie pétrolière et gazière en vient à considérer que « *The use of seafloor habitats was not the best approach*⁶⁴ ». Très vite, les industriels investissent dans d'autres systèmes de plongée reposant sur l'utilisation de tourelles et de caissons de décompression habitables⁶⁵. Deux voies s'amorcent donc, celle des industriels qui utilisent des caissons et ascenseurs pressurisés pour effectuer leurs missions en toute sécurité, et celle des scientifiques qui veulent rester au fond pour étudier le milieu et s'ouvrir à un nouvel environnement. Et comme le soulignent Miller et Koblick, après les efforts des pionniers, les nouveaux océanographes ne peuvent plus se satisfaire de simples abris : « les ingénieurs océanographes ne se contentaient plus de construire ce qui était essentiellement des abris de survie » (« *Ocean engineers no longer were satisfied with constructing what essentially were survival shelters*⁶⁶ »). Il est donc temps d'utiliser les ressorts de l'architecture pour produire des espaces mieux maîtrisés quant aux technologies d'hyper-conditionnement, moins exposés aux aléas climatiques et, finalement, plus habitables.

Architecture et design pour habiter l'environnement sous-marin

- 27 C'est exactement dans cette direction que s'engage l'architecture sous-marine imaginée par Rougerie au cours des années 1970. La plupart de ses projets de jeunesse entendent développer des observatoires, des stations de biologie et même un Archéoscope, mais ils incluent aussi de petites exploitations aquacoles de surface ou immergées et des villages sous-marins⁶⁷. Car contrairement aux premiers engins mis au point par les pionniers, les architectures sous-marines imaginées par l'architecte et ses équipiers s'inscrivent dans une « "urbanisation" de la mer », revendiquée dès 1974⁶⁸. À quelques

exceptions près, il ne s'agit donc plus d'immerger des capsules isolées et fermées sur elles-mêmes, mais d'envisager une grande diversité d'établissements humains partant du rivage ou des atolls, pour s'avancer dans l'eau au moyen de pilotis ou structures flottantes et, enfin, de s'immerger progressivement sous les flots, en veillant à ce que cette « architecture marine ne soit pas d'un impact trop important sur le milieu », voire à ce qu'elle puisse être détruite, démontée ou déplacée⁶⁹. Fortement empreintes des utopies de l'époque, à l'instar des nouveaux « communalistes » projetés dans des communautés de l'espace⁷⁰, ces propositions projettent des villages (fig. 8) qui « visent à intégrer l'homme au milieu marin en créant une “nation de la mer” », une préfiguration de la civilisation des « mériens » que revendique encore aujourd'hui l'architecte. Destinés à des activités scientifiques, à une « aquaculture contrôlée » ou un « tourisme qui doit s'intégrer », ces habitats peuvent s'implanter « dans des zones peu profondes allant de zéro à moins soixante mètres⁷¹ ».

Figure 8. Projet de village sous la mer aux îles Vierges (1973)

© Jacques Rougerie Architecte

- 28 Quatre ans plus tard, Rougerie construit Galathée, « un prototype de maison sous-marine [...] au service de la recherche en milieu marin [...] pour des profondeurs d'intervention relativement faibles⁷² ». Prévue pour une « profondeur opérationnelle normale [de] – 9 m. (au niveau du sas d'entrée)⁷³ », Galathée peut être immergée jusqu'à 60 mètres de profondeur, ce qui correspond à une zone de plongée qui ne nécessite pas de recourir à des mélanges gazeux plus techniques. Moins soumise aux fortes pressions, cette maison d'architecte peut alors adopter des formes plus originales que celles des premiers habitats subaquatiques.
- 29 Dans le chapitre consacré au design de ces espaces, Miller et Koblick soulignent que les réalisations étudiées présentent différentes formes, tailles ou couleurs, avec quelques

constantes : sur quarante-et-un habitats examinés, les auteurs ont pu repérer vingt-quatre cylindres, trois sphères et quatorze configurations variées⁷⁴. Comme l'évoquait l'ingénieur en charge de Précontinent III (voir *supra*), la prédominance des formes sphéro-cylindriques résulte de différents facteurs liés à la pression (interne, externe ou maximum), au mode de fixation sur le fond ou à la mobilité verticale, aux manœuvres en surface, au remorquage, et enfin au nombre d'occupants et à l'habilité intérieure⁷⁵. Rappelons que ces espaces hyper-conditionnés ne sont pas soumis aux mêmes contraintes qu'un vaisseau sous-marin, puisqu'ils maintiennent un équilibre entre la pression intérieure et extérieure pour pouvoir rester ouverts et permettre aux plongeurs d'évoluer librement. Ainsi, la question des ouvertures et surtout des hublots est l'autre grande préoccupation des concepteurs. Miller et Koblick soulignent les différences de point de vue des ingénieurs regrettant que ces ouvertures soulèvent d'inutiles problèmes de conception, tandis que les aquanautes y voient un moyen d'y mener des observations scientifiques tout en vivant pleinement au sein de ce milieu naturel⁷⁶. Heureusement, la plupart des habitats sont dotés de hublots aux formes et tailles différentes allant de 10,2 cm à 106,7 cm ; la palme des plus larges hublots revient, selon ces mêmes auteurs, à Hydrolab et La Chalupa⁷⁷.

- 30 C'est sans compter sur l'architecture innovante de Galathée, saluée par la plupart des experts du domaine, mais dont les caractéristiques sont insuffisamment documentées dans l'ouvrage des deux experts américains. Sans doute parce que sa réalisation n'a pas été suivie d'une véritable expérimentation sous-marine, Galathée est simplement présentée dans un tableau faisant état des spécifications des habitats sous-marins⁷⁸. Exposée au Salon nautique de Paris en 1977, médiatisée auprès des marins et des plongeurs, et des architectes grâce à Ragon, la maison (fig. 9) constitue une sorte d'aboutissement des principes définis par Rougerie :

Galathée, d'un esthétisme entièrement nouveau, a été conçue et étudiée à partir de l'observation de la vie marine et présente une adaptation optimale au milieu. De forme oblongue, cette maison sous-marine est fermée à ses deux extrémités par des dômes en plastique acrylique totalement transparents dont l'inclinaison vers la surface permet une meilleure captation de la lumière solaire et une très grande largeur de champ visuel. Au contraire, le corps central, comme une carapace très fermée, relie ces deux postes d'observation⁷⁹.

- 31 Presque quarante ans plus tard, l'architecte la revendique encore comme « la première maison sous-marine qui avait des hublots de 2,20 mètres de diamètre⁸⁰ ! » Le projet détonne par sa forme : blanche, plus bulbeuse que cylindro-sphérique, avec ses dômes transparents et ses excroissances tubulaires accueillant des ballons noirs. L'engin innove également par sa capacité à se mouvoir verticalement et même à se positionner entre deux eaux plutôt que d'impacter trop lourdement les fonds marins, comme n'hésitaient pas à le faire les projets de Cousteau et beaucoup d'autres. Avec Galathée, l'espace hyper-conditionné s'ouvre sur l'environnement extérieur, et surtout à l'architecture. Sans jamais s'y référer littéralement, sa forme semble emprunter aux codes des années 1970⁸¹, d'un Chanéac et ses *cellules amphores*⁸² à un Antti Lovag et ses maisons-bulles, sans que l'habillage organique sacrifie quoi que ce soit à la haute technicité d'équipements équivalents au bloc unitaire imaginé par Buckminster Fuller et fantasmé par Banham, ce prophète d'une pop culture technologique qui aurait pu être tenté par l'ivresse des profondeurs.

Figure 9. Construction et assemblage de Galathée avant immersion (1977)

© Jacques Rougerie Architecte

- 32 Régénérant la poétique « mérienne » qui imprègne ses textes et son imagerie, Rougerie conduit sa recherche formelle à partir de rapprochements qu'il qualifie aujourd'hui de biomimétiques : « Ce sont les formes de ce monde si différent qu'il s'agit de transposer au domaine architectural⁸³. » L'architecte illustre ses propos par des images allant de la méduse de Méditerranée au dessin du projet Pulmo jusqu'à son Aquabulle, photographiée sous l'eau avec un plongeur⁸⁴. Après la forme, c'est la couleur et la matérialité qui font l'objet de réflexions spécifiques :

Dans notre maison sous-marine Galathée, nous avons prévu, au cours d'expériences, d'animer l'espace environnant pour mieux l'observer. La maison en elle-même est peinte d'une couleur très visible extérieurement alors que l'intérieur comporte des teintes plus sombres, donnant une impression de chaleur et de confort. Dans ce choix, la texture des matériaux utilisés (soyeux, lisses, rugueux), intervient aussi pour une large part. L'intention est d'accentuer l'intérêt sur l'extérieur et d'inciter le plongeur à regarder le monde sous-marin sans que rien d'autre puisse troubler son attention⁸⁵.

- 33 Et la démarche appliquée à cette œuvre sous-marine est supposée transposable à l'aménagement des caissons hyperbares où les plongeurs de la Comex doivent « vivre dans un espace confiné pendant de longues heures⁸⁶ ».
- 34 Malheureusement, les difficultés de financement de ce type de projets n'ont pas permis la réalisation des aménagements intérieurs souhaités par l'architecte. La très sculpturale *Galathée* subira des tests d'étanchéité en pleine eau, mais ne sera ni aménagée ni utilisée pour des expérimentations de vie sous la mer. Si la petite Aquabulle sera fabriquée et servira à accueillir des enfants, incarnations des futurs « mériens », *Hippocampe* constituera l'ultime expérience développée par l'architecte sous-marin. En effet, cette large cellule vitrée (fig. 10) a pu être réalisée et immergée

pour héberger un programme de recherche de la Comex. Cette expérimentation se déroule sous la surveillance tatillonne des autorités maritimes limitant drastiquement la présence des enfants. Confronté comme d'autres à un contexte économique et institutionnel frileux, Rougerie n'a d'autre choix que d'osciller en permanence entre développement de prototypes techno-industriels et démarche prospective pour ses projets sous-marins.

- 35 Volontariste, son architecture sous-marine veut contribuer à « implanter des groupes humains en milieu marin [et] créer une architecture spécifique de la mer, permettant à l'homme de s'intégrer totalement à ce milieu⁸⁷ ». Contextuelle et biologique, cette architecture se propose de dépasser « la technologie qui ne reste qu'un moyen » d'inventer tout à la fois une nouvelle esthétique et une « vision particulière de l'avenir de l'humanité⁸⁸ ».

Figure 10. Atelier de fabrication d'Hippocampe, en premier plan (1981)

© Jacques Rougerie Architecte

L'architecture d'un environnement très contraint

- 36 L'approche technologique défendue par Rougerie semble une parfaite illustration des réflexions d'un Banham, opposant l'architecture navale à une trop classique architecture terrestre. Le critique envisage la première comme un « processus ininterrompu d'innovation » qui conduit à l'*hovercraft* (aéroglisseur) et « toute une gamme d'engins de plongée qui peuvent atteindre des endroits inaccessibles », tandis que la plupart des architectes ne cherchent selon lui qu'à perfectionner leur « yacht sophistiqué avec coque en fibre de verre, mât en aluminium et autres améliorations des matériaux structurels... plus un moteur hors-bord à utiliser (non sans grand embarras) en cas d'urgence⁸⁹ ». Inventeur de toute une lignée d'engins marins et sous-marins *high tech*, Rougerie n'a rien à voir avec les esthètes du yachting. Au contraire, l'architecte

tente de trouver son passage du Nord-Ouest, entre architecture et technologie, sans oublier la biologie marine, la physiologie humaine et l'écologie⁹⁰.

- 37 Ainsi, le confort de l'homme dans les expérimentations architecturales se trouve redéfini de la façon suivante : « alimentation en mélange respiratoire, contrôle de la sécurité, chauffage, refroidissement, approvisionnement en eau douce, en aliments, évacuation des déchets, amélioration de l'acoustique, utilisation d'énergies diverses : solaire, marine, géothermique, combustion, etc⁹¹. » Soit un espace hyper-conditionné que Banham ne saurait renier, mais qui s'appuie, avec insistance, « sur l'analyse de la vie marine (faune et flore) pour en dégager les éléments de structure », afin de produire une « architecture [qui] s'inspire ainsi, en les transposant, des formes naturelles marines », par exemple en adaptant des structures gonflables déjà utilisées par le pionnier Edwin Link dans cet environnement, tout en imitant certains organismes marins qui laissent voir leurs « “organes” internes⁹² ».
- 38 Sous la pression d'un environnement extrême justifiant des programmes très techniques, l'histoire des habitats sous-marins montre que l'architecture est employée comme un moyen de rendre plus habitable des abris hyper-conditionnés au sein d'un milieu sous-marin hyper-contraint. Du commandant Cousteau à l'architecte Jacques Rougerie, les maisons sous-marines et autres architectures sous pression sont projetées bien au-delà des fonctionnalités et contraintes du milieu qui les font naître. Aussi faudrait-il écouter Banham et veiller à ne pas classer cette réflexion sur l'habitat subaquatique à la seule rubrique « Technologie⁹³ ! »

Remerciements

L'iconographie est un des ressorts de cette recherche et je tiens ainsi à remercier Robert Sténuit et à sa fille Marie-Ève pour les photos de Man-in-Sea, Juliette Tilquin pour celles de Précontinent II prises par son père Frédéric Dumas, Shelley Power et Dennis Crompton pour The Archigram Archival Project, Jacques Rougerie pour les dessins et photos de ses projets, et Franck Machu pour sa collection et ses informations.

BIBLIOGRAPHIE

Archigram Magazine, n°5, 1964, [en ligne] <http://archigram.westminster.ac.uk/project.php?revID=3085>, page consultée le 19 avril 2019.

R. Banham, « L'a-maison », dans F. Choay et al., *Le Sens de la ville*, Seuil, Paris, 1972 [1969], pp. 63-84.

R. Banham, *L'architecture de l'environnement bien tempéré*, Orléans, Éditions Hyx, 2011 [1969-1984].

G. Borasi, M. Zardini et al., *Désolé, plus d'essence : l'innovation architecturale en réponse à la crise pétrolière de 1973*, Montréal, Centre Canadien d'architecture, 2007.

C. Camus, « Dessiner pour habiter sous la mer », *Exercice(s) d'Architecture*, n°6, janv. 2018.

- C. Camus, « Expérimenter les ambiances sous-marines par l'architecture ? », *Ambiances*, 4, 2018, [en ligne] <http://journals.openedition.org/ambiances/1748>. DOI : 10.4000/ambiances.1748, mis en ligne le 5 déc. 2018.
- W. Chalk, « Hardware of a new world », *Forum*, 1966, sur le site The Archigram Archival Project, University of Westminster, [en ligne] <http://archigram.westminster.ac.uk/essay.php?id=291>, page consultée le 19 avril 2019.
- J.-L. Chanéac, *Architecture interdite*, Éditions du Linteau, Paris, 2005.
- E. Chardonnet, *Mojave épiphanie. Une histoire secrète du programme spatial américain*, Paris, Inculte/Dernière Marge, 2016.
- J.-L. Cohen, *L'architecture au futur depuis 1889*, Paris, Phaidon Press, 2012.
- A. Corbin et H. Richard, *La mer, terreur et fascination*, Paris, Seuil (Points), 2011.
- A. Corbin, *Le territoire du vide : l'Occident et le désir du rivage, 1750-1840*, Paris, Flammarion (Champs), 2010.
- J.-Y. Cousteau, « L'aventure Précontinent », pilote de la série de télévision *L'Odyssée sous-marine de l'équipe Cousteau*, 1966.
- J.-Y. Cousteau, *Le monde sans soleil*, Les Requins Associés, 1964 [film].
- J.-Y. Cousteau, *Planète Océan*, vol. 3, Alpha éditions, Paris, 1982.
- G. Giedion, *La mécanisation au pouvoir*, Paris, Centre Georges Pompidou/CCI, 1980 [1948].
- Y. N. Harari, *Sapiens, Une brève histoire de l'humanité*, Paris, Albin Michel, 2015 [2012].
- B. Hellwarth, *Sealab: America's Forgotten Quest to Live and Work on the Ocean Floor*, New York, Simon & Schuster, 2012.
- F. Lopez, *Le rêve d'une déconnexion. De la maison autonome à la cité auto-énergétique*, Paris, Éditions de la Villette, 2014.
- F. Machu, *Un cinéaste nommé Cousteau : une œuvre dans le siècle*, Monaco, Éditions du Rocher, 2011.
- V. Mascaret, *L'aventure sous-marine : histoire de la plongée sous-marine de loisir en scaphandre autonome en France (1865-1985)*, thèse de doctorat, Université Lyon 1, 2010.
- J.W. Miller et I.G. Koblack, *Living and working in the sea*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1984.
- M. Ragon, *Histoire mondiale de l'architecture et de l'urbanisme modernes*, 3. *Prospective et futurologie*, Paris, Casterman, 1978.
- M. Ragon, *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes*, 3. *De Brasília au post-modernisme*, Paris, coll. Points, 2010 [1986].
- M. Ragon, *Les Cités de l'avenir*, Paris, Éditions Planète, 1966, p. 192.
- Cl. Riffaud, *La grande aventure des hommes sous la mer. Du temps d'Aristote à l'âge nucléaire*, Paris, Albin Michel, 1988.
- Y. Rocher (dir.), *Globes. Architecture et sciences explorent le monde*, Paris, Norma éditions/Cité de l'architecture et du patrimoine, 2017.
- J. Rougerie et É. Vignes, *Habiter la mer*, Éditions Maritimes & d'Outre-Mer, Paris, 1978.
- J. Rougerie, « Habiter la mer » [dossier], *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n°175, 1974.
- M. Serres, *Hermès V. Le passage du Nord-Ouest*, Paris, Éditions de Minuit, 1980.

- D. Rouillard, *Superarchitecture. Le futur de l'architecture 1950-1970*, Paris, Éditions de la Villette, 2004.
- R. Sténuit, *Les jours les plus profonds*, Paris, Plon, 1965.
- F. Turner, *Aux sources de l'utopie numérique*, Caen, C&F éditions, 2012 [2006].
- R. Vaissière, *L'homme et le monde sous-marin*, Paris, Larousse, 1969.

NOTES

1. Reyner Banham, *L'architecture de l'environnement bien tempéré*, Orléans, Éditions Hyx, 2011 [1969-1984], p. 183.
2. Giovanna Borasi, Mirko Zardini et al., *Désolé, plus d'essence : l'innovation architecturale en réponse à la crise pétrolière de 1973*, Montréal, Centre canadien d'architecture, 2007.
3. Reyner Banham, « L'a-maison », dans F. Choay et al., *Le Sens de la ville*, Paris, Seuil, 1972 [1969], pp. 63-84.
4. Envisagé dès 1939, le premier sous-marin militaire à propulsion nucléaire américain, le Nautilus, est mis en service en 1955 : Claude Riffaud, *La grande aventure des hommes sous la mer. Du temps d'Aristote à l'âge nucléaire*, Paris, Albin Michel, 1988, p. 429.
5. Recherche en cours menée dans le cadre du GRIEF (EA 7465), équipe de recherche de l'école nationale supérieure d'architecture de Bretagne (Rennes), en relation avec le réseau scientifique et technique ARCHES (Réseau disruptif sur les architectures extrêmes) : Christophe Camus, « Dessiner pour habiter sous la mer », *Exercice(s) d'Architecture* n°6, janv. 2018 ; Christophe Camus, « Expérimenter les ambiances sous-marines par l'architecture ? », *Ambiances*, 4, 2018, [en ligne] <http://journals.openedition.org/ambiances/1748>. DOI : 10.4000/ambiances.1748, mis en ligne le 5 décembre 2018.
6. Reyner Banham, *L'architecture de l'environnement bien tempéré*, op. cit., p. 182.
7. Ce programme étant pleinement revendiqué par l'ouvrage de référence rédigé par James W. Miller et Ian G. Koblick, *Living and working in the sea*, New York, Van Nostrand Reinhold, 1984. Ces deux spécialistes sont les protagonistes d'un certain nombre d'expériences américaines d'habitats subaquatiques : Sealab, Tektite et La Chalupa.
8. Yuval Noah Harari, *Sapiens, Une brève histoire de l'humanité*, Paris, Albin Michel, 2015 [2012].
9. Alain Corbin, *Le territoire du vide : l'Occident et le désir du rivage, 1750-1840*, Paris, Flammarion (Champs), 2010, not. pp. 22-23 et 30.
10. Hélène Richard, « La mer, sans fond ? », dans Alain Corbin et Hélène Richard, *La mer, terreur et fascination*, Paris, Seuil (Points), 2011, pp. 72-73.
11. Vianney Mascaret, *L'aventure sous-marine : histoire de la plongée sous-marine de loisir en scaphandre autonome en France (1865-1985)*, thèse de doctorat, Université Lyon 1, 2010.
12. Raymond Vaissière, *L'homme et le monde sous-marin*, Paris, Larousse, 1969 ; Claude Riffaud, *La grande aventure des hommes sous la mer*, op. cit.
13. Premier « océanote », Robert Sténuit est un plongeur, spéléologue, archéologue sous-marin et écrivain belge né en 1933. Il participe au programme Man-in-Sea développé par l'industriel américain Edwin Link (1904-1981).
14. Robert Sténuit, *Les jours les plus profonds*, Paris, Plon, 1965, p. 15.
15. Habitat imaginé dès les années 1930 par Robert Davis pour l'entreprise anglaise de travaux sous-marins Siebe Gorman ; voir Raymond Vaissière, op. cit., pp. 112-113.
16. Ben Hellwarth, *Sealab: America's Forgotten Quest to Live and Work on the Ocean Floor*, New York, Simon & Schuster, 2012.
17. Franck Machu, *Un cinéaste nommé Cousteau : une œuvre dans le siècle*, Monaco, Édition du Rocher, 2011.

18. Jacques-Yves Cousteau, *Le monde sans soleil*, Les Requins Associés, 1964 [film].
19. Siegfried Giedion, *La mécanisation au pouvoir*, Paris, Centre Georges Pompidou / CCI, 1980 [1948], p. 587.
20. Reyner Banham, *L'architecture de l'environnement bien tempéré*, op. cit., p. 43.
21. Ibid.
22. Cela sans oublier l'implication de l'architecte dans le réseau ARCHES qui réunit des enseignants, chercheurs et professionnels de ces deux domaines de compétence.
23. Voir les projets développés par l'ingénieur américain Gerard K. O'Neill pour la Nasa au début des années 1970 : « Island One » présenté dans Yann Rocher (dir.), *Globes. Architecture et sciences explorent le monde*, Paris, Norma éditions, 2017, pp. 316-317.
24. Warren Chalk, « Hardware of a new world », *Forum*, 1966, [en ligne] sur le site The Archigram Archival Project, University of Westminster, <http://archigram.westminster.ac.uk/essay.php?id=291>, page consultée le 19 avril 2019.
25. Voir *Archigram Magazine*, n°5, 1964, [en ligne] <http://archigram.westminster.ac.uk/project.php?revID=3085>, page consultée le 19 avril 2019. Nous pouvons relever que l'image du plongeur sera également utilisée dans d'autres projets conceptuels des architectes anglais comme leur « complexe récréatif proposé pour Monte-Carlo », Dominique Rouillard, *Superarchitecture. Le futur de l'architecture 1950-1970*, Paris, Éditions de la Villette, 2004, fig. 245, p. 394.
26. Michel Ragon, *Les cités de l'avenir*, Paris, Éditions Planète, 1966, p. 192.
27. Michel Ragon, *Histoire mondiale de l'architecture et de l'urbanisme modernes*, 3. *Prospective et futurologie*, Paris, Casterman, 1978.
28. Ibid., p. 151.
29. Ibid., p. 157.
30. Ibid., p. 182.
31. Une photo de la maquette de son projet de ferme sous-marine, conçue en 1972, illustre la jaquette du 3^e tome de Michel Ragon, *L'Histoire mondiale de l'architecture et de l'urbanisme modernes*, op. cit., 1978.
32. Jacques Rougerie, « Habiter la mer » [dossier], *L'Architecture d'Aujourd'hui*, n 175, 1974.
33. Jacques Rougerie et Édith Vignes, *Habiter la mer*, Éditions Maritimes & d'Outre-Mer, Paris, 1978.
34. Ibid., p. 183.
35. Que ce soit par Jean-Louis Cohen, *L'architecture au futur depuis 1889*, Paris, Phaidon Press, 2012, ou Dominique Rouillard, *Superarchitecture*, op. cit. D'ailleurs ce relatif désintérêt des publications récentes a été précédé par Ragon dont la seconde édition du troisième volume de son *Histoire de l'architecture et de l'urbanisme modernes* (Paris, Seuil (Points), 2010 [1986]), délaisse la prospective au bénéfice du « post-modernisme » en réduisant drastiquement le nombre de pages consacrées aux architectures de la mer.
36. Soit les projets Man-in-Sea II pour Link, Précontinent III pour Cousteau, Sealab I pour Bond et Glaucus pour le club de plongée anglais.
37. Ces deux experts sont également concepteurs de certaines opérations : James W. Miller a participé aux programmes Sealab-II et III ainsi que Tektite-I et II ; Ian G. Koblick a pour sa part, participé à Tektite-I et II, avant d'assurer la conception de La Chalupa.
38. J.W. Miller et I.G. Koblick, *Living and working in the sea*, op. cit., tabl. p. 383.
39. Ibid., pp. 320-321.
40. Idée rappelée par G.F. Bond dans sa préface de 1981 au livre de Miller et Koblick, op. cit., p. xii.
41. Raymond Vaissière, op. cit., p. 112.
42. Si l'expérience de laboratoire conduite par Bond intervient quelques semaines après les premières expérimentations en pleine mer de Link et Cousteau, il faut noter que ces derniers ont cependant bénéficié de l'expertise scientifique et du soutien de l'expert de l'US Navy.

43. Miller et Koblick, *op. cit.*, pp. 20-21 ; traduction de l'auteur : « Leur chambre sèche était équipée d'une cuisinière électrique, d'un réfrigérateur, de toilettes, de ventilateurs spéciaux pour purifier et brasser l'atmosphère interne, ainsi que de la lecture et une télévision pour éviter l'ennui provoqué par le confinement. »
44. *My little "sea bungalow" has all the modern conveniences: electric light, heating, air conditioning, telephone*, R. Sténuit, cité, *ibid.*, p. 27.
45. *Ibid.*, pp. 33-36.
46. *Ibid.*, p. 36 ; traduction de l'auteur : « C'était la première fois que des êtres humains vivaient réellement au fond des mers avec un tel degré de confort, qu'ils préparaient leurs propres repas et faisaient partie intégrante de l'environnement sous-marin. La maison Étoile de mer était une véritable habitation et la station profonde était la prochaine version de l'abri de survie. »
47. *Ibid.*, p. 42.
48. *Ibid.*, p. 43 ; traduction de l'auteur : « un réfrigérateur, des plaques chauffantes, un four, un garde-manger, une douche, des toilettes, un système à air conditionné ».
49. *Ibid.*, p. 48 ; traduction de l'auteur : « des abris sous-marins de survie avec quelques accessoires et beaucoup de problèmes ».
50. « *The aquanaut enjoyed a lavatory, sinks, a water heater, a toilet, shower, a refrigerator with freezer, and a good air-conditioning system* », *ibid.*, pp. 56-57.
51. Nous reproduisons ainsi la signature utilisée par ce dernier sur plusieurs dessins de Précontinent II, et bien que les archives de Cousteau soient actuellement inaccessibles et non publiables, nous avons pu retrouver une série de documents comprenant des dessins des aménagements intérieurs de Sealab II, réalisés par Jean-Charles Roux.
52. Plus exactement, il s'agit de permettre le dialogue entre Scott Carpenter, présenté comme « astronaut-aquanaut », et l'astronaute Gordon Cooper, en mission dans l'espace ; *ibid.*, p. 58.
53. *Ibid.*, p. 60.
54. J.-Y. Cousteau, *Planète Océan*, vol. 3, Alpha éditions, Paris, 1982, p. 519.
55. *Ibid.*, titre de la page 520.
56. « La construction des maisons, par M. Yves Bousquet – Ingénieur, 23 juillet 1963 », pp. 1-2. Ce document est un compte-rendu de vingt-et-une pages dactylographiées ayant appartenu à André Laban, un des fidèles de la Calypso, et qui assurera la direction de l'Office français de recherches sous-marines (OFR) de 1956 à 1966, une officine créée par Cousteau pour produire la plupart de ses équipements et engins sous-marins.
57. Jacques-Yves Cousteau, *Planète Océan*, *op. cit.*, p. 520. Les descriptions de cet habitat très technique seraient à rapprocher des recherches menées sur d'autres habitats expérimentaux tel l'Autonomous housing project développé par Alexander Pike : Fanny Lopez, *Le rêve d'une déconnexion. De la maison autonome à la cité auto-énergétique*, Paris, Éditions de la Villette, 2014, pp. 195 et seq.
58. L'expérience menée par Cousteau dans des conditions extrêmes a surmonté tous les problèmes techniques qu'elle a pu rencontrer (exemple des dysfonctionnements provoqués par la diffusion de mélanges dans les circuits électroniques, etc.), mais elle a fait apparaître que cette prise de risque pouvait difficilement être assumée par une structure privée en conflit avec les acteurs publics d'une océanographie française en pleine restructuration et, en concurrence, avec de nouveaux acteurs industriels comme la Comex. Voir Franck Machu, *op. cit.*, pp. 153-154.
59. *Ibid.*
60. J.-Y. Cousteau, « L'aventure Précontinent », pilote de la série de télévision *L'Odyssée sous-marine de l'équipe Cousteau*, 1966.
61. J.W. Miller et I.G. Koblick, *op. cit.*, pp. 92 et seq.
62. *Ibid.*, pp. 123-124.
63. Le Benthos 300 est très différent des autres habitats en ce qu'il fonctionne plutôt comme un sous-marin crache-plongeurs capable de reposer sur le fond des mers. Comme son nom l'indique,

ce projet russe de 1966 est conçu pour descendre jusqu'à une profondeur de trois cents mètres ; *ibid.*, pp. 310-313.

64. *Ibid.*, p. 54 ; traduction de l'auteur : « l'utilisation d'habitats sous-marins n'était pas la meilleure approche ».

65. Systèmes composés de « PTC » ou « *Personnel transfer chamber* » et de « DDC » ou « *Deck decompression chamber* » ; *ibid.*, pp. 71 et seq.

66. *Ibid.*, p. 134 ; traduction de l'auteur : « les ingénieurs sous-marins ne pouvaient plus se contenter de ces constructions qui étaient essentiellement des abris de survie ».

67. J. Rougerie et É. Vignes, *op. cit.*, pp. 148-187.

68. J. Rougerie, É. Rougerie, J. Hirou, « Urbanisme et architecture de la mer », dans J. Rougerie, « Habiter la mer » [dossier], *op. cit.*, p. 68.

69. *Ibid.*, p. 71.

70. On peut voir dans cette volonté de créer de nouvelles communautés dans de nouveaux espaces, un mouvement comparable à ce qui s'est passé du côté des communalistes contre-culturels américains séduits par les projets spatiaux du physicien Gerard K. O'Neill : Fred Turner, *Aux sources de l'utopie numérique*, Caen, C&F éditions, 2012 [2006], pp. 207 et seq.

71. J. Rougerie, É. Rougerie, J. Hirou, *op. cit.*, p. 72.

72. J. Rougerie et É. Vignes, *op. cit.*, p. 176.

73. *Ibid.*, p. 179.

74. Chapitre 5, « Habitat Design and Operation » de J. W. Miller et I. G. Koblick, *op. cit.*, p. 141.

75. « *The most common shapes for undersea habitats an pressure vessels are the cylinder and the sphere* », *ibid.*, p. 141.

76. *Ibid.*, p. 155.

77. *Ibid.*, p. 155.

78. Table 9-4. « Summary of Specifications and Operational Data of Undersea Habitats », *ibid.*, pp. 384-394. Dernière maison sous-marine de la période couverte par Miller et Koblick, Galathée n'a pas les honneurs de Neretica, un petit habitat moins innovant mais immergé en mer Rouge la même année.

79. J. Rougerie et É. Vignes, *op. cit.*, p. 178.

80. Entretien avec Jacques Rougerie, 12 sept. 2016.

81. Cela, y compris dans le recours à des références ésotériques, entre contreculture et New Age, qui vont de Goethe à Paul Klee ou Carl Jung en passant par Rudolf Steiner, et qui semble tout à fait conforme aux courants spiritualistes qui ont pu accompagner d'autres pionniers en quête d'espaces à conquérir ; J. Rougerie et É. Vignes, *op. cit.*, pp. 132 et seq., voir aussi Ewen Chardronnet, *Mojave épiphanie. Une histoire secrète du programme spatial américain*, Paris, Inculte/Dernière Marge, 2016.

82. Jean-Louis Chanéac, *Architecture interdite*, Éditions Linteau, Paris, 2005, pp. 66 et 67.

83. J. Rougerie et É. Vignes, *op. cit.*, p. 124 ; introduction du chapitre « Formes vivantes et formes construites ».

84. *Ibid.*, pp. 126-127 ; tandis que l'architecte fait référence à Frei Otto.

85. *Ibid.*, p. 131.

86. *Ibid.*

87. *Ibid.*, p. 137.

88. *Ibid.*, pp. 138-139.

89. R. Banham, *L'architecture de l'environnement bien tempéré*, *op. cit.*, pp. 270-271.

90. Michel Serres, *Hermès V. Le passage du Nord-Ouest*, Paris, Éditions de Minuit, 1980 ; dans cet ouvrage le philosophe annonce : « Je cherche un passage entre la science exacte et les sciences humaines. Ou, à la langue près, ou, au contrôle près, entre nous et le monde », p. 15.

91. J. Rougerie et É. Vignes, *op. cit.*, p. 144.

92. *Ibid.*, pp. 144 et 146.

93. « Il ne faut plus classer ce livre à la rubrique Technologie » est la dernière phrase de *L'Architecture de l'environnement bien tempéré* de R. Banham, *op. cit.*, p. 308.

RÉSUMÉS

Dans cet article, nous analysons un type spécifique et extrême d'espace hyper-conditionné au sein d'un milieu hyper-contraint : les maisons sous la mer conçues et développées au cours des années 1960-1980. Une première partie présente plusieurs programmes d'habitat de cette période, des expérimentations technoscientifiques pionnières de Jacques-Yves Cousteau (1962-1965), aux recherches architecturales de Jacques Rougerie (1977-1982). La deuxième partie montre comment ces habitats subaquatiques soumis à de fortes pressions s'affranchissent progressivement des questions techniques pour développer des solutions plus architecturales. Enfin, la dernière partie, examine les développements d'une véritable architecture subaquatique qui ouvre ces espaces hyper-conditionnés sur le milieu sous-marin pour l'habiter pleinement.

In this article, we analyze a specific and extreme type of hyper-conditioned space in a hyper-constrained environment: the underwater houses designed and developed during the 1960-1980s. The first part presents several programs from this period, pioneering technoscientific experiments by Jacques-Yves Cousteau (1962-1965), and architectural research works by Jacques Rougerie (1977-1982). The second part highlights how these underwater habitats, subjected to strong pressures, will progressively move away from the technical issues to develop more architectural solutions. Finally, the last part examines the developments of a real underwater architecture that opens these hyper-conditioned spaces on the underwater environment to experience it fully.

INDEX

Mots-clés : sociologie de l'architecture, habitat sous-marin, architecture sous-marine, milieux extrêmes, Cousteau, Rougerie

Keywords : sociology of architecture, underwater habitat, underwater architecture, extreme environment, Cousteau, Rougerie

AUTEUR

CHRISTOPHE CAMUS

Sociologue, professeur HDR à l'École nationale supérieure d'architecture de Bretagne, chercheur du Groupe de recherche sur l'invention et l'évolution des formes (GRIEF), coresponsable du Pôle Arts et Création de la Maison des sciences de l'homme en Bretagne (MSHB) et du réseau disruptif sur les architectures extrêmes ARCHES. Il conduit des recherches sur deux thématiques principales : les pratiques des architectes et la conception architecturale pensées à travers les médiations et médias ; les visions et conceptions des futurs de l'architecture, et plus spécifiquement les programmes et projets d'habitats sous-marins des années 1960 à aujourd'hui.

Ces recherches ont donné lieu à diverses publications dont *Mais que fait vraiment l'architecte ?*, Paris, L'Harmattan, 2016, ainsi que de nombreux articles.
christophe.camus@rennes.archi.fr