



Centenaire du naufrage du Titanic

Découverte et exploration de l'épave par l'Ifremer



Zone de l'épave © Ifremer



Nautilus et Robin © Ifremer



Nautilus en plongée © Ifremer

Sommaire :

70 ans après le naufrage : les premières recherches de l'épave.....	p 2
L'expédition franco-américaine « <i>Titanic</i> 1985 » : la découverte	p 2
Déclaration des chefs de mission à l'arrivée de leur expédition le 9 septembre 1985 à l'Institut Océanographique Woods Hole (États-Unis)	p 5
Après la découverte, l'exploration du <i>Titanic</i>	p 6
Les scientifiques de l'Ifremer et de Genavir se souviennent.....	p 9
L'avenir des technologies sous-marines	p 11

À son lancement en 1911, le *Titanic* est le plus grand navire au monde jamais construit (269 mètres de long). Proclamé insubmersible, il représente alors la vitrine luxueuse de l'industrie britannique triomphante. Il n'ira pas au bout de sa traversée inaugurale. Le 15 avril 1912 à 2h20 du matin, à quelques centaines de kilomètres au sud-est de Terre-Neuve, le *Titanic* coule après avoir heurté un iceberg faisant près de 1500 victimes.

70 ans après le naufrage : les premières recherches de l'épave

Malgré les années qui passent, deux guerres mondiales, une crise économique internationale, et des progrès technologiques qui auraient dû logiquement faire oublier ce tragique « faux pas » de la technique, le souvenir du naufrage reste vivace dans la mémoire collective.

Soixante-dix ans après le naufrage, au début des années 80, des missions à la mer tentent de retrouver l'épave, mais restent vaines : soit parce que la zone de recherche est mal définie, soit parce que les moyens mis en œuvre ne sont pas adaptés. Ainsi, malgré le fait que les sonars utilisés au cours de deux missions en 1981 et 1983 soient les plus performants de l'époque, la résolution reste insuffisante pour l'un, et la portée insuffisante pour l'autre.

En 1984, l'Ifremer termine à Toulon la construction d'un sonar latéral profond à haute résolution et grande portée : le SAR (Système Acoustique Remorqué) destiné à la reconnaissance géomorphologique du plancher océanique, en particulier pour l'inventaire des zones recouvertes de nodules polymétalliques. Suite à des essais de courte durée à faible profondeur (de l'ordre de 1000 mètres) menés au large de Cassis au cours de l'été 1984, ses concepteurs le déclarent opérationnel. Toutefois, il doit encore réaliser des tests d'endurance à grande profondeur puisqu'il a été conçu pour pouvoir opérer jusqu'à 6000 mètres. Ces essais impliquent d'embarquer sur le navire support un certain nombre d'ingénieurs tout en menant des recherches à caractère scientifique.

Ces raisons ont conduit l'Ifremer à s'intéresser au *Titanic*. Reposant dans des fonds compris entre 3600 et 4000 mètres, cette « cible » convient parfaitement à ces essais et à un enjeu scientifique dans cette zone proche d'un talus instable où les avalanches peuvent avoir des effets.



Mise à l'eau du SAR à l'arrière du navire *Le Suroît*
© Ifremer/Dominique Girard

Robert Ballard de l'institut océanographique américain de Woods Hole (Woods Hole Oceanographic Institution – WHOI) propose une action commune avec l'Ifremer. Ces deux instituts ont déjà collaboré lors de la campagne grands fonds Famous en 1973 et 1974.

L'expédition franco-américaine « *Titanic* 1985 » : la découverte

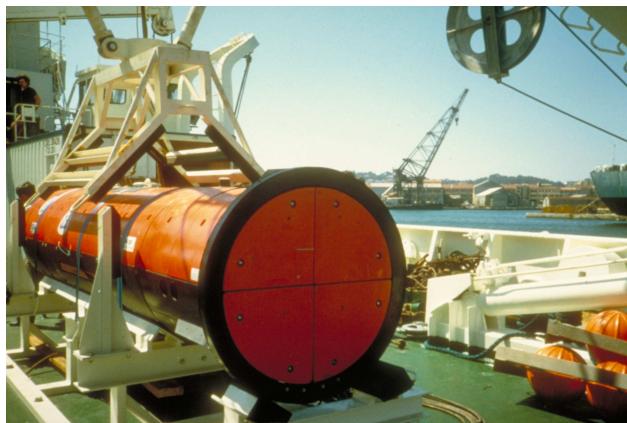
Après des essais « grande profondeur » du SAR réalisés avec succès au cours du 3^{ème} trimestre 1984 au large des côtes portugaises (entre 4800 et 5100 mètres), l'Ifremer et la WHOI concluent en décembre 1984 un accord baptisé « Étoile blanche » (White Star, du nom de la compagnie qui affrétait le *Titanic*). Cet accord engage les deux instituts à associer leurs efforts, mettre en commun leurs moyens navals en vue de retrouver, d'identifier, puis, en cas de succès, d'explorer l'épave du *Titanic*.

Avant toute intervention en mer, une question doit cependant être résolue : sur quelle zone doivent se focaliser les recherches ?

Des recherches historiques et océanographiques sont menées préalablement. Ainsi, l'analyse des deux commissions d'enquête, des livres de bord des navires ayant été mêlés à l'événement, la synthèse des témoignages, la prise en compte des données météorologiques des 13, 14 et 15 avril 1912, et l'étude des courants permanents qui affectent ce secteur, ont permis de définir une zone de recherche de 400 km² (20 km x 20 km) à environ 400 milles (740 km) au sud-est de Saint-Pierre et Miquelon.

80% de la zone de recherche explorée par la mission française

La campagne est préparée minutieusement. Elle débute le 10 juillet 1985 sur zone par la mission française en deux étapes à bord du navire *Le Suroît*. Conduite par Jean-Louis Michel, ingénieur à l'Ifremer, cette mission met en œuvre la technologie du sonar latéral avec son SAR. Le 7 août quand se termine sur zone la seconde étape de la mission, le *Suroît* et son « poisson » remorqué, le SAR muni d'un magnétomètre, ont ratissé plus de 80% de la zone déterminée, soit 320 km² sur 400 km².



Système SAR en action © Ifremer

Les équipes américaines, dirigées par le Professeur Robert Ballard, de la WHOI, vont relayer leurs partenaires français pour explorer les 80 km² restants. Ils arrivent sur zone le 25 août. Le navire *Knorr*, appartenant à la marine américaine, accueille à son bord, outre les ingénieurs et techniciens américains de la WHOI, trois ingénieurs français qui assureront l'interface avec les deux missions précédentes. Les américains procèdent à une recherche visuelle à partir de caméras sous-marines montées sur deux engins sous-marins, l'*Angus* et l'*Argo*, mis en œuvre à partir du bateau.

Le 1^{er} septembre 1985, c'est la découverte de l'épave.

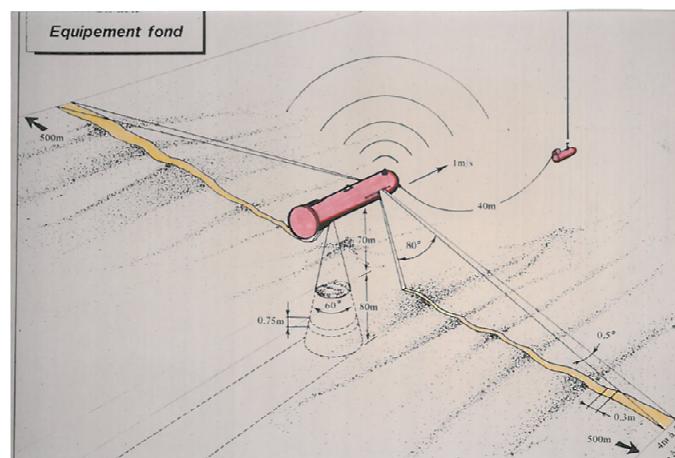
Alors qu'il ne reste plus que 3 jours de campagne, le « hourra » de la victoire est crié par tout l'équipage du *Knorr*. À une heure du matin le 1^{er} septembre, alors qu'il observait le moniteur vidéo, Jean-Louis Michel, ingénieur Ifremer, vit apparaître l'image d'une énorme chaudière enregistrée par la caméra vidéo montée sur l'*Argo*.

Cette énorme chaudière métallique posée à côté de hublots et d'un morceau de bastingage, est parfaitement reconnaissable malgré 73 années passées sous l'eau. Quelques centaines de mètres plus loin, les caméras découvrent le jour suivant successivement des débris épars puis l'épave brisée en deux. Recouverte seulement par une mince couche de sédiments, elle repose à 650 km au sud-est de Terre-Neuve, par près de 4000 mètres de fond dans un paysage doucement vallonné surplombant un petit canyon. Douze mille clichés vont être pris par l'engin équipé de trois caméras.

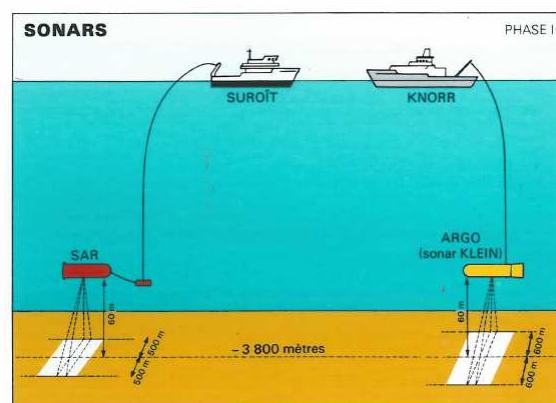
Les technologies les plus avancées mises en œuvre

Remorqué au bout d'un câble à 70 mètres au-dessus des fonds marins par son navire support *Le Suroît*, le **SAR (Système Acoustique Remorqué)** de Thomson SINTRA est équipé d'un sondeur de sédiment et d'un sonar latéral. Ce système d'imagerie permet de donner une image précise du fond de la mer jusqu'à 6000 mètres par l'utilisation des ondes acoustiques. Le fond est exploré par un faisceau acoustique. Le faciès (vaseux, sédimentaire, sableux caillouteux ou rocheux), les accidents de relief ou les objets reposant sur le fond renvoient les ondes dont les données sont calculées afin de présenter à un opérateur des images représentant leur forme. À chaque passage, le SAR « visualise » une bande d'un kilomètre de large.

À une cinquantaine de mètres derrière le SAR, **un magnétomètre** du CEA/LETI était disposé dans un poisson remorqué. La magnétométrie permet une localisation très précise de la recherche d'épaves ou d'objets perdus en mer. Elle est la mesure du champ magnétique. Si l'on mesure le champ magnétique terrestre avec une très grande précision, on peut déceler de petites variations locales dues à la présence de corps plus ou moins magnétiques situés à proximité.



Système SAR en action © Ifremer



© Ifremer

L'opération « *Titanic* », première phase du programme d'intervention sur épave de l'Ifremer

Outre l'aspect prestigieux de la découverte du *Titanic*, une autre motivation guidait l'Ifremer dans cette opération : celle de se préparer à réagir face à un naufrage de navire transporteur de cargaisons dangereuses, par grand fond. En effet, jusqu'alors, aucune mesure ou presque n'était prise concernant les épaves immergées présentant un risque majeur de pollution par hydrocarbure ou par produit chimique, afin de rendre possible leur neutralisation. Toute action dans ce domaine nécessite au préalable une détection et une inspection de l'épave, opération d'autant plus délicate que la profondeur est importante.

La méthodologie de recherche et d'inspection testée grandeur réelle sur l'épave du *Titanic* constituait donc la première phase d'un programme de recherche de l'Ifremer baptisé « intervention sur épave ». Ce programme s'attachait à étudier les moyens permettant la reconnaissance, l'inspection, puis le colmatage, le confinement ou le découpage d'une épave ainsi que l'éventuel relevage de tout ou partie de la cargaison.

Déclaration des chefs de mission à l'arrivée de leur expédition le 9 septembre 1985 à l'Institut Océanographique Woods Hole (États-Unis)

Déclaration de Jean-Louis Michel

« Cette expédition a été planifiée dans les moindres détails à partir des données d'archives, d'études opérationnelles et préparée par des essais du matériel dans les grands fonds. L'Ifremer commença les opérations avec le navire *Le Suroît* à partir du 1^{er} juillet 1985. *Le Suroît* accomplit l'effort de recherche principal grâce à son récent sonar remorqué SAR et son magnétomètre. Cet effort fut poursuivi par le navire américain *Knorr* doté de l'*Argo* et du véhicule photographique *Angus*.

La découverte a eu lieu le 1^{er} septembre quand apparut à l'écran l'image diffuse d'une chaudière qui sans aucun doute appartenait au *Titanic*.

Les jours suivants nous donnèrent l'opportunité de conduire une reconnaissance intensive du site en utilisant à la fois l'*Argo* et le véhicule océanographique *Angus*. Nos résultats n'ont pas été obtenus facilement, ils sont le fruit du travail de deux équipes de professionnels oeuvrant sur *Le Suroît* et sur le *Knorr* en étroite coordination.

La coopération franco-américaine s'est enracinée sous l'inspiration de Bob Ballard qui a rendu cette découverte possible. Bien plus, le Docteur Ballard a su inspirer parmi nous l'idée que le succès de la découverte doit être assumé avec le plus grand respect en mémoire du *Titanic*.

L'œuvre accomplie par les deux équipes française et américaine a été techniquement et humainement très difficile, mais c'est avec dignité que le site du *Titanic* a été exploré. Nous espérons que les travaux dans les mers profondes entre nos deux pays se poursuivront. »

Déclaration de Robert Ballard

« L'expédition franco-américaine de cet été est une entreprise hautement technique mettant en œuvre les meilleures technologies de deux pays. Dans le domaine des interventions de recherche sous navire par grande profondeur, la France et l'Amérique sont à égalité.

Mais la campagne de cet été a été aussi l'entreprise personnelle de deux individus qui sont avant tout des êtres humains, un français d'abord et un américain. Jean-Louis Michel, mon co-chef de mission sur le *Knorr* et sur *Le Suroît*, est l'un des meilleurs ingénieurs au monde en matière de technologie sous-marine.

Le sonar français Thomson-CSF « SAR », qu'il a mis en œuvre, possède des performances exceptionnelles dans les recherches de détail. Il n'y a aucun doute dans mon esprit que notre succès de cet été est le résultat de ce nouveau système français.

Jean-Louis Michel est un homme paisible et agréable qui pour moi a insufflé l'esprit de la recherche du RMS *Titanic* alors que nous travaillions côté à côté.

Le RMS *Titanic* lui-même repose par près de 4000 mètres de fond sur une légère pente alpestre surplombant un petit canyon. Sa proue est tournée vers le nord et il repose normalement sur le fond, ses puissantes cheminées se dressant à la verticale.

Il n'y a pas de lumière et la vie est rare dans ces abysses. C'est un endroit tranquille et paisible qui convient parfaitement pour abriter la relique de la plus grande tragédie marine. Puisse ce site demeurer ainsi à jamais et que Dieu bénisse les âmes des naufragés. »

Après la découverte, l'exploration du Titanic...

L'expédition américaine de 1986

En juillet 1986, une nouvelle mission est programmée. Faute de budget, l'Ifremer doit renoncer à y participer. En effet, la campagne n'étant pas proprement scientifique, l'Ifremer ne peut la mener que sur des capitaux privés. Ces capitaux n'ont pas pu être réunis avant l'été, seule saison réunissant des conditions météorologiques favorables pour réaliser l'opération.

Dirigée par Robert Ballard de la WHOI et parrainée par la marine américaine, l'expédition américaine met en œuvre le sous-marin habité *Alvin* de la marine américaine mis au point par la WHOI, couplé avec son robot *Jason junior*, équipé d'une petite caméra vidéo.

Cette expédition bénéficie d'une couverture médiatique exceptionnelle. À cette occasion, les milieux scientifiques et le grand public manifestent leur déception de ne pas voir revenir à la surface des objets gisant sur le site, les uns cherchant des informations précises, les autres, souhaitant voir préserver des témoignages de cette grande tragédie.

La France dispose à travers l'Ifremer, du fleuron de la technologie mondiale avec le sous-marin habité *Nautile*, équipé de son robot d'intervention *Robin*. La société Taurus International, société française spécialisée dans les interventions offshore, qui s'occupe de la commercialisation exclusive des moyens de l'Ifremer, a décidé de relever le défi et d'organiser une nouvelle expédition, visant à remonter des objets.

L'expédition franco-américaine de 1987 : vitrine de la technologie de pointe française

En 1987, les capitaux nécessaires pour couvrir les frais de l'expédition ont été réunis. L'Ifremer a conclu, avec l'aide de la société Taurus International, un contrat d'affrètement avec la société Oceanic Research Exploration Ltd, société de droit anglais rassemblant des investisseurs privés européens et nord-américains. L'objet du contrat est l'exploration de l'épave du *Titanic* et la récupération d'objets sur le fond. Le contrat stipule que les objets recueillis ne pourront être vendus. Ils ne pourront être utilisés qu'à des fins exclusives d'exposition (ils sont destinés à une vaste exposition itinérante ou pour différents musées).

En cette année du 75^{ème} anniversaire du naufrage, une nouvelle équipe franco-américaine appareille donc en juillet à bord du *Nadir*, navire de l'Ifremer, pour deux mois de recherche et de reconnaissance. Le submersible habité *Nautile* est mis à contribution ainsi que son robot d'introspection *Robin* et un ensemble de moyens de relevage d'objets immersés par grande profondeur. Le *Nautile* français a été préféré à l'*Alvin* américain, car ses capacités de prélèvement ont été jugées meilleures.



Navire *Nadir* avec *Nautile* embarqué © Ifremer/Yves Gladu

Du 25 juillet, date de la première plongée, au 9 septembre 1987, le *Nautile* a effectué 32 plongées en 44 jours totalisant plus de 150 heures passées sur le fond. C'est un record pour le sous-marin qui depuis sa première campagne Kaïko en 1985 au Japon n'a jamais réalisé autant de plongées en si peu de temps. Le bilan de l'expédition est extrêmement positif du point de vue technique.

Plus de 10.000 photos et des kilomètres de bandes vidéo ont été prises et tournées sur l'épave par les caméras du *Nautile* et par celles du *Robin*. Ce dernier, guidé au bout de son cordon ombilical de 70 m par l'équipage du submersible de l'Ifremer, a pu pénétrer pour la première fois à l'intérieur de l'épave, dévoilant l'immensité des cales, des ponts, et la majesté du grand escalier, malgré les concrétiions de rouille.

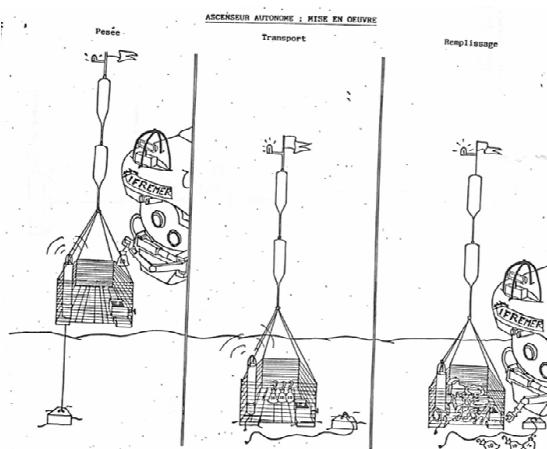
Plus de 800 objets ont été remontés en utilisant soit le panier du *Nautile*, soit des paniers navettes autonomes de capacité variable (150 kg à 4 tonnes). La conservation des objets est assurée par leur stockage dans des bacs d'eau de mer en attente de leur traitement par électrolyse ou électrophorèse.

Les expéditions de 1993 à 1998

Après l'expédition de 1987, les campagnes sont interrompues avant de reprendre par une série de missions en 1993, 1994, 1996 et 1998, effectuées dans le cadre d'un contrat avec la société américaine RMS Titanic.

L'opération « **Titanic 93** » a débuté le 27 mai à bord du *Nadir* et au départ de Toulon. Le *Nadir* a rejoint le site de l'épave le 8 juin. En 15 jours sur zone, le *Nautile* a effectué 15 plongées et a passé 88 heures sur le fond. Différentes cales ont été inspectées ainsi qu'une importante brèche sur tribord. Le robot *Robin* donne les premières images de la salle à manger et des salons de première classe du navire.

Environ 3000 photos ont été prises sur l'épave. Près de 800 objets, allant du dé à coudre au bossoir d'embarcation de survie pesant 1600 kg, ont été remontés et immédiatement placés en état de préconservation avant traitement à terre. Les plus volumineux ont été stockés dans un bac de 10m³ installé sur le *Nadir*. Ces objets ont été récupérés avec l'aide d'ascenseurs. Une baudruche à gasoil de 12m³ a permis de remonter les charges les plus lourdes.



Mise en œuvre de l'ascenseur autonome © Ifremer

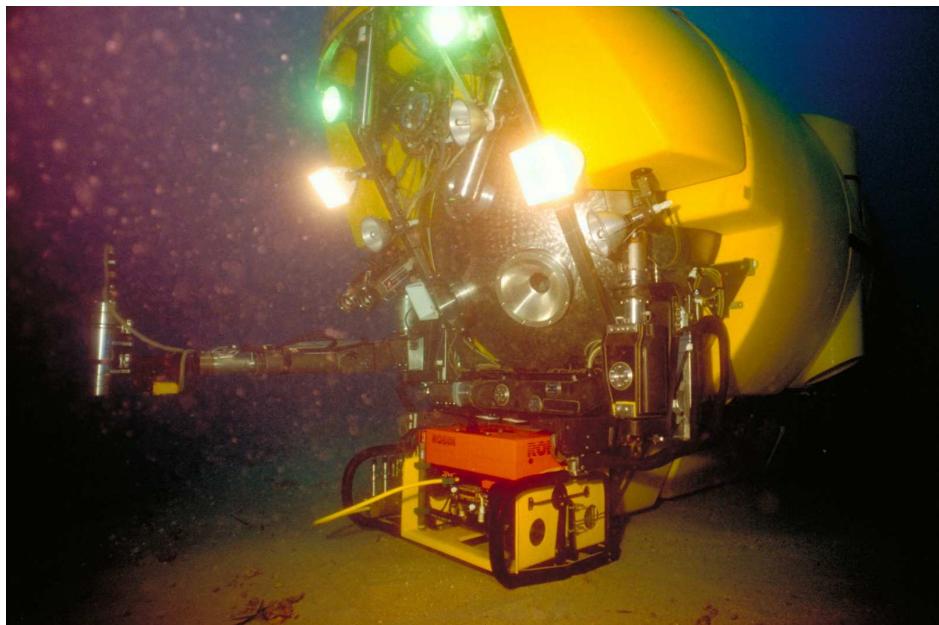
Pierre Papon, alors président de l'Ifremer, a déclaré à propos de cette campagne : « *Ayant été partie prenante dans la découverte initiale et la récupération d'objets de l'épave du Titanic, nous sommes extrêmement satisfaits de cette nouvelle opération qui commence, qui permettra à un large public de voir de plus près cette tragédie. C'est une occasion unique pour l'Ifremer de mettre en œuvre ses moyens techniques les plus performants pour l'intervention sous-marine, tel le submersible Nautile et la transmission acoustique d'images. Notre souci est également de participer à la protection de cette épave historique, qui fait partie du patrimoine universel.* »

En 1994, le *Nautile* et son navire de soutien, le *Nadir*, arrive sur zone le 12 juillet. Le submersible effectue une plongée quotidienne sur l'épave et le champ de débris qui l'entoure. **Lors des campagnes Titanic 1996 et 1998**, le petit robot télécommandé *Robin* a pénétré dans les profondeurs du navire « jusqu'à 5 étages sous le pont principal », précise Pierre Valdy, responsable de la mission 1998.

La campagne de 1998 a permis de remonter pour la première fois un énorme fragment du Titanic, la « big piece » : un morceau de coque d'environ 8 mètres sur 7, pesant 16 tonnes. La tôle rouillée est percée de 4 hublots dont trois sont en parfait état. L'opération de levage qui avait échoué une première fois en 1996, s'est révélée techniquement très difficile. Il a fallu 6 jours pour fixer à la pièce – grâce au bras manipulateur du *Nautile* –, une chaîne de levage et 6 flotteurs de 18 mètres cubes chacun remplis de fuel et donc plus légers que l'eau. Le 10 août, la plaque, qui s'était détachée du pont des premières classes lors du naufrage, est remontée en une demi-heure, treuillée par *L'Abeille supporter*, bâtiment de soutien armé par l'Ifremer.

Le *Nautile* a, durant cinq étés, réalisé 120 plongées et remonté près de 3000 objets. Il faut saluer l'ingéniosité dont il a fallu faire preuve afin de « *remonter un vase de cristal sans le casser, un vitrail du grand salon sans le déformer et une tôle de quinze tonnes sans la découper !* »¹.

¹ Dominique GIRARD, *Les sous-marins jaunes, une histoire de l'exploration des grands fonds*, éditions editoo.com, 2002



Nautile équipé du Robin © Ifremer

Nautile

D'un poids de 19,5 tonnes (à 6000 mètres de profondeur), il peut accueillir trois passagers (un pilote, un copilote et un observateur) dans une sphère de titane de 2,10 de diamètre intérieur. La descente pour atteindre l'épave dure 2h dans le noir absolu. Une fois le sous-marin stabilisé à quelques dizaines de centimètres du fond, le pilote peut alors utiliser les cinq propulseurs pour se déplacer sur le fond. De puissants projecteurs permettent de percer les ténèbres et d'éclairer une zone de quelques dizaines de mètres carrés.

Les objets sont récupérés grâce à deux bras télémanipulateurs robustes et précis, qui peuvent être équipés d'une pince pour les objets non fragiles ou d'une ventouse pour les plus délicats. Les objets sont ensuite placés dans un panier fixé à l'avant du sous-marin ou, pour les plus lourds ou les plus encombrants, dans des paniers ascenseurs autonomes qui, une fois pleins, remontent seuls et sont récupérés par le navire support. À la fin de chaque plongée, d'une durée maximum de 10 heures, l'engin remonte et est récupéré par le bateau.

En savoir plus : <http://flotte.ifremer.fr/flotte/Presentation-de-la-flotte/Systemes-sous-marins/Nautile>

Robin

Le *Robin* est un robot déployé à partir du *Nautile* et destiné à augmenter les capacités d'observation de ce dernier dans des endroits inaccessibles ou dangereux pour un engin habité. Il est télécommandé depuis l'intérieur du *Nautile* par l'intermédiaire d'un ombilical par lequel transittent l'alimentation électrique, les ordres de commande, les signaux vidéo et les informations d'état du véhicule.

En savoir plus : <http://flotte.ifremer.fr/flotte/Presentation-de-la-flotte/Systemes-sous-marins/Nautile/ROBIN>

Les scientifiques de l'Ifremer et de Genavir se souviennent

De 1985 à 1998, les ingénieurs de l'Ifremer et les pilotes de Genavir ont participé aux missions Titanic. Des premiers traits de sonar en 1985 à la remontée d'une grosse pièce de la coque en 1998, en passant par l'exploration des vastes salles du transatlantique avec le sous-marin de poche *Robin*, ces moments de vie professionnelle restent des souvenirs omniprésents dans les mémoires de celles et ceux qui ont vécu cette aventure.

L'Ifremer a souhaité conserver ces souvenirs et les partager par le biais d'un film-témoignage, accessible sur son site internet www.ifremer.fr. Les pilotes, ingénieurs et techniciens qui témoignent dans cette vidéo de 40 minutes, sont pour certains, encore en activité au Centre Ifremer Méditerranée de La Seyne sur mer. Voici quelques-uns de leurs portraits :



Jean-Louis Michel, Chef de la mission « Titanic » en 1985 sur *Le Suroît* et co-chef de mission sur le *Knorr* : « *Le grand moment, le 1er septembre à une heure du matin, c'est gravé dans ma tête pour la vie* »

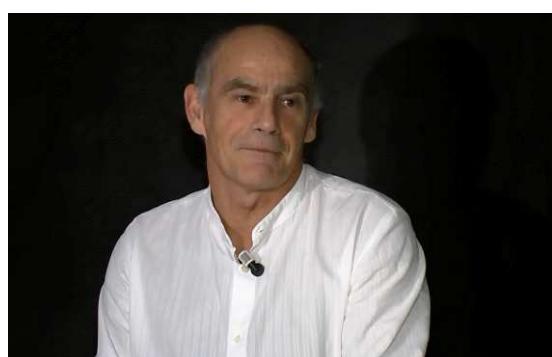
Ingénieur de l'École centrale de Lille et diplômé de l'IAE d'Aix en Provence, il se destinait à être entrepreneur, mais sa passion pour la mer a été la plus forte. De l'*Archimède* au *Victor 6000* en passant par l'*Epauleard*, il a contribué au développement des moyens d'accès aux grands

fonds par des sous-marins habités puis en lançant la filière des robots sous-marins. Entre conception et opération, c'est toujours dans l'eau qu'il a voulu répondre aux besoins des scientifiques.

Jean-Louis Michel a été chef de la première mission de recherche de l'épave du Titanic en 1985, à bord du navire *Le Suroît*. En collaboration étroite avec l'équipe américaine de Robert Ballard, il a mené à bien le quadrillage de la zone de recherche à l'aide de moyens à la mer uniques à l'époque, comme le Sonar Acoustique Remorqué et un magnétomètre. Il a ensuite été co-chef de mission avec Robert Ballard sur le navire américain *Knorr* qui a poursuivi la recherche sur zone. Il était chef de quart lors de la découverte de l'épave à 1h du matin, le 1^{er} septembre 1985. En 1998, il dirige à terre les équipes qui vont permettre le direct de épave sur la chaîne américaine Discovery Channel et la remontée d'une très grosse partie cassée de la coque.

Après la Direction du département « Systèmes Sous-marins », Jean-Louis Michel a assuré le poste de Chargé de mission pour les Affaires Régionales en Provence Alpes Côte d'Azur et la responsabilité du projet de bâtiment du Centre Européen de Technologies Sous-Marines.

- Retrouvez le portrait intégral de Jean-Louis Michel, sur le portail « Mémoire » : <http://wwz.ifremer.fr/memoire/La-technologie-marine/Jean-Louis-Michel>



Claude Toutoux, responsable de la partie "informatique – navigation" en 1985 : « *À cette époque, il n'y avait pas de GPS et très peu de calculateurs* ».

Informaticien, passionné par la mer, Claude Toutoux a rejoint le CNEXO en 1981. Il a participé à tous les développements informatiques des engins de l'Ifremer.

En 1985, il s'est occupé du suivi du sonar remorqué au fond, et a participé au positionnement acoustique du SAR.

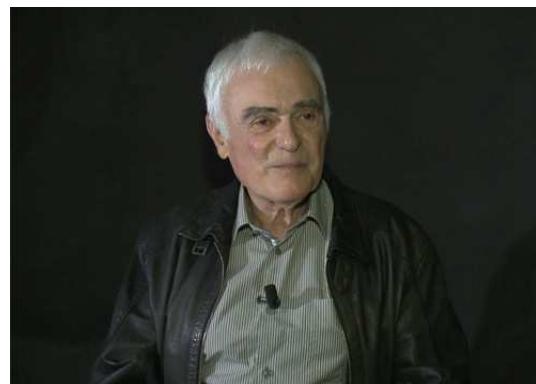
Aujourd'hui, Claude Toutoux est au Service « Ingénierie des Logiciels Embarqués » de l'Unité de Recherche « Navires et Systèmes Embarqués » à La Seyne sur Mer en charge de l'informatique du *Nautile*.

Jean Jarry, responsable en 1985 de l'expédition franco-américaine « Etoile Blanche »

Ingénieur Supélec, aujourd'hui à la retraite, Jean Jarry a voué sa carrière à l'océanographie au sein du Centre national de la recherche scientifique, puis du Centre national pour l'exploitation des océans (CNEXO), devenu Ifremer en 1984.

Chargé en 1963 de l'instrumentation scientifique du bathyscaphe *Archimède*, il participe à toutes ses campagnes. En 1967, il descend à 9260 mètres dans la fosse du Japon, devenant ainsi l'un des huit bathynauts les plus profonds du monde.

Il contribue ensuite à la conception et à la réalisation du *Nautile*. En 1985, il organise et dirige, en coopération avec la Woods Hole Oceanographic Institution (WHOI), l'expédition franco-américaine qui découvre l'épave du *Titanic*. Il achève son parcours comme directeur du Centre Ifremer Méditerranée. Il est l'auteur de « L'aventure des bathyscaphes. Marins, ingénieurs et savants au plus profond des mers » (Editions du Gerfaut).



Jean-Paul Justiniano, pilote *Nautile* lors de la mission de 1987. Il a effectué les premières plongées sur le *Titanic* : « *Quand on est arrivé sur l'épave, on s'est retrouvé face à elle, avec les deux ancrages visibles de chaque côté... C'est un sentiment indescriptible* ».

Embauché au sein de l'armateur Genavir en qualité d'électricien, Jean-Paul Justiniano a plongé pour la première fois en 1984, avec la soucoupe *Cyana*, sur une épave antique au large du Levant (Toulon), contenant des amphores.

En 1987, il participe aux premières plongées *Nautile* sur le *Titanic* à partir de l'ancien navire support des sous-marins, le *Nadir*. Aujourd'hui, Jean-Paul Justiniano est Chef opérationnel du Service « Engins » à Genavir à La Seyne sur Mer.



Guy Sciarrone, pilote *Nautile* ayant le record de plongées sur le *Titanic* : « *J'ai eu l'honneur de plonger avec Buzz Aldrin* ».

Diplômé d'une maîtrise de sciences & techniques en télécommunications, Guy Sciarrone, actuellement à la retraite, est entré au CNEXO en juillet 1972, attaché à la soucoupe plongeante SP 3000, baptisée ensuite *Cyana*. À la création du GIE Genavir en 1976, il devient responsable technique *Cyana*. Fin 1982, il est associé au projet SM97 (coopération Ifremer - DCN Toulon).

Guy Sciarrone suit la construction du SM97, qui deviendra le *Nautile*. Une équipe complète est détachée au montage et aux essais des équipements dans les bâtiments du Certsem (Arsenal de Toulon), avec les plongées « essais évaluation » fin 1984. Il est responsable technique et Chef pilote *Nautile* jusqu'en 1996. Il devient ensuite Chef du service « Navigation Assistance » et responsable technique des engins *Griffon* et *Erato*.

Sur les missions *Titanic*, Guy Sciarrone est en 1987, responsable technique et pilote *Nautile* (9 plongées). Il fait partie de l'équipage de la première plongée, le 24 juillet, avec une immersion à 3787 m. Il est responsable technique et pilote *Nautile* lors des missions en 1993 (6 plongées) et en 1994 (10 plongées). En 1996, il plonge 13 fois sur l'épave avec le *Nautile*.

L'avenir des technologies sous-marines

Dans les années 70, l'intérêt se portait vers les sous-marins habités car, pour les scientifiques, la présence de l'homme au fond est, comme dans l'espace, un impératif dans les missions d'exploration. Aboutissement de cette stratégie, *Nautilus*, en service depuis 1984, est l'un des six engins profonds opérationnels dans le monde qui a la capacité de plonger jusqu'à 6000 m. Caréné en 2002, il a réalisé plus de 1800 plongées. Il intervient dans la reconnaissance de sites, la mise en oeuvre et la maintenance d'instrumentation, les prélèvements... et est intervenu sur des épaves polluantes telles le *Prestige*.

Dans les années 80, les systèmes habités, également utilisés dans les applications offshores, ont été remplacés par des engins télé-opérés de type ROV (Remotely operated vehicle). Leur principale vertu est de réduire les coûts d'opérations, d'allonger les temps d'opérations sur le fond et de permettre le suivi des plongées par un plus grand nombre d'acteurs à bord du navire.

La demande de plus grande productivité sur le fond a également émergé **à partir de 1990** avec l'évolution des programmes scientifiques de l'exploration vers l'étude et l'instrumentation de sites, et vers des applications pluridisciplinaires. Opérationnel depuis 1997, *Victor 6000* a passé plus de 5000 h en plongée jusqu'à 6000 m et l'*Ifremer* fait partie, grâce à lui, des leaders mondiaux de ce secteur. L'engin peut embarquer jusqu'à 600 kg de charge utile scientifique au sein de modules instrumentés et interchangeables en mer, en fonction des missions.

Nouvelle étape dans les années 2000, afin d'élargir les territoires d'exploitation potentiels et la vitesse d'exécution, les AUVs (Autonomous Underwater Vehicle) ont ensuite complété les performances des véhicules remorqués profonds. L'unité Systèmes Sous-marins du Centre Ifremer Méditerranée de La Seyne-sur-Mer a notamment imaginé *Asterix* et *Idefx*, des engins autonomes capables d'accueillir diverses charges utiles scientifiques tout en plongeant à moins 3 000 m pendant 24 h en toute autonomie. Conçus comme des systèmes modulaires, ils assurent des missions cartographique, physique, halieutique, physico-chimique, etc. Dans cette filière, l'*Ifremer* contribue également en coopération avec une PME du Pôle de compétitivité Mer PACA au développement d'une nouvelle génération de planeurs sous-marins autonomes les *SeaExplorer*, capables d'onduler dans les 700 premiers mètres d'immersion pendant de très longues périodes (plusieurs mois) pour mesurer des paramètres physicochimiques de l'océan.

Aujourd'hui, l'*Ifremer* développe, dans le cadre d'un groupement de recherche européen qui associe des instituts de recherche français et allemands, une nouvelle génération d'engins sous-marins autonomes en énergie, dit hybrides, capables de plonger soit en mode autonome, soit en mode téléopéré au travers d'une fine fibre optique gérée depuis le véhicule. Ces engins baptisés H-ROV (pour Hybrid Remotely Operated Vehicle), sont des moyens d'intervention, d'inspection et de cartographie haute résolution, qui se positionnent entre le robot téléopéré et l'AUV. Ils seront très flexibles en terme d'usages et pourront indifféremment plonger sur de nombreux sites ; zones très accidentées profondes, comme les canyons sous marins, sites petits fonds en domaine côtier parfois encombrés, infrastructures sous marines complexes comme des observatoires sous marins, ou sous la glace. Ils pourront être déployés à partir de navires de petite taille non nécessairement spécialisés (navires sans positionnement dynamique et sans moyens importants de levage), ce qui permettra d'optimiser les coûts d'opération et la disponibilité de ces robots.

Le Centre Ifremer Méditerranée qui héberge l'unité Systèmes Sous-marins où est développé le H-ROV, va inaugurer en septembre prochain sur son site à La Seyne-sur-Mer, le Centre Européen de Technologies Sous-Marines (CETSM). Le CETSM vise à fédérer les activités scientifiques et technologiques françaises dans ce domaine et à accueillir les différents partenaires européens.

Les défis de demain

Le domaine océanique est un réservoir de ressources minérales (granulats, nodules, amas sulfurés, encroûtements...), énergétiques (pétrole et gaz, énergies marines renouvelables) et biologiques (biodiversité, souches, molécules...), dont toutes les richesses ne sont pas encore connues. Pour cela, il convient d'aboutir à une meilleure estimation des potentialités de toutes les réserves par une compréhension poussée des phénomènes ayant conduit à leur genèse et à leur localisation. La connaissance fondamentale de l'océan profond est, dans ce contexte, capitale du fait de la variété des processus géologiques, écologiques et biologiques qui s'y déroulent, de la diversité des écosystèmes qu'il abrite.

Les principaux défis concernent le développement d'instrumentations marines basées sur des disciplines variées, nécessaires pour progresser dans les moyens de mesure *in situ* (reconnaissance, évaluation des ressources, impact environnemental), de techniques expérimentales en laboratoire pour simuler certains phénomènes de fond de mer, et d'équipements innovants et fiables pour la mise en exploitation de nouveaux champs pétroliers à grande profondeur, le prolongement de l'exploitation des champs matures, l'exploitation des ressources minérales et des ressources énergétiques renouvelables.

Pour répondre à ces défis scientifiques, économiques, géopolitiques, l'Ifremer est impliqué dans des recherches sur :

- la formation des marges continentales. Elles font l'objet de recherches à forts enjeux socio-économiques, car elles sont le lieu d'enregistrements des indicateurs globaux de changement de la Planète, mais aussi de systèmes de piégeage de ressources, notamment en hydrocarbures. Cela nécessite l'étude géophysique et la réalisation de modèles et de bilans de transfert de matière à l'échelle des marges. De nouveaux outils d'imagerie à plus haute résolution sont nécessaires, sismiques et acoustiques. L'instrumentation posée sur le fond pour l'acquisition de longues séries temporelles de données apportera dans les années à venir des avancées significatives ;
- les processus géologiques et géochimiques liés aux circulations de fluides sur les marges et les dorsales océaniques. Pour localiser l'activité hydrothermale dans différents contextes géologiques, il est important de comprendre la variabilité des processus, d'identifier les zones les plus actives et de déterminer les facteurs contrôlant la dimension et la composition des minéralisations sulfurées. Des outils spécifiques d'exploration sont développés pour faciliter l'exploration avec des coûts compétitifs ;
- les risques géologiques. Les océans sont le siège d'activités sismiques, de formation d'hydrates de gaz, d'instabilités de pente liées aux accumulations de sédiments induisant des risques en zone littorale ou pour des zones d'exploitation ou de mise en place d'installations en mer (industries pétrolières et câblières) ;
- l'étude des écosystèmes. Les actions entreprises ont pour but de décrire la diversité biologique des écosystèmes profonds et comprendre les interactions entre les communautés biologiques et leur biotope par des approches interdisciplinaires multi-échelles, de l'écosystème à la molécule. Ces études sont appliquées aux effets anthropiques sur l'environnement et la biodiversité en mer profonde.