

## IV. QUELQUES MISSIONS OcéANOGRAPHIQUES

### *A. 1<sup>ère</sup> campagne océanographique moderne : la campagne multidisciplinaire du HMS Challenger*

21 décembre 1872 : début de la 1<sup>ère</sup> campagne d'exploration des fonds marins.

A la fin du 19<sup>e</sup> siècle, les scientifiques se posent deux questions concernant l'océan profond : jusqu'à quelle profondeur la vie est-elle possible ? Les abysses sont-elles le refuge d'espèces que l'on croyait disparues depuis la fin du secondaire ?

Le *Challenger* à St. Paul's Rocks



In: "The Voyage of the *Challenger* The Atlantic" Vol I, by Sir C. Wyville Thomson, 1878. NOAA Collect / Photographer: Archival Photography by Steve Nicklas, NOS, NGS

Pour répondre à ces interrogations, les anglais organisent la 1<sup>ère</sup> grande campagne d'exploration des fonds marins soutenue par le Circumnavigation Committee de la Royal Society et menée par le professeur Charles Wyville Thomson. Son étudiant canadien John Murray (1841-1914) le secondait. C'est ce dernier qui prit la succession de Thomson pour l'étude des collections issues de l'expédition et pour la publication des résultats. En effet, Thomson, tombé gravement malade au retour de l'expédition, décéda en 1879.

Le 21 décembre 1872, la corvette HMS (Her Majesty's Ship) *Challenger* quitte Portsmouth avec à son bord 23 officiers, 243 hommes d'équipage et 5 scientifiques, le navire sera de retour le 24 mai 1876. En l'espace de 3 ans et demi, le navire anglais sillonne toutes les mers du globe, parcourant ainsi 69 000 miles nautiques (l'équivalent de 130 000 km), soit 3 fois le tour du globe !

Des animaux sont récoltés jusqu'à 5 500 mètres, et la plus grande profondeur est mesurée à 8 000 mètres. *Challenger* donne réellement le coup d'envoi de l'océanographie moderne : rationalisation des méthodes de prélèvement et mise en place de nouveaux protocoles scientifiques.

Tamisage des dépôts prélevés sur le fond dans le but de découvrir des formes de vie des grandes profondeurs



SIFTING DEPOSIT.

In: "The Voyage of H. M. S. *CHALLENGER* Summary....", Part I, p. xlix. Library Call Number Q115.C4 1880 summary pt. 1. NOAA Collect / Photographer: Archival Photography by Steve Nicklas, NOS, NG

Une réponse est donnée à l'une des deux questions fondamentales de la campagne : la vie existe jusqu'à 5 500 mètres et il n'y a donc pas de limite. Concernant la deuxième question, il faudra attendre plus d'un siècle et de nouvelles découvertes pour que de nombreux fossiles vivants soient trouvés...

Même si les interrogations principales auxquelles va tenter de répondre l'expédition concernent la biologie marine, les scientifiques ont aussi l'occasion de se livrer à des études dans divers domaines de l'océanographie : géophysique\*, topographie\*, météorologie\*, zoologie\*, botanique\*. Un matériel important avait été emmené à bord et les cales du navire sont transformées en laboratoires.

Plus de 50 ans seront nécessaires à une centaine de naturalistes et de géologues pour dépouiller la matière recueillie lors de l'expédition *Challenger* : on répertorie plus de 4 000 nouvelles espèces et les cartes des fonds marins sont bouleversées, en particulier par les indices de la présence d'une dorsale dans l'océan Atlantique.

## ***B. Géosciences marines : Opération Famous***

*Famous est le premier programme d'étude à haute résolution des fonds sous-marins. La théorie de la tectonique\* des plaques, acceptée dans le monde de la science à partir de 1968, restait néanmoins une hypothèse s'appuyant sur des mesures indirectes. La nécessité de plonger pour vérifier le phénomène d'expansion océanique s'imposait alors. Une exploration d'une partie de la dorsale médio-océanique a donc eu lieu et plus exactement de la vallée profonde qui l'entaille sur toute sa longueur : le rift\*, l'endroit où se forment les plaques flottant sur du magma à la surface de la Terre, comme le veut en effet l'hypothèse de la dérive des continents.*

- **Genèse de la mission**

A l'origine, il s'agit d'une initiative franco-américaine du CNEXO\* (Centre national pour l'exploitation des océans), futur Ifremer, et de la WHOI\* (Woods Hole Oceanographic Institution).

En novembre 1971, le CNEXO et le WHOI se réunissent pour définir les objectifs de la mission et son

organisation. Ils rédigent un document commun faisant l'état des lieux des connaissances et des lacunes en ce qui concerne la théorie de la tectonique\* des plaques.

L'objectif de la mission est d'examiner en détail, de photographier et de cartographier une région dans laquelle se met en place la nouvelle croûte océanique au fur et à mesure que les plaques adjacentes (plaque Afrique et plaque Amérique) s'écartent dans leur mouvement de dérive. Si l'hypothèse de la tectonique des plaques rend bien compte du mouvement des plaques, elle n'explique pas encore bien les processus physiques responsables de la formation de ces plaques dans les zones d'écartement. De même, on connaît peu de choses sur l'activité volcanique, les phénomènes de circulation hydrothermale, la minéralisation\* qui caractérisent cette zone. Le but est de lever toutes ces incertitudes. Pour cela, des prélèvements de roche sont prévus à chaque plongée.

Le nom de l'opération provient d'une suggestion de Xavier Le Pichon : FAMOUS pour **French American Mid Ocean Undersea Survey** (littéralement, enquête sous-marine franco-américaine en plein océan).

Les chefs de projet désignés sont : Jim Heirtzler pour la partie américaine, Claude Riffaud pour la partie française.

- **Une préparation impressionnante**

Le choix des sous-marins se fait en fonction de leurs capacités à descendre à environ 3 000 mètres, profondeur estimée de cette zone. *Archimède* et *SP 3000* (future *Cyana*) pour la France / *Alvin* pour les Etats-Unis). *Archimède* a déjà effectué de nombreuses plongées et a montré sa fiabilité.

*L'Archimède*



Crédit : Comex

Après avoir été défini, le site Famous, qui s'étend sur une vingtaine de kilomètres à 900 kilomètres à l'ouest des Açores, est soigneusement cartographié. Ce qui permet d'attribuer les sites de plongée aux sous-marins suivant leurs capacités :

- Le fond de la vallée pour *Archimède* (lourd, peu manoeuvrant)
- la zone Sud et les flancs du rift pour *Alvin*
- la faille transformante\* Nord pour *SP 3000*, supposé plus manoeuvrant

La mise au point des équipements représente deux ans d'efforts, du côté français, comme du côté américain. 23 navires de surface de divers pays (navires français, américains, britanniques, soviétiques) sont déployés pour des études pré-mission. Jamais un programme aussi exhaustif et précis sur une zone du fond des océans n'avait été réalisé auparavant. Les études réalisées en amont

concernent : des mesures des courants, des relevés bathymétriques\* pour ne pas descendre en aveugle sur fond inconnu (on utilise de nouveaux sondeurs\* à pinces étroites, les plus précis à l'époque), des missions de dragage pour fournir des échantillons de roche aux géologues, des opérations sismiques pour renseigner les géophysiciens sur la structure de la croûte aux abords du rift...

Pour la première fois, des explorateurs des grands fonds allaient plonger en sachant avec précision dans quelle zone ils évolueraient.

Un effort considérable est aussi fait en ce qui concerne l'équipement des sous-marins et navires. Des caméras, appareils photographiques, systèmes d'enregistrement sont embarqués. Sur *Archimède*, des bras hydrauliques\* sont conçus pour prélever des roches ; un équipement spécial de recharge de ses batteries est emmené à bord de son navire support le *Marcel Le Bihan*... La Marine américaine promet une couverture complète de la zone par un nouveau procédé encore un peu confidentiel : le Libec (Light behind camera).

Un système de navigation ayant pour objectif de pouvoir reconstituer sur une carte le trajet sous-marin et retrouver les points précis d'une plongée sur l'autre est mis en place par Thomson-CSF (groupe industriel français résultat de la fusion en 1968 de l'activité électronique de l'entreprise Thomson-Brandt et de la CFS, Compagnie Générale de Télégraphie Sans fil) et la Marine nationale. Ce système repose sur un champ de trois balises acoustiques mouillé sur le fond, en triangle, maintenues par flotteurs à environ 100 mètres du fond. Le navire interroge les balises à cadence régulière et les réponses sont enregistrées par un ordinateur. Le navire peut alors se localiser précisément non plus grâce au satellite mais grâce à une balise située sur le fond.

De plus, le submersible est constamment suivi en plongée depuis la surface, par l'intermédiaire d'un téléphone sous-marin entre le navire et le sous-marin : le Tuux, qui a nécessité 18 mois d'élaboration.

- **Déroulé de la mission**

C'est l'équipe française et *Archimède* qui lancent l'opération.

Il existe 2 groupes pour la partie française :

1. *Archimède* / *Marcel Le Bihan*, personnel de la Marine nationale française, ingénieurs et techniciens CNEXO en charge du positionnement et de l'instrumentation du sous-marin.
2. *Cyana* (ex *SP 3000*) / *Noroît*, personnel CNEXO, Jean Jarry à la direction.

Pour l'équipe américaine, la maîtrise d'œuvre est assurée par le WHOI, sous la direction de Jim Heirtzler. *Alvin* possède sa propre équipe de pilotes, ingénieurs et techniciens. Les bâtiments opérationnels sont *Knorr* et *Lulu*.

51 plongées auront lieu dans un relief tourmenté : 19 pour *Archimède*, 15 pour *Cyana* et 17 pour *Alvin*.

- **Résultats**

Famous a permis de réaliser une topographie des lieux avec une précision jamais atteinte auparavant, à quelques mètres près.

L'étude géologique de cette zone est comparable à celle effectuée sur les continents. Avant la mission Famous, les océanographes avaient dû se contenter d'extrapoler des considérations géologiques à partir de données géophysiques recueillies depuis la surface, sans aucune vérification directe possible.

Cette opération apporte une dimension nouvelle à l'océanographie, elle n'est pas un simple travail d'observation mais a permis la mise au point d'un outil d'investigation incomparable.

Le recueil des données est précis, le travail répond à des critères scientifiques objectifs et est un exemple des possibilités que peut offrir une importante mobilisation scientifique et technique internationale.

Pour en savoir plus :

Voir le film en ligne retraçant l'opération Famous sur le site du CERIMES (Centre de ressources et d'information sur les multimédias pour l'enseignement supérieur) :

<http://www.cerimes.education.fr/index.php?page=fiches&op1=view.1410.1.7.247>

### ***C. Océanographie spatiale : Projet Topex-Poseidon***

*Le projet Poséidon consistait à embarquer un radar altimétrique sur une plate-forme satellitaire. L'objectif premier était d'étudier la circulation des océans et sa variabilité, l'état de la mer et les marées océaniques. Ce projet est concrétisé en 1992 avec le lancement du satellite franco-américain Topex-Poséidon.*

Le 10 août 1992, la fusée *Ariane 4* est lancée depuis le centre spatial de Kourou (Guyane) afin de placer en orbite le satellite *Topex-Poseidon*, à l'initiative du CNES (Centre national d'études spatiales) et de la Nasa (National Aeronautics and Space Administration), qui souhaitaient développer une mission dédiée à l'étude des océans. Ce satellite est placé à 1 336 kilomètres d'altitude, il a une orbite\* particulière (de forme circulaire) et une inclinaison de 66 degrés sur l'équateur. Il effectuera des mesures et couvrira tout l'océan entre le 66<sup>e</sup> parallèle Nord et le 66<sup>e</sup> parallèle Sud.



Topex-Poseidon

Crédit : CNES

Topex-Poseidon est la jonction des noms des deux projets développés aux Etats-Unis (TOPEX) et en France (Poseidon), qui forment alors une mission conjointe. *Poseidon* (nom du dieu de la mer dans la

mythologie grecque) est le nom de l'altimètre\* embarqué sur le satellite. « TOPEX » signifie TOPOgraphy Experiment for ocean circulation.

Ce satellite permettra de mesurer la hauteur des océans de façon très précise pour pouvoir étudier le niveau de la mer, la circulation océanique (courants...), les interactions avec l'atmosphère...

Grâce aux instruments embarqués sur *Topex-Poseidon* et à la combinaison de leurs résultats, on peut savoir à quelques centimètres près où se trouve le satellite lorsqu'il effectue ses mesures.

Ces instruments sont : un altimètre, un radiomètre tri-fréquence, trois systèmes d'orbitographie précise (un réflecteur laser qui donne une distance par rapport à des stations au sol, un récepteur GPS qui donne une distance par rapport à des satellites, un récepteur du système de positionnement DORIS qui donne la vitesse de rapprochement ou d'éloignement du satellite par rapport à des stations au sol). Le réseau DORIS est constitué d'environ 50 balises réparties sur toute la planète, qui peuvent par exemple permettre de calculer l'orbite d'un satellite.

L'orbite élevée et inclinée du satellite est définie en fonction de sa mission. Elle tient aussi compte de la zone à observer (c'est-à-dire 90% de la surface des océans), du rythme des marées, du survol de deux sites (un aux Etats-Unis, l'autre en Italie) utilisés pour paramétrer les instruments au début de la mission.

Après avoir effectué 127 tours en environ dix jours, le satellite repasse à proximité des mêmes points à un kilomètre près, décrivant un maillage régulier des traces au sol. Le même cycle recommence tous les dix jours.

*Topex-Poseidon* a fait progresser l'étude des océans, en permettant :

- de couvrir de façon globale et continue la topographie\* de la surface des océans et ses variations ;
- les premières descriptions globales sur dix ans des variations des courants ;
- une plus grande précision des mesures de l'élévation du niveau des océans ;
- une meilleure compréhension du rôle des marées dans la circulation océanique\* en eaux profondes ;
- le développement de modèles\* globaux de marées océaniques très précis.

**Exemples concrets d'applications de *Topex-Poseidon* :**

- *Topex-Poseidon* a permis d'étudier les saisons océaniques, c'est-à-dire les variations de température des océans. Dans l'hémisphère Nord, l'océan reçoit davantage de chaleur en été, ce qui a pour effet de le dilater. Deux mois après, à l'automne, quand la chaleur s'est diffusée dans les 1 000 premiers mètres d'eau, en automne, le niveau océanique maximal est atteint ;

tandis que le niveau le plus bas est atteint au printemps, deux mois après le refroidissement de l'hiver. Le satellite a permis de découvrir la véritable amplitude de ces variations : jusqu'à 5 centimètres au-dessus du niveau moyen des océans alors qu'on l'estimait à l'époque de 1 ou 2 centimètres.

- Pour la première fois aussi, *Topex-Poseidon* a permis de surveiller de façon globale et continue l'évolution du phénomène El Niño. Il s'agit d'un phénomène climatique très intense qui a lieu dans le Pacifique au large du Pérou. Les eaux habituellement froides (18-22 C°) sont en quelques mois remplacées par des eaux plus chaudes (25-29 C°), ce qui a des conséquences importantes sur la faune et la flore, le climat, les ressources...En 1997, le phénomène a été particulièrement important et dès le mois de mars *Topex-Poseidon* a observé les premières manifestations du phénomène : la propagation d'une « bosse » d'eau chaude, surélevée de 20 à 30 centimètres par rapport au reste de l'océan, qui a traversé le Pacifique d'ouest en est.

Le programme *Topex-Poseidon* ne devait durer que cinq ans, le satellite avait été conçu pour ce temps donné d'exploitation, mais en réalité son observation continue des océans a duré treize ans ! C'est la plus longue mission d'observation radar depuis une orbite terrestre !

Le 9 octobre 2006, un incident survenu sur une des roues à inertie du satellite lui fait perdre ses capacités de manœuvre sur orbite. Le satellite n'est plus opérationnel, il restera sur son orbite, sans danger pour la Terre. C'est la mission *Jason* qui prend la suite, elle a été lancée en 2001. Le satellite *Jason* évoluait depuis presque trois ans en tandem avec *Topex-Poseidon*, doublant ainsi les données collectées et permettant d'étudier des phénomènes à plus petite échelle.



Crédit : CNES

Jason 2



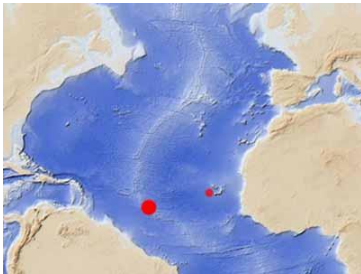
Crédit : CNES

Pour en savoir plus sur *Jason 2* :  
<http://jason2-cnes.fr/>

Le successeur de *Jason* (*Jason 2*) vient d'être lancé le 20 juin dernier depuis la base Vandenberg en Californie et sa mise en orbite\* grâce au lanceur *Delta 2* a été réussie. Son orbite\* lui permettra de balayer 95% de la surface des mers libres. *Jason 2* continuera les observations du niveau des océans et de la circulation des courants océaniques initiées en 1992 par *Topex-Poseidon* et reprises par *Jason 1* à partir de 2001.

### ***D. Océanographie biologique : une des composantes de la campagne Serpentine***

*La campagne Serpentine est une campagne franco-russe multidisciplinaire qui s'est déroulée du 26 février au 6 avril 2007 sur la dorsale atlantique entre 13° et 17° Nord.*



← Dorsale Atlantique.

La partie explorée lors de la campagne Serpentine correspond au gros point rouge.

Crédit : Photothèque Ifremer

La campagne tire son nom de la roche hydratée produite par la réaction entre l'océan et le manteau terrestre porté à l'affleurement\* : la serpentine.

Les recherches concernaient aussi bien les sciences de la vie que les sciences de la terre puisqu'il s'agissait d'étudier les variabilités géologiques, géochimiques, biologiques et microbiologiques des processus hydrothermaux associés aux roches du manteau à l'axe des dorsales lentes.

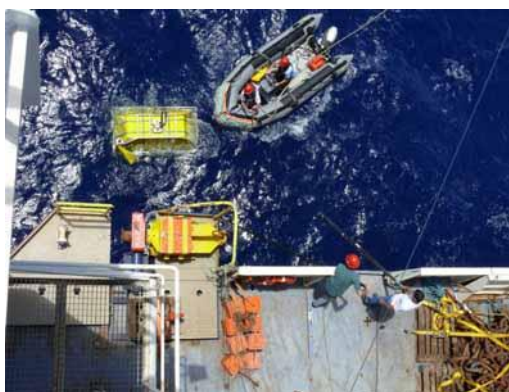
Le chef de mission était Yves Fouquet, responsable du laboratoire de Géochimie et Métallogénie d'Ifremer de Brest et du programme GEODE (programme pluridisciplinaire d'études des milieux extrêmes dans les grands fonds).

Une dizaine d'organismes russes et français a participé à cette campagne, dans des spécialités telles que la biologie et la microbiologie, la géologie, la géochimie\*, la métallogénie\* (science des gisements métallifères).

#### Prise de température sur un fumeur du site d'Ashadze



Ifremer-Victor / Campagne Serpentine 2007



Cette campagne a eu lieu à bord du *Pourquoi Pas ?* Le ROV *Victor 6000* a permis de réaliser des prélèvements de diverses natures : eau, fluides hydrothermaux, roches, échantillons biologiques...

← Récupération de l'ascenseur du *Victor 6 000* à bord du *Pourquoi pas ?*

Ifremer/ Campagne Serpentine 2007/Daniel Desbryères

De nouveaux sites hydrothermaux ont été découverts :

- des sites actifs : Ashadze 1, Ashadze 2, Ashadze 3
- un site inactif : Logatchev 5

Ces découvertes et les plongées sur ces sites ont permis de faire diverses observations sur les propriétés physiques, chimiques et géologiques des lieux mais nous évoquerons ici ce qui concerne la biologie.

Sur les sites Ashadze, une faune différente des autres sites de l'Atlantique a été découverte : anémones, crevettes, vers tubicoles\*...

Sur le site Logatchev 2, des champs de moules mortes, aux coquilles récentes et intactes, laissent penser qu'un incident aurait détruit l'environnement qui permettait la croissance de ces moules.

Les biologistes ont pu étudier les crevettes *Rimicaris*. Ces crevettes, présentes sous formes d'importants essaims sur les sites hydrothermaux, ont un mode de nutrition qui intrigue les scientifiques. On ne sait pas si elles consomment les communautés microbiennes qui vivent sur les parois des cheminées hydrothermales et si elles disposent d'une microflore digestive.

Essaim de crevettes *Rimicaris*  
sur le site hydrothermal Logatchev



Ifremer-Victor / Campagne Serpentine 2007

La campagne Serpentine a aussi été l'occasion d'étudier les microorganismes piezophiles. Ceux-ci peuplent les grands fonds, ils sont aussi appelés barophiles (aimant la pression) et font partie des extrémophiles (qui vivent dans des conditions extrêmes) tout comme les microorganismes hyperthermophiles (croissance optimale au-delà de 80°C) qui ont déjà été localisés sur des sources hydrothermales. Les scientifiques s'interrogent sur l'évolution de leur croissance en fonction des facteurs que sont la température et la pression.

L'analyse des fluides hydrothermaux issus des nouveaux sites découverts permettra d'étudier la synthèse du méthane et de l'hydrogène dans ces lieux. On sait que cette synthèse est nécessaire au développement d'une biosphère profonde mantellique (organismes vivant sous le plancher océanique / mantellique ou mantélique : propre au manteau terrestre). Cela permettra d'avancer dans la connaissance des microorganismes qui vivent sous le plancher océanique. Certains ont été découverts jusqu'à 1 600 mètres sous le plancher océanique, par une profondeur de 4 500 mètres d'eau.

Une autre action menée pendant la campagne est de continuer les recherches entreprises internationalement pour comprendre si les sites hydrothermaux de la dorsale médio-atlantique ont pu servir de milieux relais pour certains groupes zoologiques, vivant des deux cotés de l'Atlantique. En effet, il existe des ressemblances entre la faune des sources hydrothermales profondes et celle des sources froides sur les marges continentales (à proximité des canyons creusés par les grands fleuves comme la Mississippi, le Zaïre). Elles utilisent toutes deux les fluides riches en éléments réduits. Les sources froides constituent un suintement de fluide enrichi en méthane et autres hydrocarbures sur le plancher océanique. Les sources hydrothermales constituent une source d'eau chaude, riches en minéraux. Des espèces identiques ont été repérées dans des milieux très différents et éloignés sur les deux bords de l'Atlantique. Une hypothèse serait que ces communautés d'êtres vivants auraient une origine commune et se seraient éloignées et différenciées dans le temps suite à l'ouverture de l'Atlantique.

Pour en savoir plus sur la campagne Serpentine : <http://www.ifremer.fr/serpentine/>