

Session 7 : Ocean observation with submersible

**OBSERVATION OF STEEP ROCKY BATHYAL SLOPES (BIOLOGY
AND GEOLOGY) USING DIVING SAUCER.**

Michel Roux

Laboratoire des Sciences de la Terre, Université de Reims,
B.P. 347, 51062 REIMS CEDEX.

On the bathyal slope of continental margins, steep and rocky substrates punctuated with cliffs and collapsing zones are frequently found. As survey and sampling with the classical technics from the sea surface is practically impossible in such an environment, *in situ* exploration with a submersible allows significant advances in ecology, with implications in paleoenvironment reconstruction.

Mixing of material from shallow-water and deep-sea origins into bathyal sedimentation suggests that the so-called "fossil assemblages of outer platform" were frequently misinterpreted. Dense populations of animals closely related to fossil groups which were only considered as relict of the Past ("living fossils") and previously interpreted as shallow-water inhabitants during geological times can be discovered living in such bathyal communities. The role of bathyal ecological niches during global bioevents brings a new vision of the history of life in the Ocean through geological time and has to be further investigated. Examples from cruises monitoring the diving saucer Cyana (SP 3000) in the Bay of Biscay and off New Caledonia are given.

As a large part of biological and geological information is documented only from the preliminary diving reports and from the video or photographic survey, the scientific importance of a good quality of the latter is obvious. Qualitative and quantitative studies (population densities, microdistribution, size and identification of animals and rocks, ethology, biomass estimation, etc...) using the new technology of image processing should be developed after the cruises for a better exploitation of the data which were collected.

Les soucoupes plongeantes, outils privilégiés de l'exploration des zones peu accessibles de l'environnement bathyal (Biologie et Géologie).

Michel Roux

Laboratoire des Sciences de la Terre, Université de Reims
B.P. 347, 51062 REIMS CEDEX.

L'excès de fractionnement de la recherche scientifique en disciplines cloisonnées voire rivales a laissé des champs inexplorés. Des sciences nouvelles développées à l'interface d'anciennes disciplines apportent un regard et des concepts nouveaux et parfois des découvertes inattendues. En océanographie, ce fut le cas de la géochimie et de la géophysique. Mon propos va concerner le domaine de la géobiologie, discipline encore naissante surtout en France, et l'importance que revêtent les observations directes des fonds bathyaux à l'aide des submersibles.

L'histoire des êtres vivants et celle du monde minéral sont indissociables car soumises à des interactions fonctionnelles permanentes. Ces dernières sont spectaculairement illustrées par le cas des sources hydrothermales océaniques et de l'écosystème si particulier qu'elles entretiennent. Je me limiterai ici à évoquer l'environnement bathyal sur le talus continental qui relie la plate-forme littorale aux abysses. C'est une sorte de sanctuaire où survivent des formes animales ancestrales, et une référence importante pour la reconstitution de l'évolution géologique des océans et notamment de leurs marges.

La pente continentale présente souvent des fonds durs, ou juste recouverts par des flaqes sédimentaires, dont le relief peut être escarpé voire rocailleux. Les moyens classiques de prélèvement à partir de la surface ne donnent qu'une vision très partielle de ces fonds où le taux de perte et de casse des engins dragués est élevé. L'intervention par submersible habité a permis des progrès considérables. Grâce à sa maniabilité, la SP 3000 Cyana est particulièrement performante pour l'exploration des zones au relief tourmenté.

L'observation directe du milieu naturel est irremplaçable. La méthodologie de recherche avec sa séquence classique voir-mesurer-comprendre (ou, plus précisément, observer-quantifier-analyser-interpréter-modéliser) est un cycle où le retour régulier à l'observation constitue le moyen le plus sûr de tester la validité des interprétations et des modèles. Notre imagination s'est risquée, depuis plus d'un siècle, à reconstituer l'évolution des peuplements

biologiques de l'océan profond au cours des temps géologiques, bien qu'une grande part de ces fonds fussent inaccessibles à l'observation directe jusqu'à une période récente! Depuis une dizaine d'années, les submersibles ont permis d'amorcer un renouvellement des idées en ébranlant des hypothèses qui, bien que classiquement évoquées, ne sont pas fondées sur des observations directes.

L'une de ces hypothèses fut émise par le zoologiste norvégien Michael Sars au milieu du siècle dernier : pour échapper à la compétition qui sévit dans les eaux littorales, des animaux archaïques (les fossiles vivants) se réfugieraient dans les profondeurs océaniques. L'idée fut féconde puisqu'elle stimula l'exploration océanographique dans la seconde moitié du XIXe siècle. Les espèces qualifiées de "fossiles vivants" sont des formes qui étaient connues depuis longtemps à l'état de fossiles dans les couches géologiques et que l'on découvre encore vivantes dans la nature actuelle. Certaines d'entre elles sont aujourd'hui les seuls représentants de familles jadis florissantes, des témoins à peine transformés (formes panchroniques à évolution très lente) de la vie dans les océans telle qu'elle existait il y a plusieurs centaines de millions d'années. Plusieurs espèces de Lys de Mer (ou crinoïdes), le Coelacanthé ou le Nautilé font partie des fossiles vivants les plus connus.

Avant le milieu du XIXe siècle, il était admis que la vie ne pénétrait pas dans l'océan profond. En conséquence, les géologues interprétaient toutes les couches sédimentaires fossilifères comme déposées sur des plates-formes littorales à faible profondeur (domaine néritique). En fait, dès les premières grandes croisières océanographiques, on sut que l'océan profond était peuplé de formes variées, parfois très spécialisées, parfois plus archaïques. Mais au lieu d'en conclure que certaines roches fossilifères pouvaient correspondre à un environnement profond, on ne modifia pas les interprétations géologiques antérieures. L'adoption de l'hypothèse de Sars, invoquant un changement de milieu des fossiles vivants sous la pression de la sélection naturelle (notamment des prédateurs), fermait en fait la porte à toute interprétation actualiste des paléocommunautés marines. Ainsi ne faut-il pas s'étonner de l'importance excessive donnée au domaine néritique dans les reconstitutions paléogéographiques et parfois même de la quasi inexistence du domaine bathyal!

Dans la décennie écoulée, la généralisation d'observations directes des fonds bathyaux à l'aide de submersibles ont ébranlé de manière décisive l'hypothèse de Sars. Nous soulignerons quelques points importants : (1) la sélection naturelle, notamment la pression prédatrice, est au moins aussi importante dans les grands fonds qu'à

faible profondeur, (2) la densité des populations benthiques bathyales permet souvent l'accumulation et la conservation de couches fossilifères, (3) certains organismes (comme les crinoïdes) colonisent la bordure externe des plate-formes à partir du domaine bathyal et non l'inverse, (4) les algues photophiles et les coraux hermatypiques (vivant en symbiose avec des algues) survivent à des profondeurs nettement plus importantes qu'il n'était communément admis. La zonation bathymétrique des organismes, leurs stratégies adaptatives, leurs comportements sont progressivement précisés, ainsi que les modalités d'enfouissement et de fossilisation des coquilles et squelettes. Les principaux programmes furent développés par les équipes américaines au large des Caraïbes et de la Floride avec le Nekton Gamma, l'Alvin et le Johnson Sea-Link, et par les équipes françaises dans le Golfe de Gascogne et au large de la Nouvelle-Calédonie avec principalement la soucoupe Cyana.

Les données acquises dans les océans actuels grâce aux submersibles, leur analyse qualitative et quantitative aboutissant à l'élaboration de modèles transposables à l'interprétation des archives paléontologiques, ont permis, par exemple, une reconstitution de l'histoire de la marge océanique, de son enfoncement progressif (subsidence) et des variations relatives du niveau marin au cours de l'ouverture de la Téthys mésogéenne, océan installé à l'emplacement des Alpes il y a 140 millions d'années. Une partie de la faune de cette marge téthysienne a survécu dans le Pacifique occidental à la suite de la fermeture de la Mésogée et de la surrection des montagnes alpines. La Nouvelle-Calédonie est une des zones les plus riches en fossiles vivants d'origine mésogéenne. Dans cette région, ce sont un environnement et une faune très proches de ceux qui existaient il y a 140 millions d'années dans l'océan alpin qui ont été explorés lors de la campagne CALSUB par la soucoupe Cyana.

Outre l'utilité économique que de telles recherches peuvent présenter au plan de la localisation de matériaux sur les marges fossiles (hydrocarbures, phosphates...) ou au plan des ressources vivantes (potentialités halieutiques des fonds épibathyaux tropicaux, molécules d'intérêt pharmacologique concentrées dans les tissus de certaines espèces), leur intérêt culturel ne me paraît pas négligeable. A une époque de crise économique et sociale propre à un pessimisme ambiant, les vieilles théories catastrophistes redeviennent à la mode et s'opposent au gradualisme darwinien endormi par son succès. Comme l'a souligné récemment S. J. Gould, notre vision de l'évolution de l'Univers et du monde vivant oscille entre deux perceptions de la notion de temps : le temps cyclique, générateur de crises et de rajeunissements périodiques, et le temps linéaire générateur de pérenité et de progrès. Les fossiles vivants,

préservés en milieu bathyal à l'abri des variations du niveau marin et des réductions drastiques du flux nutritif vers les plus grandes profondeurs, témoignent de la pérennité de la vie au travers des crises majeures de la biosphère qui jalonnent l'histoire de la Terre. Connaître les stratégies de survie de ces organismes me paraît un objectif stimulant et constituant une bonne antidote contre les excès des nouveaux catastrophistes. Par ailleurs, les fossiles vivants peuvent apparaître comme autant d'exceptions à la règle darwinienne de l'évolution par la sélection naturelle, comme autant de faiblesses apparentes dans cet édifice théorique que d'ardents défenseurs se plaisent à présenter comme invulnérable. Un peu d'impertinence face à une théorie établie qui risque de se figer en un dogme, reste toujours nécessaire au progrès scientifique...

L'importance des observations directes à partir des submersibles nécessite une amélioration de certains outils, bien que celle-ci dépende parfois des choix prioritaires qui président à la conception de la soucoupe. Pour Cyana (IFREMER, France), l'option prise vers un maximum de mobilité aboutit à limiter les équipements externes, tandis que l'option inverse est celle du Johnson Sea-Link (HBOI, Floride) particulièrement bien conçu pour maximaliser l'échantillonnage et la précision des prises de vue. J'insisterai ici sur la qualité des images recueillies (photos et vidéos) qui conditionne leur valorisation scientifique à bord puis au laboratoire.

Lors de plongées dans des zones peu accessibles par les moyens classiques de surface, la part de découvertes fortuites (organismes nouveaux, structures géologiques originales) est importante. Au hublot, elles peuvent passer inaperçues ou être examinées de manière inappropriée car le scientifique qui les observe ne peut être spécialiste en toute chose. L'examen des bandes vidéo et photographiques par différents spécialistes réunis à bord est indispensable, surtout en équipe pluridisciplinaire, avant de fixer les objectifs de la plongée suivante. Beaucoup d'objets biologiques et géologiques sont de petite taille (nécessité de mettre en oeuvre des zooms sur les caméras) et doivent être orientés avec précision par rapport au cap. Avec une soucoupe comme Cyana, le prélèvement d'organisme ou de roche sur une pente forte est rarement possible : seuls restent les documents vidéo et photographiques.

Il est impossible d'embarquer un éventail complet de spécialistes et, par exemple pour les organismes, l'identification, l'étude détaillée du comportement, du mode de nutrition et de locomotion seront analysés après la campagne. La qualité des résultats dépendra étroitement de la qualité des documents. Les échelles de référence précises conditionnent les mesures (tailles,

surfaces, volumes, couleurs) et l'analyse quantitative (densité des peuplements, microdistribution, biométrie, évaluation des biomasses). Le système d'échelle et de mise au point à l'aide de pinceaux laser dont est équipé le Johnson Sea-Link, a permis un progrès considérable dans la qualité des documents et leur valorisation scientifique. Par ailleurs, la masse de clichés collectés au cours des plongées en submersible n'est guère utilisable par la communauté scientifique si elle reste simplement accumulée dans les photothèques ou dispersée dans les laboratoires qui réalisent les campagnes. Il faut penser à traiter l'observation en submersible des fonds océaniques avec les nouvelles technologies de l'imagerie scientifique comme on traite désormais l'observation spatiale transmise par satellite.

Les campagnes en submersible nous ramènent souvent de merveilleuses photographies des fonds bathyaux et des faunes qui y vivent. Mais au delà du spectacle qu'offre la Nature, et parfois de notre émerveillement, il y a l'irremplaçable observation directe qui en amont de la démarche scientifique nourrit mesures et analyses et en aval permet de tester les hypothèses. Les pentes peu accessibles de l'environnement bathyal restent encore largement une zone d'ombre dans notre connaissance des océans, de leur histoire géologique et de l'évolution de la vie. Bien des découvertes sont encore à faire et l'exploration à l'aide des submersibles habités y tient une place de premier plan qui incite à poursuivre l'effort de développement des outils de saisie et de valorisation de l'observation.

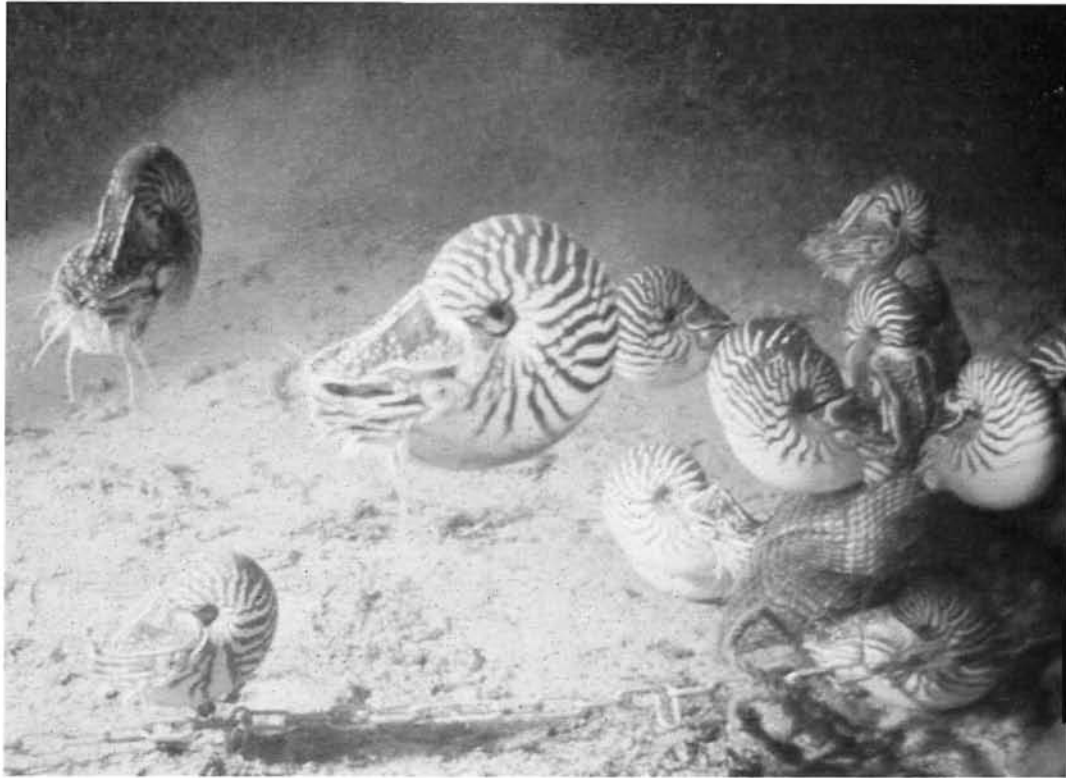


Fig. 1 : Le Nautilé de Nouvelle-Calédonie (*Nautilus macromphalus*). Groupe attiré par un appât par 413 m de profondeur.

Les Nautilés sont connus dans les séries géologiques depuis le milieu du Primaire, soit environ 400 millions d'années. Ils vivent entre 600 m de profondeur et la surface, et peuvent survivre temporairement en aquarium. Mais leur optimum écologique se situe vers 400 m où ils s'avèrent beaucoup plus actifs qu'en surface. À la mort de l'animal, la coquille dont les loges sont remplies de gaz, peut dériver sur des milliers de kilomètres. Néanmoins, la soucoupe Cyana a permis de montrer que la plus haute fréquence de coquilles observées en cours de fossilisation se situe au voisinage immédiat de l'optimum écologique entre 300 et 400 m de profondeur.

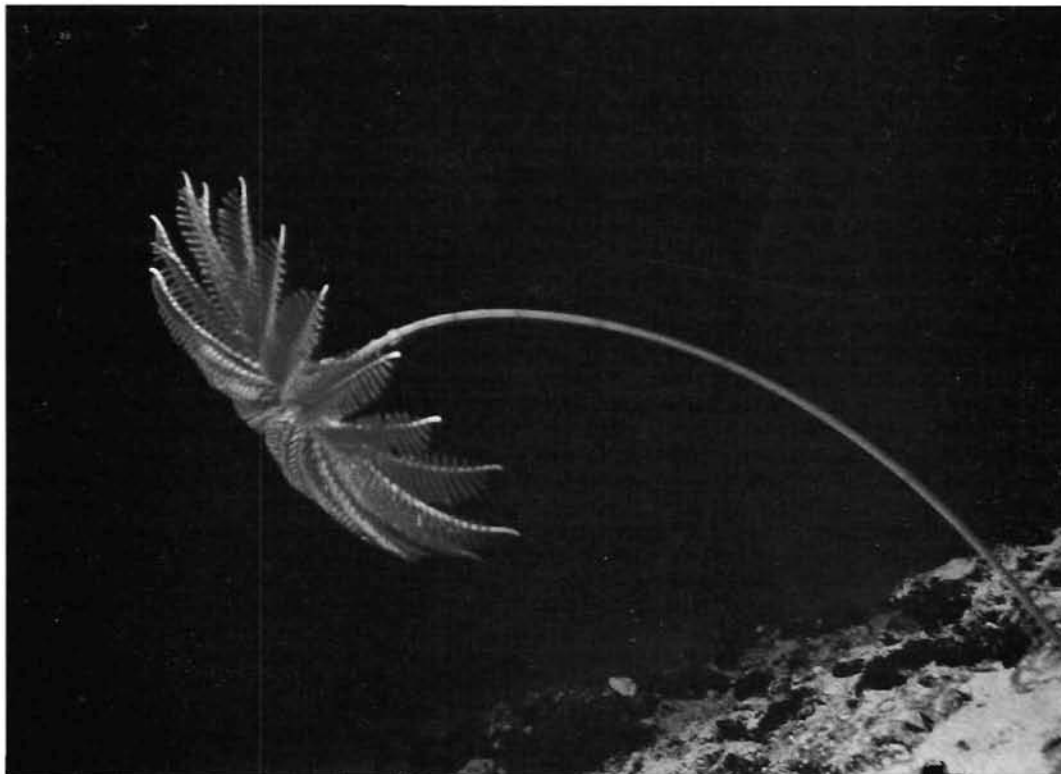


Fig. 2 : Le Lys de mer *Proisocrinus ruberrimus* (Crinoïdes pédonculés) est aujourd'hui le seul représentant d'une famille qui était florissante dans la Téthys mésogéenne, il y a 140 millions d'années. Il vit dans le Pacifique occidental et central entre 800 et 1 600 m de profondeur où il filtre les particules nutritives en suspension dans l'eau. L'accumulation des pièces squelettiques des crinoïdes constitue une roche bien connue des géologues : le calcaire à Entroques.

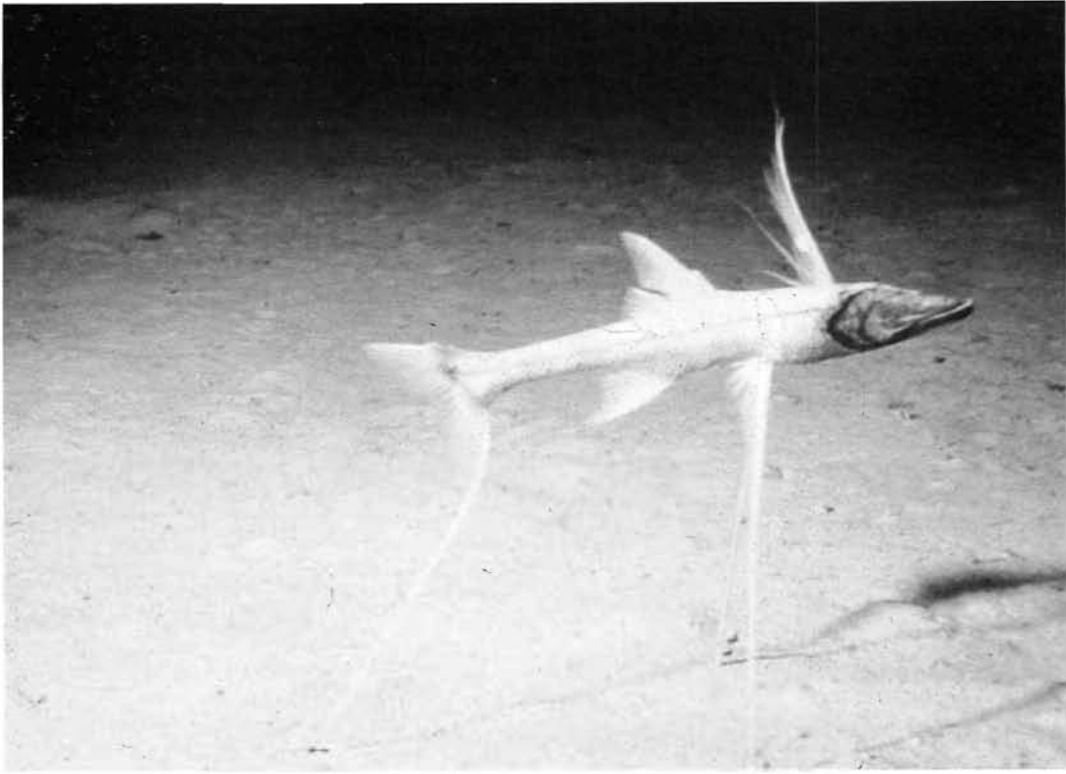


Fig. 3 : Les poissons du genre *Bathypterois*, observé ici par 2015 m de fond, possède de longues nageoires pectorales et caudale sur lesquelles il s'appuie au repos, à l'affût d'une proie. C'est une forme très typique, adaptée à l'écologie des grands fonds.

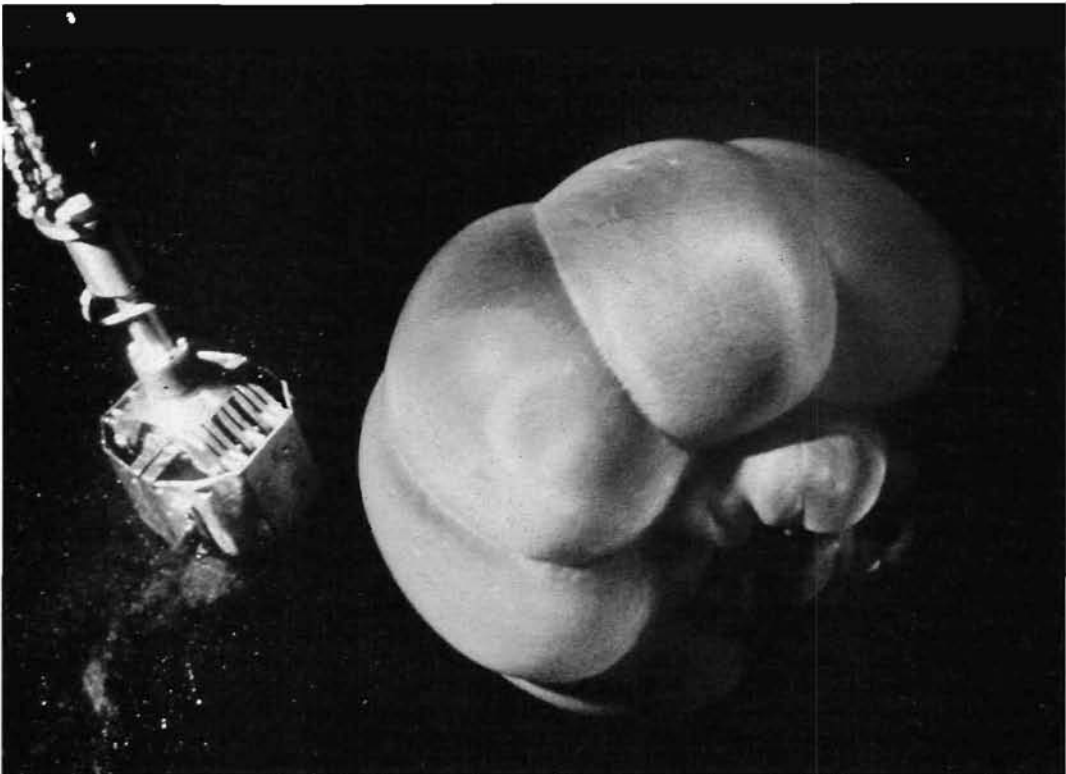


Fig. 4 : Le comportement étonnant de ce poulpe bathyal du genre *Vampyroteuthis* (ici par 2 880 m de profondeur) a pu être filmé par Cyana en une séquence très complète qui, au retour de la campagne, a été analysée par les spécialistes au laboratoire. Il s'agit d'une réaction de défense face à l'agression d'un prédateur ; l'agresseur est ici la pince de Cyana. Ce cliché montre la phase où la membrane qui relie les bras du poulpe, se gonfle en forme de citrouille. L'animal devient méconnaissable et paraît plus gros qu'il n'est ; par ailleurs, il offre peu de prise à la préhension lors d'une attaque.

Ces quatre photographies ont été prises par la soucoupe Cyana lors de la campagne CALSUB (INSU-CNRS, Groupe de Recherche Ecoprophyce) au large de la Nouvelle-Calédonie.