

Bienvenue à bord du SAGA !



*Les Compagnons
du SAGA*

Sommaire

Premiers pas...

1. Intérêt du SAGA pour les élèves
2. Objectifs de la découverte du SAGA
3. Présentation rapide de la découverte
4. Orientations bibliographiques

Avant la rencontre...

1. Historique de la construction sous-marine
2. Marseille, berceau de la plongée
3. Cousteau et l'aventure Mousquemers

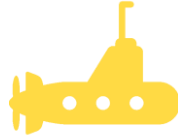
La rencontre...

1. La naissance du SAGA
2. Fonctionnement du SAGA
3. Innovations du SAGA
4. La renaissance du SAGA
5. Questions des élèves
6. L'exposition photo

Pour aller plus loin...

1. Pistes de prolongement
2. Lexique
3. Crédits





1. INTÉRÊT DU S.A.G.A. POUR LES ÉLÈVES

Trop peu étudiée, l'œuvre de Jules Verne, *20 000 lieues sous les mers*, est une œuvre qui mérite d'être redécouverte par l'enseignement. Proposant aux lecteurs un récit au croisement du fantastique et du scientifique, nul doute qu'elle saurait captiver les élèves d'aujourd'hui, continuellement en quête d'inédit. Sa dimension didactique offre aussi aux enseignants un panorama d'études et de questionnements riches, propres à être développés en classe.

Cependant, sans connaissances spécifiques sur l'exploration sous-marine, *20 000 lieues sous les mers* devient vite une œuvre déconcertante. C'est pourquoi, nous vous proposons ce parcours de découverte pédagogique.

Vous pourrez faire découvrir ce qu'était un sous-marin durant l'Antiquité, et son évolution jusqu'à nos jours. **Au travers de l'exemple du SAGA, l'élève apprendra tous les secrets de fonctionnement du sous-marin.** Il découvrira également un morceau de l'histoire de Marseille.

L'élève entrera ainsi de plein pied dans l'univers de l'exploration sous-marine, ce qui lui permettra d'appréhender plus nettement l'œuvre de Jules Verne. **Le SAGA concrétisera pour eux le Nautilus du Capitaine Nemo** : tous deux ont une histoire empreinte de mystères et tous deux sont des vaisseaux uniques au monde...

Grâce à ce parcours pédagogique, vous ferez découvrir à vos élèves un élément du patrimoine régional, et vous transformerez leur vision du sous-marin : il ne s'agira plus seulement d'un navire militaire, mais aussi d'un outil de découvertes scientifiques.

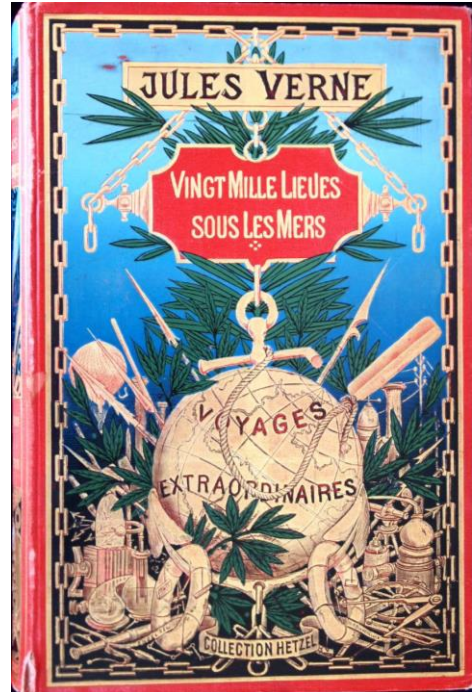


Le Saga

1. L'INTÉRÊT DU S.A.G.A...

Oui mais, les programmes scolaires ?

Que ce soit **au primaire**, où elles peuvent faire l'objet d'un parcours de lecture, ou **au collège** en cours de français, les entrées d'étude de *20 000 lieues sous les mers* sont nombreuses. Pour ne citer que quelques exemples, **en classe de cinquième**, l'enseignant doit aborder la thématique « se chercher se construire » au moyen du **questionnement « le voyage et l'aventure : pourquoi aller vers l'inconnu ? »**. Ce dernier, selon les pistes proposées par le ministère de l'Éducation, peut s'étudier au travers d'un corpus intitulé « à la rencontre des extrémités du monde ». Or, *20 000 lieues sous les Mers* aborde la découverte des profondeurs marines, et le récit d'hommes réalisant un tour du monde sous-marin... De même, **en classe de troisième**, les questionnements complémentaires proposent **une entrée « progrès et rêves scientifiques »**. Dans ce contexte, il est possible d'imaginer une séquence de français axée sur *20 000 lieues sous les mers* et les visions fantasmées du sous-marin.



Durant le cycle 3, des adaptations de l'œuvre originale permettent aux professeurs des écoles d'imaginer **une lecture cursive du roman, comme « récit d'aventures pas comme les autres »**. À l'école, la littérature est souvent le lieu de découvertes et d'ouvertures au monde : nul doute que le S.A.G.A. y trouvera une place.

Les sujets abordés dans ce livret sont :

- **La littérature** (Jules Verne, *20 000 lieues sous les mers*) ;
- **L'histoire** (la cloche de plongée, les scaphandres, l'histoire du port de Marseille) ;
- **Les sciences** (le SAGA, la Comex) ;
- **Le cinéma** (Cousteau, les films des *Mousquemos*).



2. OBJECTIFS DE LA DÉCOUVERTE DU SAGA

Cette approche du sous-marin SAGA a pour objectif de **développer les connaissances de l'élève sur la construction sous-marine**. Ce développement passera par **l'acquisition d'un nouveau vocabulaire**, par la découverte de l'évolution des constructions sous-marines, ainsi que par celle de leur fonctionnement.

Cette étude permettra à l'élève d'appréhender au mieux le roman de Jules Vernes, *20 000 lieues sous les Mers*. En effet, ils disposeront alors des connaissances nécessaires pour comprendre le fonctionnement du Nautilus, et seront capables de situer l'œuvre littéraire dans un panorama historique de découvertes scientifiques et subaquatiques.

3. PRÉSENTATION RAPIDE DE LA DÉCOUVERTE

Ce dossier pédagogique est conçu dans le but de faciliter la découverte du SAGA et de permettre aux élèves de mieux comprendre son inscription dans l'évolution des constructions sous-marines.

Il comprend :

- **Un dossier « élève »** avec des questions pour tester ses connaissances ;
- **Un dossier « correction »**, avec les réponses aux questions de la plaquette « élève » ;
- **Un dossier « enseignant »** avec des informations supplémentaires et des conseils.

La partie « Avant la visite » dessine un panorama historique de la création du sous-marin, et plus précisément du SAGA. Nous vous conseillons d'en prendre connaissance. Elle vous permettra de répondre aux diverses questions que pourront se poser vos élèves. Vous êtes ensuite libres d'évoquer ce panorama avec votre classe, ou non. Ce parcours pédagogique s'adresse autant à des élèves qui ne disposent pas de connaissances sur l'histoire et le fonctionnement des sous-marins, qu'à des élèves qui en ont déjà eu un aperçu. Il s'agit d'un parcours découverte, et nous reviendrons sur certains points avec les élèves lors de notre rencontre si le besoin s'en fait sentir.

Si vous souhaitez que vos élèves disposent de clés de compréhension dès notre rencontre, nous vous conseillons de leur présenter un diaporama retraçant l'évolution du sous-marin de l'Antiquité à nos jours. Nous vous recommandons aussi d'évoquer brièvement la personnalité de Cousteau et l'entité de la Comex, qui ont joué un rôle dans la création du SAGA. Sachez que vous pouvez décider de n'étudier cette approche historique qu'après notre rencontre. Toute construction pour l'avenir s'effectue avec des pierres de passé : le SAGA en est un exemple, lui qui cristallise l'histoire du sous-marin.

La partie « La rencontre » retrace la majorité des informations que les Compagnons délivreront aux élèves, lors de leur intervention. Nous l'avons intégrée à cette plaquette afin de vous donner un aperçu de ce qui sera évoqué.



4. ORIENTATIONS BIBLIOGRAPHIQUES

Adaptations de 20 000 lieues sous les Mers

Nous vous conseillons deux adaptations pour l'étude de l'œuvre avec vos élèves. La première adaptation est une réécriture pour un public de six à neuf ans. La seconde est un abrégé, à partir de neuf ans.

- VERNE J. & BOULANGER F., *Vingt mille lieues sous les mers*, La Bagnole (2014).
- VERNE J., *Vingt mille lieues sous les mers*, Fleurus, collection Mes Grands Classiques (2015).

Le SAGA

La construction sous-marine

Cousteau



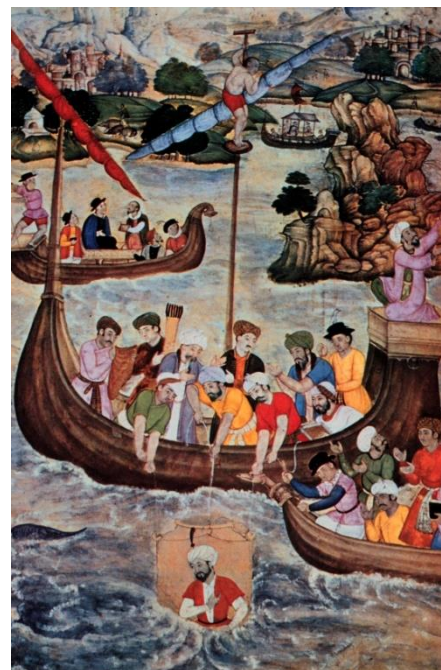
ÉTAPE 1 : HISTORIQUE DE LA CONSTRUCTION SOUS-MARINE

De la légende « d'une machine pour aller sous l'eau »

En 325 avant J.-C., le roi macédonien Alexandre le Grand serait resté quelques heures dans un tonneau avec une vitre au fond, lui permettant d'observer la faune marine. Cette expérience fut relatée par Aristote lui-même. Elle montre que, dans l'Antiquité déjà, l'exploration des fonds marins était une préoccupation des hommes.

Cependant, jusqu'à la Renaissance, l'attention des hommes ne se focalisait que sur la conquête des mers au moyen de bateaux de surface. Durant tout cette période les sous-marins ne connurent donc aucune amélioration.

Alexandre le Grand (peinture du 16^e siècle)



... à la cloche de plongée

Au 16^e siècle, le mathématicien et ancien canonnier William Bourne conçoit un sous-marin en bois, recouvert de cuir étanche, se propulsant par rames, avec un système d'immersion à vis et leviers s'appuyant sur les théories d'Archimède. En 1620, Cornelis Drebbel reprend le projet et le porte à terme : le mécanicien hollandais construit deux sous-marins. Drebbel propose, pour régénérer l'air des sous-marins, un système chimique : la chaux vive, une fois dispersée au fond du bateau, absorberait le CO₂ de l'air.



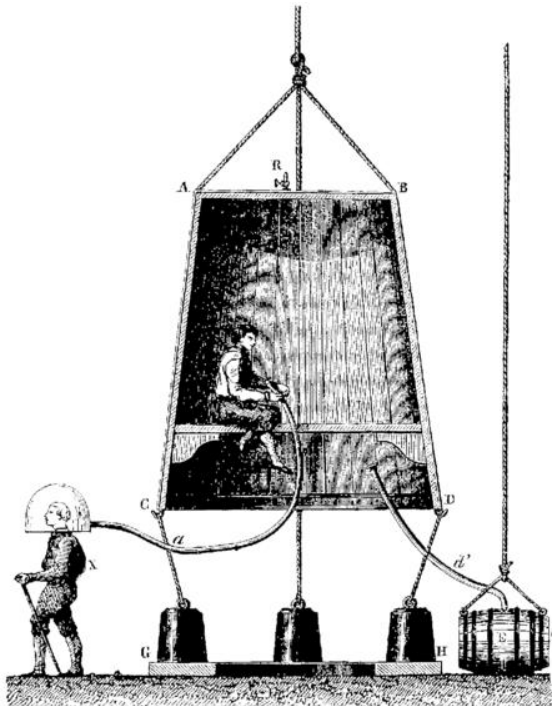
Le sous-marin de Drebbel, dans la Tamise. Il a été commandé par le roi d'Angleterre, Jacques I^{er}, pour servir sa guerre contre la France : il souhaitait utiliser le sous-marin pour faire sauter la digue de la Rochelle.

ÉTAPE 1 : HISTORIQUE...

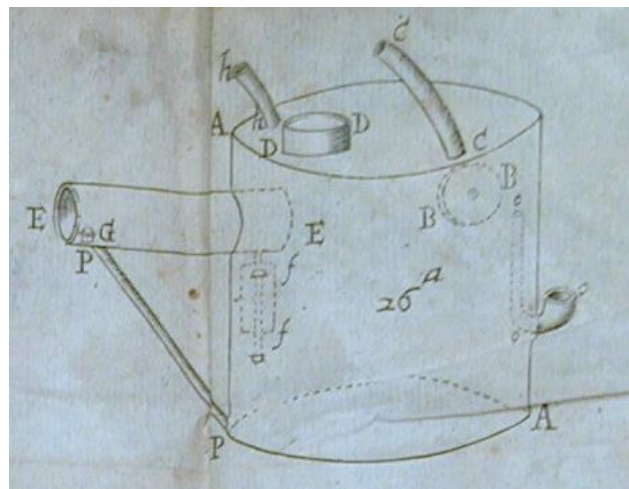
Au 17^e siècle, le prêtre italien Alfonso Borelli s'intéresse lui aussi aux systèmes d'air pour approvisionner les sous-marins. Ses nombreux dessins présentent un système d'outres officiant comme réserves d'air, ainsi qu'un système d'outres permettant l'immersion au sous-marin. Il est l'auteur d'un traité complet, dans lequel il explique comment construire son sous-marin. On ne sait toutefois pas si ce système a fonctionné.

Au début du 18^e siècle, l'ingénieur britannique Edmond Halley crée la cloche de plongée, une cloche alimentée en air frais au moyen de barils lestés, descendus de bateaux de surface. Les plongeurs peuvent sortir de la cloche en respirant par un tuyau relié à la cloche. Halley lui-même teste sa cloche de plongée, qui est ensuite utilisée pour récupérer des épaves. Les travaux d'Halley auraient été inspirés par ceux de l'inventeur français Denis Papin.

La cloche à plongeur d'Edmond Halley (1720)



« L'Urinator » de Denis Papin (1692)



L'apparition des sous-marins militaires

Le premier « véritable » sous-marin militaire serait le *Turtle* de l'américain Buschnell, construit en 1775. Ce sous-marin évoluait avec deux hélices de propulsion à manivelles et était immergé grâce à des ballasts activés manuellement. Conçu pendant la guerre d'indépendance des États-Unis, le *Turtle* disposait d'une pointe à son sommet pour percer les coques des bateaux ennemis et y déposer des mines.

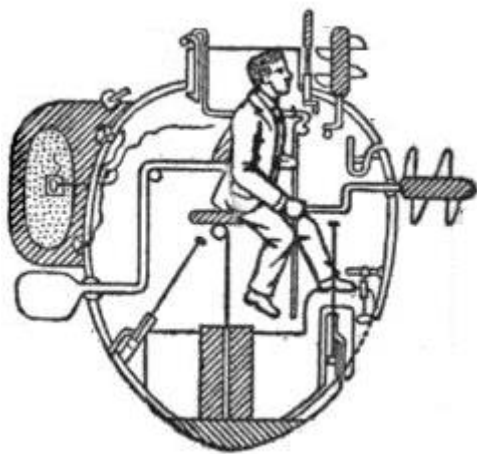


ÉTAPE 1 : HISTORIQUE...

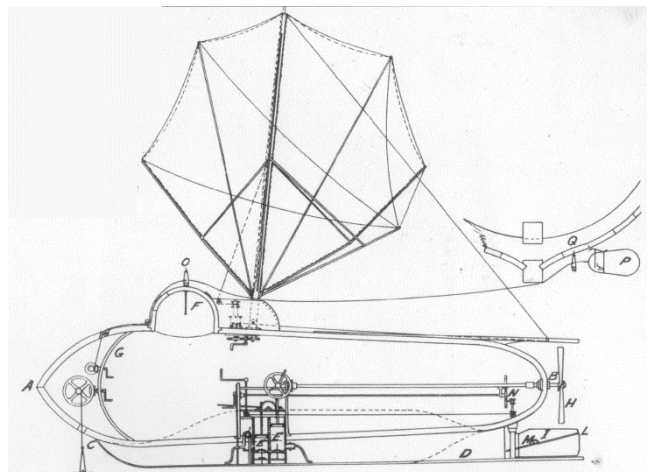
En 1800, c'est-à-dire 70 ans avant la parution de *20 000 lieues sous les mers*, l'ingénieur américain Fulton propose un sous-marin nommé *Nautilus* au Directoire, alors gouvernement de la France. Ce sous-marin, qui se propulse au moyen d'une voile et s'immerge par la force humaine, réalise des essais concluants. Il est néanmoins refusé par Napoléon, puis par l'armée d'Angleterre.

Aussi, le premier sous-marin militaire réellement opérationnel est le *Gymnote*, construit en 1888. C'est un sous-marin-torpilleur nécessitant un équipage faible, et doté d'un moteur et d'un périscope-gyroscope électriques : une première.

L'info en plus : en 1939, la Marine Française était la plus grosse flotte sous-marine du monde. Elle perdit toutefois ce titre pendant la seconde guerre mondiale, au profit des allemands, qui construisaient alors jusqu'à cinq sous-marins par mois.

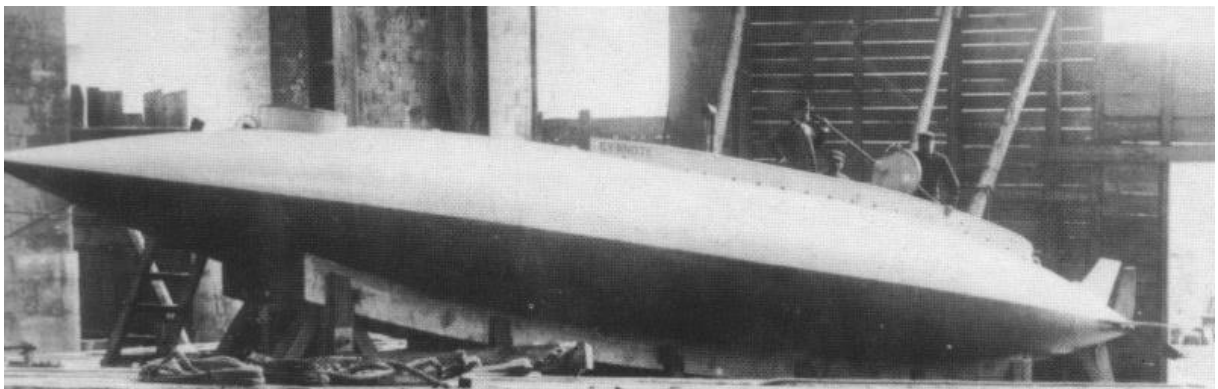


Le Turtle



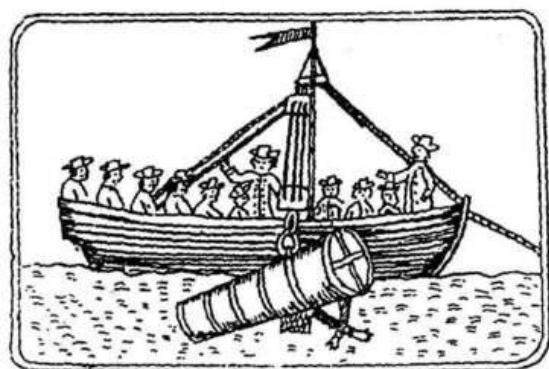
Le Nautilus

Le Gymnote, en 1889



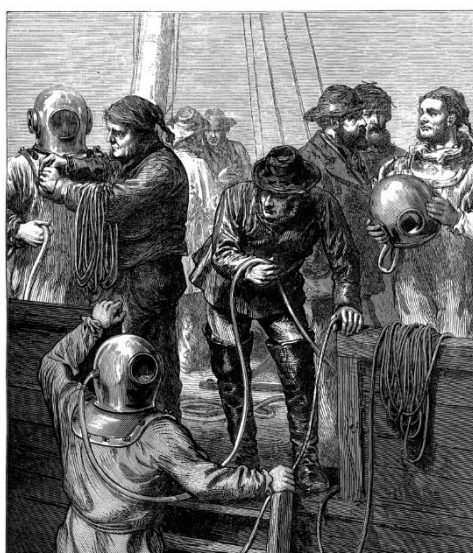
ÉTAPE 1 : HISTORIQUE...

Les scaphandres



En 1715, l'anglais John Lethbridge invente un *tonneau à bras* : le plongeur entrait dans un tonneau étanche et lesté, les bras sortant par des écoutilles. Lorsque Lethbridge sentait qu'il ne disposait plus d'assez d'air oxygéné dans le tonneau, il tirait sur une corde, et un navire de surface le remontait pour renouveler l'air. L'inventeur et plongeur émérite fit fortune grâce à ce système. Il fut notamment contacté par la chambre de commerce de Marseille pour récupérer des piastres dans un bateau coulé au large de la ville.

Simultanément, le Chevalier Pierre-Rémy de Beauve invente un costume à casque. Ce costume, dont une réplique est visible au musée Dumas de Sanary sur Mer, était alimenté en air via deux tuyaux reliés à des soufflets de forge en surface. Le français Freminet l'améliore ensuite en 1771 : il réalise un système de libre circulation de l'air qui lui permet une semi-autonomie, et ajoute des semelles de plombs.



Ce sont Siebe et Gorban qui réalisent ce qui peut être considéré comme le premier scaphandre à pieds lourds. Ce dernier était alimenté en air par pompage de l'air de surface. Avec ce scaphandre, l'ingénieur britannique Sparthley récupéra les cent canons du Royal George, qui avait coulé à l'entrée du port de Portsmouth.

Les français Rouquayrol et Denayrouze inventèrent, quant à eux, le « régulateur d'écoulement des gaz comprimés », aujourd'hui connu sous le nom de « détendeur ». Le scaphandre composé de ce système fut présenté à l'Exposition Universelle de 1867.

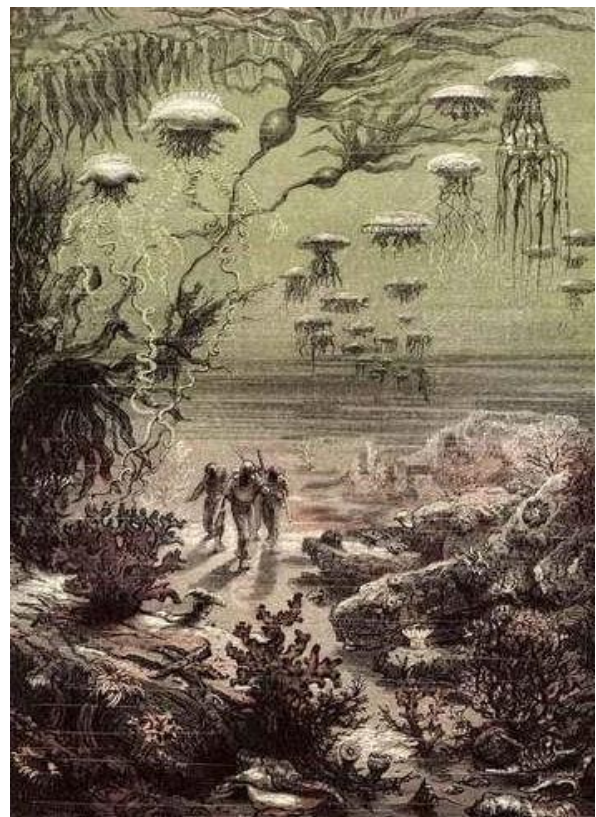
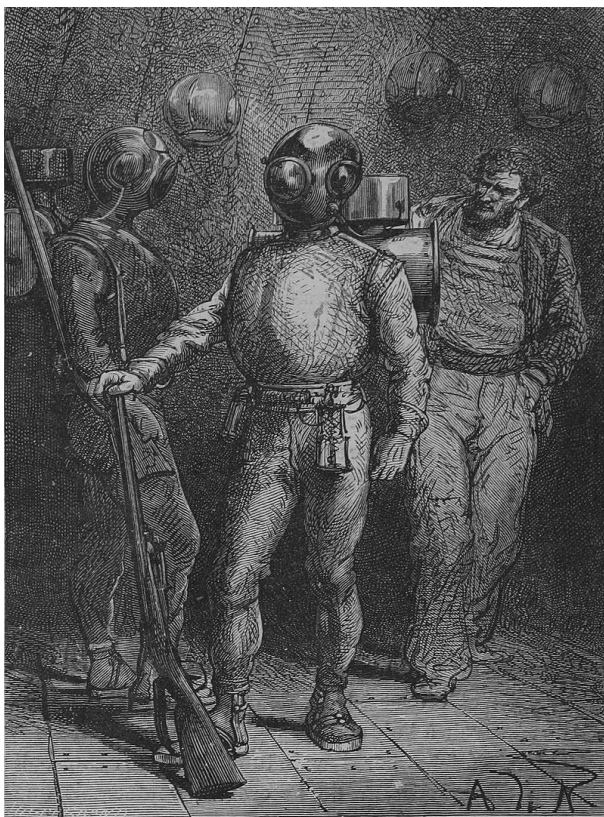
ÉTAPE 1 : HISTORIQUE...

Jules Verne et l'Exposition Universelle

Selon Michel Meurger, spécialiste de l'imaginaire scientifique et technologique interrogé par la Cité des Sciences, l'Exposition Universelle de Paris de 1857 aurait fortement influencé Jules Verne.

Les Parisiens d'alors pouvaient y admirer un aquarium géant : ce dernier inspira sûrement l'auteur pour l'immense hublot du Nautilus, qui permet aux héros de regarder le monde marin.

La société Rouquayrol-Denayrouze effectuait aussi, à l'Exposition, des démonstrations en piscine de leur scaphandre phare. Verne l'utilisa pour celui du capitaine Nemo. Au chapitre XV le capitaine cite les deux concepteurs pour expliquer quel scaphandre autonome il utilise lors de ses explorations : « l'appareil Rouquayrol-Denayrouze, imaginé par deux de vos compatriotes, mais que j'ai perfectionné pour mon usage ». En effet, le capitaine s'étant juré « de ne vivre que dans et de la mer », il lui fallait un équipement pour chasser, cueillir, réaliser des fouilles archéologiques... et donc se déplacer de façon autonome. Néanmoins, Verne extrapola les capacités du révolutionnaire scaphandre autonome de Rouquayrol et Denayrouze, breveté en 1864 : 10 heures d'autonomie au lieu de 30 minutes, une profondeur de 300 mètres au lieu de 10 mètres... Notons qu'il fallut attendre un siècle avant que les performances des scaphandres atteignent véritablement celles de l'appareil de Nemo !



Scaphandres autonomes imaginés par Jules Verne et son illustrateur Alphonse de Neuville pour l'édition illustrée de 20 000 lieues sous les mers du 16 novembre 1871.



ÉTAPE 2 : MARSEILLE, BERCEAU DE LA PLONGÉE

Marseille et le quartier de l'Estaque

Marseille est considérée comme le berceau de l'histoire de la plongée. Cette commune rassemble plusieurs grandes structures impliquées dans l'exploration des fonds marins (la Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins (FFESSM), l'Institut National de Plongée Professionnelle (INPP) et la Comex). Elle est le second pôle de plaisance européen après Chichester au Royaume-Uni, et elle ne réunit pas moins de 14 ports de plaisance !

Autrefois quartier de pêcheurs traditionnels (on pouvait notamment y trouver une teinturerie de filets de pêche), l'Estaque est frappé au début du 20^e siècle par la crise économique et l'industrialisation de la pêche. Cependant, dans les années 1960, Jacques Cousteau et son Centre d'études marines avancées (CEMA) choisissent d'installer une base sous-marine à l'Estaque. Ils la nomment « Centre hyperbare » et la consacrent à la recherche scientifique. Ils y conçoivent de petits sous-marins civils destinés à l'exploration océanographique, tels que l'*Argyronète*.

Aujourd'hui, le sous-marin SAGA est entreposé dans un hangar du Port de l'Estaque. Le quartier est resté le siège de nombreuses associations culturelles et maritimes. Le ministère de la Culture y a notamment installé le siège de son Département des recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines (DRASSM).

La Comex

La Compagnie Maritime d'Expertises (Comex) est fondée à Marseille, en 1961, par Henry Germain Delauze. C'est une industrie pionnière en matière de plongée profonde, et la première société mondiale d'ingénierie, de technologie et d'interventions sous-marines humaines et robotisées. Elle fonde son expertise sur l'innovation et la recherche.



La Comex se met d'abord au service de l'industrie pétrolière et de l'*offshore*, puis se concentre progressivement sur l'ingénierie hyperbare et le service sous la mer. Elle possède des sociétés reconnues à l'international. Au-delà de son cœur de métier, elle travaille également dans les secteurs de la robotique et de l'intelligence artificielle.

Toutes les équipes de la Comex mènent des projets ambitieux dans les domaines industriel, spatial, médical, militaire et scientifique. Des missions leur sont confiées par des clients et partenaires publics ou privés, à terre, en mer ou en profondeur.

En 1972, la Comex rachète à l'Institut Français du Pétrole la coque de l'*Argyronète*, à partir de laquelle a été construit le SAGA. Ce dernier est inauguré en 1987. Cependant, rapidement, la Comex n'a plus les moyens d'assurer le coût financier et logistique pour le lancer sur de longues missions. Le sous-marin est finalement entreposé à l'Estaque en 1990.



ÉTAPE 2 : MARSEILLE...

Les dates marseillaises qui ont compté dans l'histoire de la plongée

- 1934** : Georges Beuchat crée l'une des premières sociétés de fabrication de matériel sous-marin.
- 1948** : Création de la *Fédération des Sociétés de Pêche à la Nage*. C'est l'une des premières fédérations de plongée du monde. Elle deviendra en 1955 la *Fédération Française d'Études et de Sports Sous-Marins* (FFESSM).
- 1952** : Fouilles d'épaves romaines au large de l'archipel de Riou. Elles sont menées par le Commandant Cousteau à bord de *La Calypso*.
- 1961** : Fondation par Henri Delauze de la *Compagnie Maritime d'Expertise* (Comex).
- 1962** : Opération Diogène (Précontinent I). Albert Falco et Claude Wesly sont les premiers hommes à vivre pendant 7 jours par 10 mètres de fond, dans une Maison sous la mer créée par le Commandant Cousteau.
- 1964** : Renflouement de quatre canons napoléoniens du cap Morgiou par Albert Falco. Les canons sont aujourd'hui exposés aux jardins du *Club de la Mer* de Sormiou.
- 1987** : Le SAGA est baptisé à Marseille.
- 1991** : Découverte par Henri Cosquer, d'une grotte dans la calanque de la Triperie, au cap Morgiou. Les murs sont ornés de peintures et gravures datant de 27 000 ans avant J.-C.
- 1992** : Record de plongée en caisson. Le scaphandrier marseillais Théo Mavrostomos descend, pour la Comex, à -701 mètres.
- 2000** : Découverte par Luc Vanrell (plongeur professionnel marseillais), de l'épave de l'avion P38 Lightning de Saint-Exupéry.



La « Calypso » ancrée à Marseille.



ÉTAPE 3 : COUSTEAU ET L'AVENTURE MOUSQUEMERS

Jacques-Yves Cousteau

Jacques-Yves Cousteau, dit le « Commandant Cousteau », est né le 11 juin 1910 à Saint-André-de-Cubzac. Il est mort le 25 juin 1997 à Paris. Jacques-Yves Cousteau était un officier de la Marine nationale et un explorateur océanographique. Il est célèbre pour avoir participé à améliorer le scaphandre autonome, avec Émile Gagnan.

Dans la seconde moitié du 20^e siècle, cet amoureux de la mer fit découvrir ses explorations sous-marines par des films et des documentaires télévisés. Il fut ainsi l'une des grandes figures de la fin du 20^e siècle.



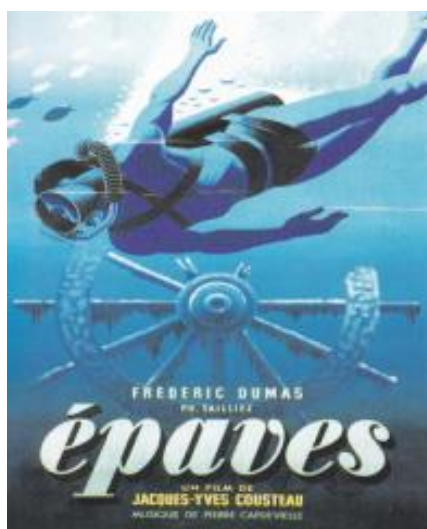
L'aventure « Mousquemers »

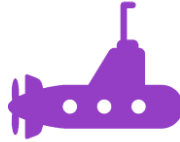
Philippe Tailliez, l'un des pionniers de la plongée sous-marine de loisirs, rencontre Jacques-Yves Cousteau en 1937, puis Frédéric Dumas en 1938. À ce trio s'ajoute l'officier ingénieur mécanicien Léon Vêche. Ensemble, ces passionnés forment les « Mousquemers ». Ils sont à l'origine des premiers films sur le thème de la plongée sous-marine.

1942 : *Par dix-huit mètres de fond.* Premier film réalisé par Cousteau, avec Tailliez et Dumas. Le film porte sur la chasse sous-marine en mer Méditerranée.

1943 : *Épaves.* Film sur les fonds marins tourné avec le scaphandre autonome de Cousteau et Gagnan. On y retrouve les Mousquemers et Roger Garry.

1956 : *Le monde du silence.* Film sur les explorations sous-marines du Calypso entre 1954 et 1955. Il a remporté l'Oscar du meilleur film documentaire.





ÉTAPE 1 : LA NAISSANCE DU SAGA

La genèse : les Maisons sous la Mer et les Maisons sur la Mer

En 1960, la France s'intéresse de près au développement de l'exploitation pétrolière. Afin d'y prendre part, deux projets sont étudiés : les maisons sous la Mer du Commandant Cousteau, et les maisons sur la mer d'Henri Delauze.

Jacques-Yves Cousteau, explorateur océanographique, s'interroge sur la construction de villes sous la mer. Il mène, de 1962 à 1965, trois expériences de Maisons sous la Mer.

La première mission est initiée en 1962 par l'installation d'un cylindre aménagé à 10 mètres de profondeur, au large de Marseille. Le cylindre (5 mètres de long, 2,5 mètres de diamètre) est nommé *Diogène*, et servira de logement et de laboratoire pour deux « océanauts ». C'est le début de l'expérience *Précontinent 1* : deux plongeurs du *Calypso* de Cousteau (Albert Falco et Claude Wesly) s'immergent et vont travailler, étudier la faune et vivre sous l'eau pendant une semaine.

Suite au succès de *Précontinent 1*, Cousteau et son équipe conçoivent un projet encore plus ambitieux : l'opération *Précontinent 2* naît en 1963. Cette fois, il ne s'agit plus d'un simple cylindre, mais bien d'un véritable village construit sous la mer. Une maison principale, nommée « Étoile de Mer » en raison de sa forme, ainsi que d'autres bâtiments, se trouvent à 10 mètres de profondeur. Une station profonde est installée 15 mètres plus bas : deux océanauts y vivront pendant une semaine, tandis que six autres resteront pendant un mois sur la base principale.

Mais l'équipe ne se contente pas de ce deuxième succès et développe l'opération *Précontinent 3*. Cette mission signe le retour de l'équipe dans les eaux françaises : *Précontinent 3* verra le jour en 1965 au large de Nice. Une sphère en acier d'environ 6 mètres de diamètre est descendue à 110 mètres de profondeur. 6 océanauts y cohabiteront pendant trois semaines, sortant chaque jour pour travailler sur un puits de pétrole factice.



Précontinent 3, à Nice



ÉTAPE 1 : LA NAISSANCE...



En parallèle, en 1962, Henri Delauze crée la Compagnie Maritime d'Expertises, COMEX. Il se positionne sur le projet Maisons sur la Mer.

Henri Delauze

La compagnie développe un système de caissons, où règne la pression du fond marin, avec une tourelle descendant les plongeurs en mer. Le système, similaire à un ascenseur, procure aux plongeurs une remontée lente, adaptée aux temps de décompression, garantissant ainsi leur sécurité. La Comex invente le premier caisson hyperbare en 1964, et réalise la première plongée industrielle, à 160 mètres, en 1969. Grâce à ce système la Comex détient le record du monde de profondeur : en 1992, soit 30 ans après le début du projet, le plongeur Théo Mavrostomos descend à 701 mètres.

Cependant, ces maisons sur/sous la mer nécessitaient une logistique trop importante pour l'exploitation pétrolière. Il fallut donc inventer des maisons sous la mer autonomes et propulsées, des « crache-plongeurs ». Celles-ci alliaient un espace où les plongeurs pouvaient vivre à saturation – comme dans une maison sous la mer – et un espace pour un équipage à pression atmosphérique – comme dans un sous-marin classique.



1992 : Mavrostomos descend à 701 mètres



L'entrée de la Comex aujourd'hui



ÉTAPE 1 : LA NAISSANCE...

L'Argyronète

En 1967, le commandant Cousteau rencontre Ed Link aux États-Unis. À la suite de leur entrevue, l'océanographe français décide de construire une maison sous la mer autonome et propulsée. Avec l'aide de son ingénieur Jean Mollard, Cousteau dessine ce sous-marin révolutionnaire. Ils l'intitulent alors *l'Argyronète*, en référence à une petite araignée d'eau. Des idées sont couchées sur papier : Cousteau conçoit *l'Argyronète* de la taille de la plus grande baleine existante, et l'imagine avec un moteur diesel et prise d'air par retour à la surface. C'est certain : cet habitat sous-marin servira à effectuer des missions longues en eaux profondes ! La coque de *l'Argyronète* est fabriquée dans les industries *Neyrpic*, à Grenoble, puis est transportée en camion jusqu'au centre hyperbare de Cousteau, à Marseille. Mais en 1970, *l'Argyronète* reçoit un coup fatal : faute de financements et de soutien de la part du gouvernement, la construction est interrompue. Cousteau se tourne vers d'autres horizons, et la coque du sous-marin, coque creuse et solitaire, est stockée dans un hangar de l'Estaque. Elle commence à prendre la poussière.



Livraison de la coque de l'Argyronète

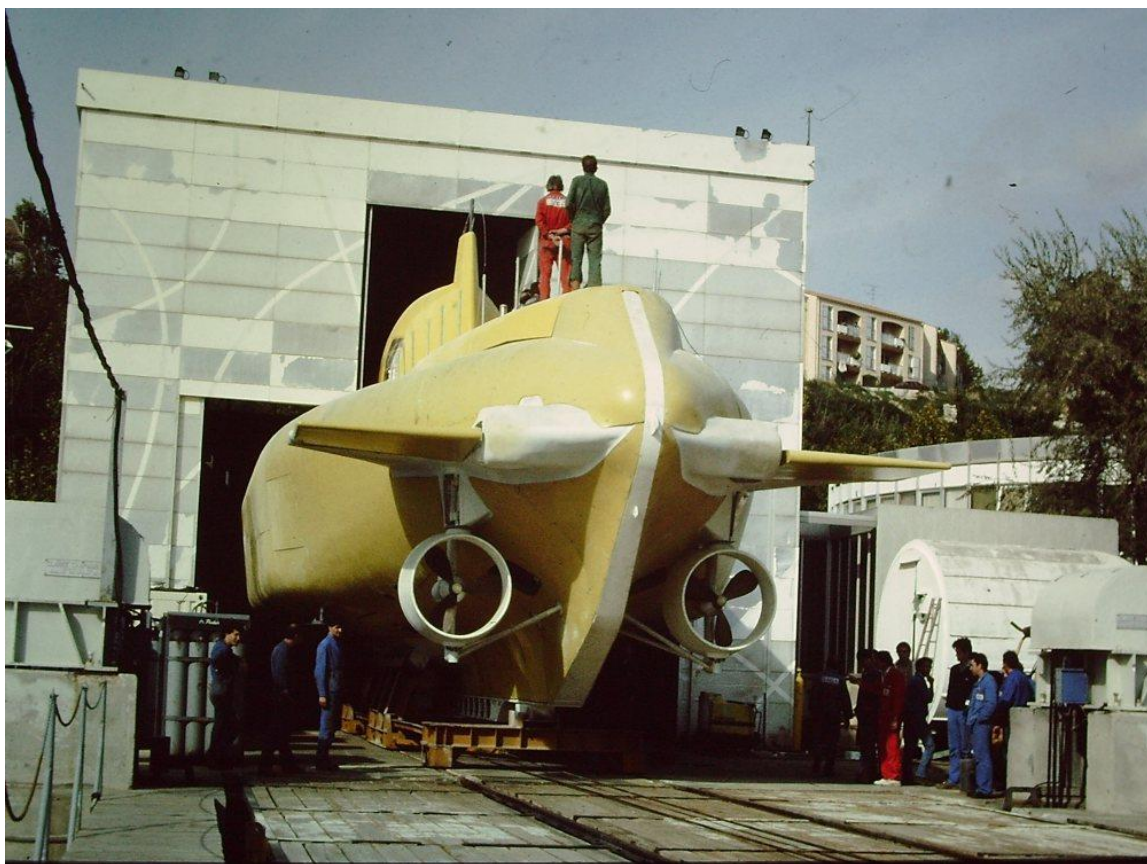


ÉTAPE 1 : LA NAISSANCE...

Le SAGA

Mais l'*Argyronète* ne reste pas dans l'oubli : en 1983, la Comex et l'IFREMER entreprennent de racheter le projet, et la fameuse coque. Les deux entreprises souhaitent répondre à une des problématiques de l'exploitation pétrolière : les aléas météorologiques. Pour elles, une seule solution : les sous-marins, qui sont autonomes et propulsés. Ainsi naît le projet SAGA : le Sous-marin d'Assistance à Grande Autonomie. La tâche est ambitieuse mais la construction s'achève en 1987 : le SAGA est enfin inauguré. Un projet de moteur nucléaire se développe avec une société canadienne. Il s'agirait d'affranchir définitivement le SAGA du bateau de surface, et d'ainsi lui permettre la circulation – et la recherche de pétrole – sous la banquise. Le SAGA réalise sa première plongée en 1988, à 70 mètres de profondeur. Un an plus tard, il réalise 17 jours de saturation par 185 mètres de profondeur, au large de Monaco.

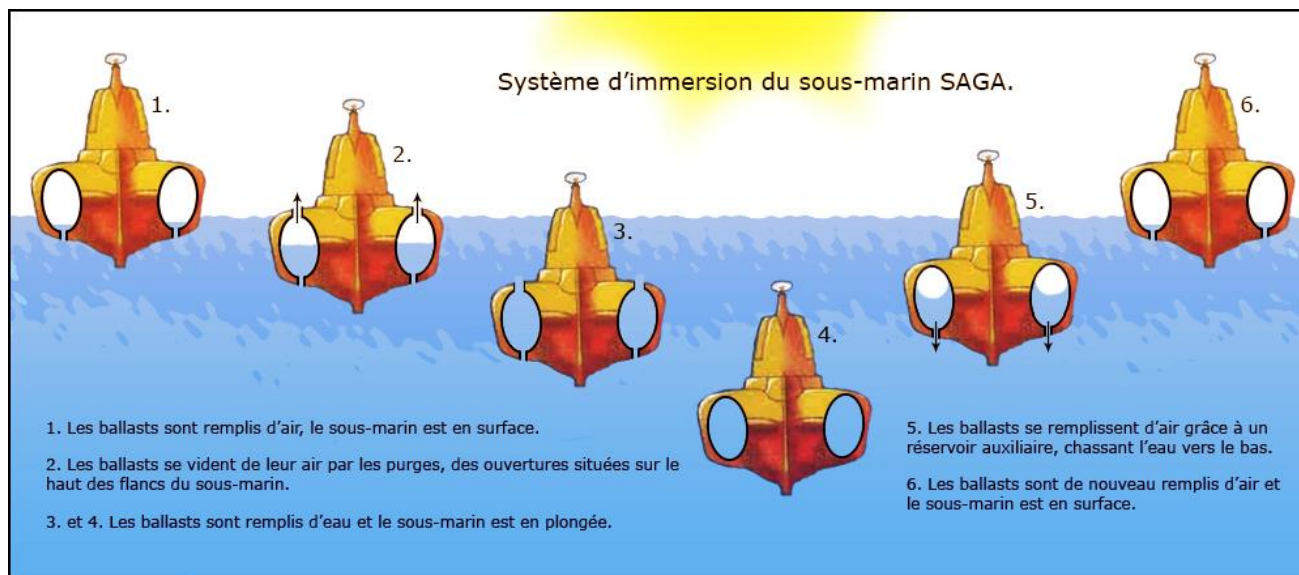
La Comex et l'IFREMER mettent ensuite le sous-marin à disposition pour des travaux touchant l'*offshore* pétrolier, la recherche scientifique, ou des missions d'intérêt général telles que l'intervention sur épave ou la prévention de la pollution marine. Étant autonome et propulsé, le SAGA est bien affranchi des conditions météorologiques en surface : il est ainsi adapté pour l'observation de l'environnement marin, les recherches archéologiques et les interventions d'urgence sur des puits de pétrole.



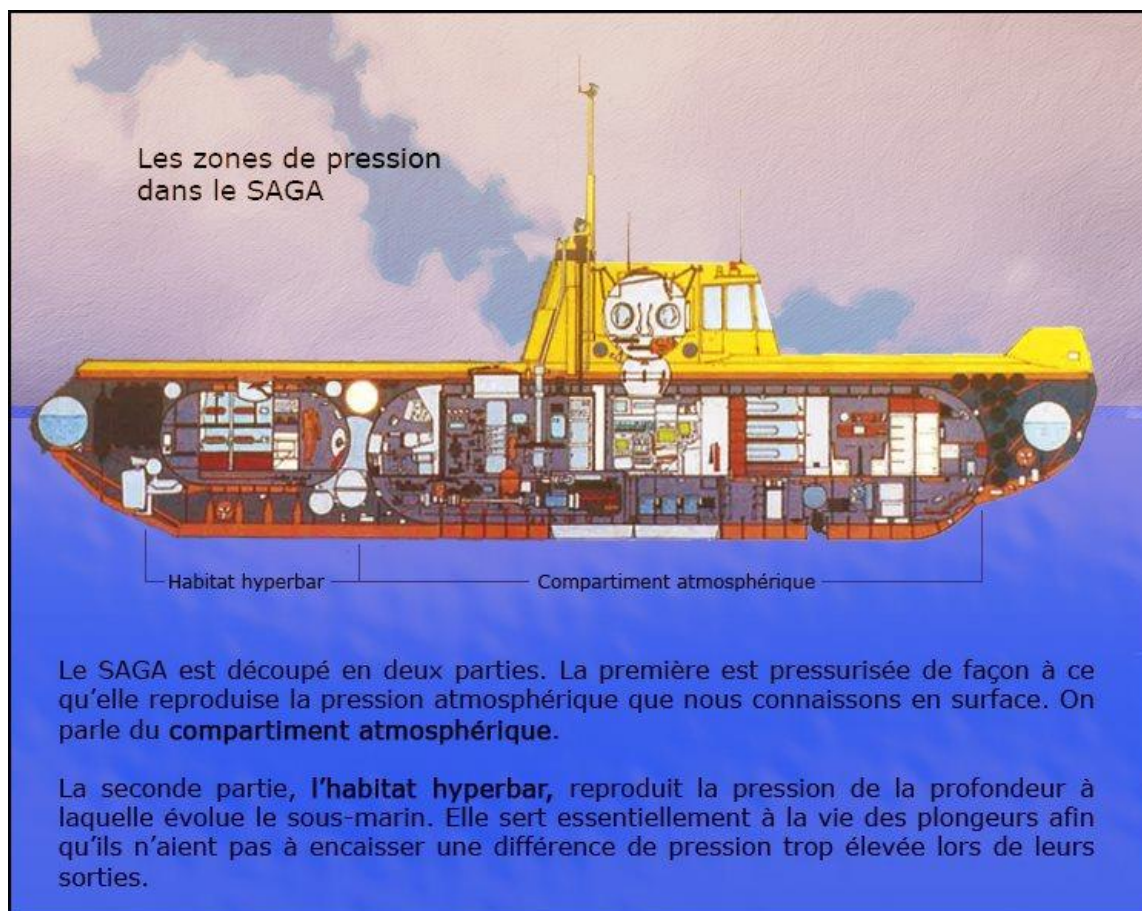
Lancement du SAGA, en octobre 1987

ÉTAPE 2 : LE FONCTIONNEMENT DU SAGA

Le système d'immersion du sous-marin



Les zones de pression dans le sous-marin





ÉTAPE 2 : LE FONCTIONNEMENT...

Les données techniques

Principaux paramètres

Il s'agit du plus grand sous-marin civil jamais construit.

- Longueur : 28,06 mètres
- Largeur : 7,40 mètres
- Hauteur (hors antennes) : 8,50 mètres
- Masse en surface : 303 tonnes
- Masse en plongée : 545 tonnes
- Vitesse : 4 nœuds (7.4 km/h)
- Capteurs hydrophones à l'avant, reliés à un ordinateur de bord

Générateurs de puissance

- En surface : 1 moteur diesel HISPANO-SUIZA 175 kW
- En immersion : 2 moteurs STIRLING 2 x 75 kW (moteurs à combustion externe)

Stockage de gaz et d'énergie

- Combustible : 7 500 litres
- Stockage cryogénique de l'oxygène : 6 500 kg
- Air, gaz de plongée et oxygène : 5 600 Nm²
- Batterie principale : 700 kWh
- Énergie totale stockée à bord sous forme électrique et chimique : 10 500 kWh

Équipage

- Compartiment atmosphérique : 6 membres d'équipage maximum
- Compartiment hyperbar : 6 plongeurs (max)
- Autonomie : 21 jours en immersion
- 40 mètres de rayon d'action pour les plongeurs (40 mètres de narguilé)

Capacités chantier

- Charge utile compensable : 3 tonnes dans l'eau
- Moyen d'observation : poste de pilotage à vue à l'avant, plusieurs caméras avec éclairage
- Possibilité de mettre en œuvre un ROV (robot)
- Capacité d'embarquer en condition atmosphérique un ou plusieurs passagers

Au total, le sous-marin réalisa : 68 jours d'opérations, 135 heures sur le fond, 28 heures de sortie de plongeurs. Sa plongée maximum avec un équipage en pression atmosphérique fut de 665 mètres, et sa plongée maximum avec des plongeurs de 317 mètres.



ÉTAPE 3 : LES INNOVATIONS DU SAGA

Le projet SAGA a donné lieu à une série d'innovations. Elles concourent, pour beaucoup, à améliorer l'autonomie en plongée. La réalisation du sous-marin en lui-même a fait appel à des technologies avancées dans le domaine énergétique.

Moteurs STIRLING

Le SAGA est le premier sous-marin civil au monde équipé de moteurs thermiques anaérobies de type Stirling. Ces moteurs à énergie externe sont alimentés en oxygène sous forme liquide. Les moteurs Stirling sont utilisés dans la propulsion et l'alimentation électrique. En effet, la chaleur qu'ils dégagent chauffe à la fois le compartiment hyperbare et l'eau circulant dans les scaphandres. Une économie énergétique considérable.

Stockage cryogénique de l'oxygène

Puisque les moteurs Stirling fonctionnent à l'oxygène, le stockage de celui-ci s'est révélé très important dans la construction du SAGA. Le sous-marin a ainsi été doté de deux réservoirs cryogéniques, situés à l'extérieur de la coque résistante, et lui donnant 6,5 tonnes de capacité totale. Ce développement cryogénique augmenta amplement l'autonomie énergétique du sous-marin.

Matériaux composites

L'utilisation des matériaux composites dans la réalisation du stockage de gaz haute pression fut aussi une avancée majeure de l'époque. Ces matériaux, insensibles à la corrosion marine, diminuent fortement le poids dans l'eau, en comparaison à des équipements réalisés en acier. Afin de réduire les poids morts, des réservoirs très haute pression (400 bars, au lieu des 200 bars usuels) ont aussi été développés, caractérisés par un corps en acier renforcé par un enroulement de fibres en composites Kevlar (plus légères qu'un renforcement en acier). Ces réservoirs sont utilisés pour stocker l'air comprimé nécessaire au bord, les gaz pour la plongée humaine et éventuellement l'oxygène complémentaire pour les moteurs.

Scaphandres à faible consommation énergétique

Des scaphandres à faible consommation énergétique furent développés spécifiquement pour le SAGA. Des matériaux sandwich furent utilisés pour procurer une protection thermique élevée, ce qui permit de diminuer le débit d'eau chaude, et donc de limiter la dépense énergétique. Une aide respiratoire intégrée au scaphandre permit de plus de limiter la perte de gaz des appareils de respiration.

Ordinateur de bord

Une autre innovation importante réalisée avec le SAGA concerne l'automatisation du pilotage : un ordinateur assiste le pilotage via un système de supervision et un système de régulation d'énergie. Le système de supervision présente au pilote l'état de marche des installations du bord et veille à la sécurité en gérant les alarmes et les paramètres de fonctionnement. Le système de régulation dispose, quant à lui, les moteurs selon les ordres du pilote.

ÉTAPE 3 : LES INNOVATIONS...

En définitive, plus qu'un sous-marin d'opérations, le SAGA fut un véritable banc d'essai du matériel et des technologies d'alors. La Comex et l'IFREMER imaginaient que cette expérience SAGA placerait la France dans les bonnes conditions pour concevoir les sous-marins industriels du futur.

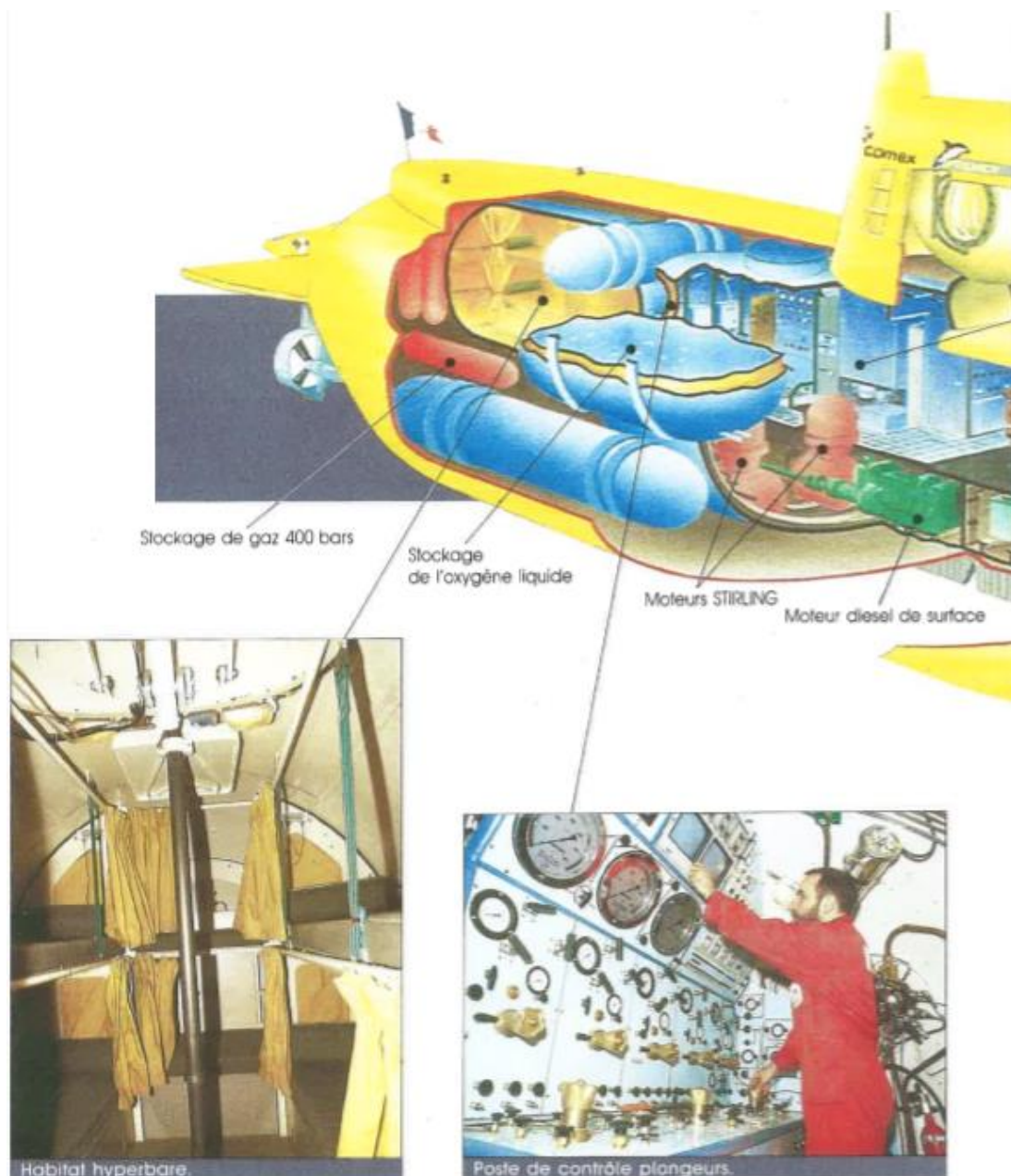


Schéma de l'intérieur du sous-marin



ÉTAPE 4 : LA RENAISSANCE DU SAGA

Une fin prématurée

En 1989, le projet de moteur nucléaire est abandonné. C'est le début d'une série de déconvenues, pour ce sous-marin à la fois « trop en avance et trop en retard sur son temps ». Rapidement, la Comex n'a plus les moyens d'assurer le coût financier et logistique pour déployer le SAGA sur de longues missions. Puis, les exploitations de pétrole sont déplacées au large de l'Afrique, dans des puits de plus en plus profonds. Même, le SAGA, bruyant et visible, paraît dépassé par rapport aux autres submersibles... Finalement, il est mis sous cocon dans le hangar où il fut construit, à l'Estaque. Nous sommes en 1990 : le sous-marin est abandonné du jour au lendemain. Oublié, il restera figé dans le temps pendant 20 longues années.

Une redécouverte

En 2010, lorsque l'association des Compagnons du Saga entre dans le hangar de l'Estaque, tout est comme en 1990, rien n'a bougé. Petit à petit, l'équipe des compagnons du SAGA permet à ce fabuleux sous-marin jaune de refaire surface. À l'aide d'une poignée de bénévoles, les Compagnons restaurent le lieu et ce qu'ils peuvent de l'appareil submersible qui y est entreposé. Ainsi se crée l'espace SAGA, qui tend aujourd'hui à devenir une plateforme de découvertes.



Le SAGA en 2010, lors de la réouverture du hangar.



ÉTAPE 5 : QUESTIONS DES ÉLÈVES

La plaquette élève incite ces derniers à nous interroger sur certains points. Néanmoins, il leur est tout à fait possible de nous questionner sur des sujets qu'ils n'ont pas compris, ou sur lesquels ils souhaitent des approfondissements. Toutes les questions sont les bienvenues, tant qu'elles concernent le sous-marin, notre association, ou nos parcours de vie qui sont tous atypiques.

Nous imaginons qu'à l'issue de cette présentation, les élèves auront de nombreuses questions, mais qu'ils n'oseront pas forcément les poser. Si jamais ces questionnements persistent au-delà de notre intervention, n'hésitez pas à nous envoyer une lettre ou un courriel. Nous y répondrons au plus vite, ravis que notre passion ait pu toucher de jeunes élèves.

ÉTAPE 6 : L'EXPOSITION PHOTO



Présentation de l'exposition

Ayant la chance de compter parmi nos membres un photographe professionnel, nous disposons d'une série de clichés sur le SAGA. Ceux-ci peuvent faire l'objet d'une exposition. Le SAGA y est magnifié par la dimension artistique que donne Philippe Mura à ses photos. Grâce à cette exposition, les élèves de votre établissement – et pas seulement de votre classe – pourront découvrir cet élément du patrimoine local.

Les clichés donnent principalement à voir l'intérieur du sous-marin. Si besoin, nous pouvons réaliser des clichés supplémentaires de l'extérieur du SAGA.

Voici deux exemples de photos réalisées par notre photographe.

Intérieur du SAGA



ÉTAPE 6 : L'EXPOSITION...

Photo réalisée lors du tournage de l'émission d'ARTE « XENIUS part à la découverte des sous-marins »



Réserver

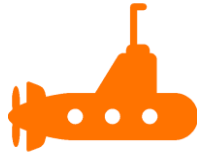
Pour plus de renseignements, ou pour réserver l'intervention des Compagnons et/ou l'exposition photo :

Association LES COMPAGNONS DU SAGA
149, Plage de l'Estaque
13016 MARSEILLE (France)

Tél. : +33

E-mail : lescompagnonsdusaga@orange.fr

Facebook : www.facebook.com/compagnonsdusaga



1. PISTES DE PROLONGEMENT

Regarder une mise en scène de *20 000 lieues sous les mers...*



Christian Hecq a co-signé, avec Valérie Lesort, plasticienne, l'adaptation théâtrale de l'œuvre de Jules Verne, *20 000 lieues sous les mers*. Le sociétaire de la Comédie-Française, connu pour avoir obtenu le Molière du comédien en 2011, y incarne majestueusement le capitaine Nemo. Présenté sur scène en 2015, le spectacle reprend la voie des planches en 2017. Même si on imagine difficilement un voyage scolaire emmenant les élèves à la Comédie-Française, nous ne pouvons que vous conseiller de (faire) regarder ces vidéos, présentant des extraits du spectacle. L'œuvre de Verne, qui semble difficilement adaptable, est sublimée par ce spectacle, qui mêle jeu d'acteur et marionnettes, moments de grâce et traits d'humour. Un nouveau point de vue sur le monde sous-marin.

<https://www.youtube.com/watch?v=HhNvvxtJB-w> (extraits du spectacle)

<https://www.youtube.com/watch?v=zwBQYqa3Vcl> (extraits et *interviews* des metteurs en scène)

http://www.comedie-francaise.fr/images/telechargements/presse_20000lieues1516.pdf
(dossier de presse du spectacle, téléchargeable sur le site de la Comédie-Française)



1. PISTES...

Visiter l'exposition « Mémoire à la Mer ! »...

À l'occasion du 50^e anniversaire de la création du Département des Recherches Archéologiques Subaquatiques et Sous-Marines (DRASSM), le Musée d'Histoire de Marseille accueille une exposition dédiée à la plongée et l'archéologique sous-marine. Sont offerts aux yeux des visiteurs plus de 400 objets issus de fouilles sous-marines réalisées dans le domaine maritime français à travers le globe. Le parcours de visite, qui s'ouvre sur le scaphandre de Rouquayrol-Denayrouze ayant inspiré Jules Verne, est complété de maquettes films et multimédias. L'exposition, reconnue d'intérêt national par le Ministère de la Culture et de la Communication, est le fruit du partenariat DRASSM / Ville de Marseille. Elle se tiendra au Musée d'Histoire de Marseille du 29 avril 2016 au 28 mai 2017. L'exposition, véritablement instructive, nous rappelle combien le patrimoine immergé constitue une part essentielle de notre humanité.

<http://www.musee-histoire-marseille-voie-historique.fr/fr> (lien vers le site du Musée d'Histoire)

<http://www.musee-histoire-marseille-voie-historique.fr/fr/resources/informative-cards>

(fiches pédagogiques sur l'exposition « Mémoire à la Mer ! »)





1. PISTES...

Se promener à l'Estaque...

Comme nous vous l'avons précédemment indiqué, le SAGA est aujourd'hui entreposé dans un hangar de l'Estaque. Même s'il n'est actuellement pas possible de le visiter, une promenade dans le quartier peut s'avérer inspirante pour des élèves. Il est notamment possible de se promener dans la rue des Scaphandriers, nommée en l'honneur des employés qui la descendaient chaque jour pour rejoindre la mer. En se promenant, les élèves pourront marcher dans les pas de ces pionniers... mais pas seulement ! L'Estaque est aussi célèbre pour avoir été l'un des lieux de naissance de la peinture moderne. Renoir lui-même déclara le paysage de l'Estaque « le plus beau du monde ». Impressionnistes, fauvistes et cubistes se sont succédés pendant près d'un demi-siècle dans ce quartier portuaire offrant une sublime vue sur le golfe de Marseille. L'office de tourisme de Marseille propose aujourd'hui deux circuits pédestres pour découvrir les points de vue fréquentés par les peintres, et l'histoire de ce quartier. Une promenade s'ouvrant sur l'histoire des arts qui pourrait s'avérer pertinente dans un partenariat avec un enseignant d'arts plastiques.



L'Estaque est accessible en bus, mais il est aussi possible, pour rester dans le thème de l'exploration maritime, d'emprunter une navette entre reliant le Vieux-Port et l'Estaque (d'avril à octobre seulement).



2. LEXIQUE

Anaérobie : se dit d'un moteur, ou d'un système de propulsion, pouvant fonctionner longtemps sans utiliser d'air extérieur. Il évite au sous-marin de rester en surface ou de sortir un tube d'air, et augmente donc l'autonomie en plongée.

Argyronète : du grec « *arguros* », argent, et « *neo* », je file. Araignée aquatique qui vit sous l'eau dans une cloche de soie qu'elle file et sous laquelle elle accumule de l'air qu'elle va chercher à la surface et fixe aux poils de son abdomen. Elle stocke ainsi une réserve d'air qui lui permet de rester sous l'eau et de vivre dans sa petite maison sous-marine.

Ballasts : abréviation de l'anglais « *water-ballast* », de « *water* », eau, et « *ballast* », lest. Compartiment étanche dont le remplissage à l'eau de mer permet à un sous-marin de plonger. Vidanger (= vider) les ballasts permet au sous-marin de revenir en surface.

Corrosion : du latin « *corrosio* », ronger. Dégradation d'un matériau sous l'action du milieu ambiant, ici l'eau de mer.

Cryogénie : dans notre cas, liquéfaction des gaz de l'air par passage à une basse température (-154°C) et stockage dans des bonbonnes.

Décompression : diminution de la pression qui s'exerce sur l'organisme d'un sujet après que celui-ci ait été soumis à une pression supérieure à la pression atmosphérique (c'est notamment le cas de la pression dans l'eau). Lorsque l'on plonge, sous cette pression, l'air se dissout dans notre corps. À la remontée, l'azote (présent dans l'air et dissout dans notre corps) va sursaturer et former des bulles dans nos tissus, ce qui peut provoquer des accidents de décompression. Pour les éviter, il faut respecter des paliers de décompression, c'est-à-dire des arrêts au cours de la remontée permettant d'éliminer une quantité d'azote suffisante à chaque fois pour empêcher la formation de bulles.

Hydrophone : microphone destiné à être utilisé sous l'eau. Transforme, dans un liquide, les ondes acoustiques en signaux électriques.

Hyperbare : se dit d'une enceinte où la pression est supérieure à la pression atmosphérique (c'est le cas de la pression de l'eau). Un caisson hyperbare est ainsi un cylindre métallique étanche transportant un plongeur vers une chambre hyperbare sous-marine.

IFREMER : établissement public français chargé de recherches et de développement des technologies pour l'exploitation des ressources de la mer.

Ingénierie : étude d'un projet industriel sous tous ses aspects (techniques, économiques, financiers, monétaires et sociaux).

Kevlar : fibres textiles d'aramide. Les propriétés du Kevlar sont la robustesse, la légèreté, la résistance au feu et à la corrosion.

Logistique : ensemble de méthodes et de moyens relatifs à l'organisation d'une opération. Comprend la manutention, le transport, le conditionnement, les approvisionnements.



2. LEXIQUE...

Matériau composite : assemblage non-homogène d'au moins deux composants. Ceux-ci se pénètrent sans se mélanger totalement, le matériau composite est donc hétérogène. L'association confère à l'ensemble des propriétés qu'aucun des composants, pris séparément, ne possède.

Matériau sandwich : matériau formé par collage de trois couches. Il est constitué d'un cœur, généralement tendre et léger, pris en sandwich entre deux peaux rigides et résistantes. Ce type de matériau a d'excellentes caractéristiques d'isolation thermique.

Nucléaire : énergie issue du noyau de l'atome.

Océanote : plongeur capable de vivre plusieurs jours à de grandes profondeurs, réelles ou simulées.

Offshore : de l'anglais « *off shore* », « au large des côtes ». Se dit des technologies marines dans l'industrie pétrolière.

Périscopes : tube métallique équipé d'un système optique qui permet à un sous-marin en plongée d'observer la surface de l'eau.

Pionnier : se dit de quelqu'un étant le premier à faire quelque chose, ouvrant la voie.

Pressurisation : technique permettant de maintenir à l'intérieur du sous-marin une pression constante et satisfaisante pour l'organisme humain.

Robotique : science et technique de la conception et construction de robots.
Le petit plus : l'intelligence artificielle est un ensemble de théories et techniques mises en œuvre pour réaliser des machines capables de simuler l'intelligence humaine.

Scaphandre : équipement lourd et individuel de plongée sous-marine.



3. CRÉDITS PHOTO

- P. 1 – Photo du SAGA et logo des Compagnons, crédit : Les Compagnons du SAGA.
- P. 3 – Pastille « Premiers pas... », crédit : AKG-Images.
- P. 3 – Photo du SAGA, crédit : Comex.
- P. 7 – Peinture d'Alexandre le Grand, crédit : OAR & National Undersea Research Program.
- P. 7 – Peinture du sous-marin de Drebbel, crédit : Submarine museum of the United Kingdom.
- P. 8 – Dessin de la cloche de Halley, crédit : Louis Figuier, in *Les Merveilles de la science*, Tome 4.
- P. 8 – Dessin de l'Urinator de Papin, crédit : Denis Papin, in *Les actes des érudits de Leipzig*.
- P. 9 – Schéma du Turtle de Buschnell, crédit : William Oliver Steven, in *A history of sea power*.
- P. 9 – Dessin du Nautilus et photo du Gymnote, crédit : World Imaging, on Wikipédia.
- P. 10 – Gravure du tonneau de Lethbridge, crédit : Lethbridge, argenterie personnelle.
- P. 10 – Dessin du costume de De Beauve, crédit : Archives Nationales.
- P. 10 – Illustration reprenant le costume de Siebe & Gorman, crédit : Illustrated London News.
- P. 11 – Illustrations de *20 000 lieues sous les mers*, crédit : Alphonse de Neuville.
- P. 13 – Photo de La Calypso, crédit : Roger May et Nik Sanders, in *Vers la conquête des continents sous-marins*, aujourd'hui au Fonds musée-bibliothèque Michel-Rua.
- P. 14 – Portrait de Cousteau, crédit : The Cousteau Society.
- P. 15 – Pastille « La rencontre... », crédit : Comex.
- P. 15 – Photo de Précontinent 3, crédit : Henri Eskenazi.
- P. 16 – Portrait de Delauze, photo de Mavrostomos, photo de l'entrée de la Comex, crédit : Comex.
- P. 17 – Photo de la coque de l'Argyronète, crédit : les Compagnons du SAGA.
- P. 18 – Photo de l'inauguration du SAGA, crédit : Comex.
- P. 19 – Schémas du SAGA, crédit : Ulysse Ménard.
- P. 22 – Schémas et photos du SAGA, crédit : Comex.
- P. 23 – Photo du SAGA, crédit : les Compagnons du SAGA.
- P. 24 – Photo de l'intérieur du SAGA, crédit : Philippe Mura.
- P. 25 – Photo de l'espace SAGA, crédit : Philippe Mura.
- P. 26 – Pastille « Pour aller plus loin... », crédit : Henri Eskenazi.
- P. 26 – Photo du spectacle de la Comédie-Française, crédit : Brigitte Enguérand / collection Comédie Française.
- P. 27 – Photo de l'exposition de la DRASSM, crédit : Christian Baudru / Fouet'cocher
- P. 28 – Schéma de la promenade des artistes, crédit : office de tourisme de Marseille.



Les Compagnons du SAGA,
149, Plage de l'Estaque
13016 MARSEILLE (France)

À bientôt pour
de nouvelles aventures !

