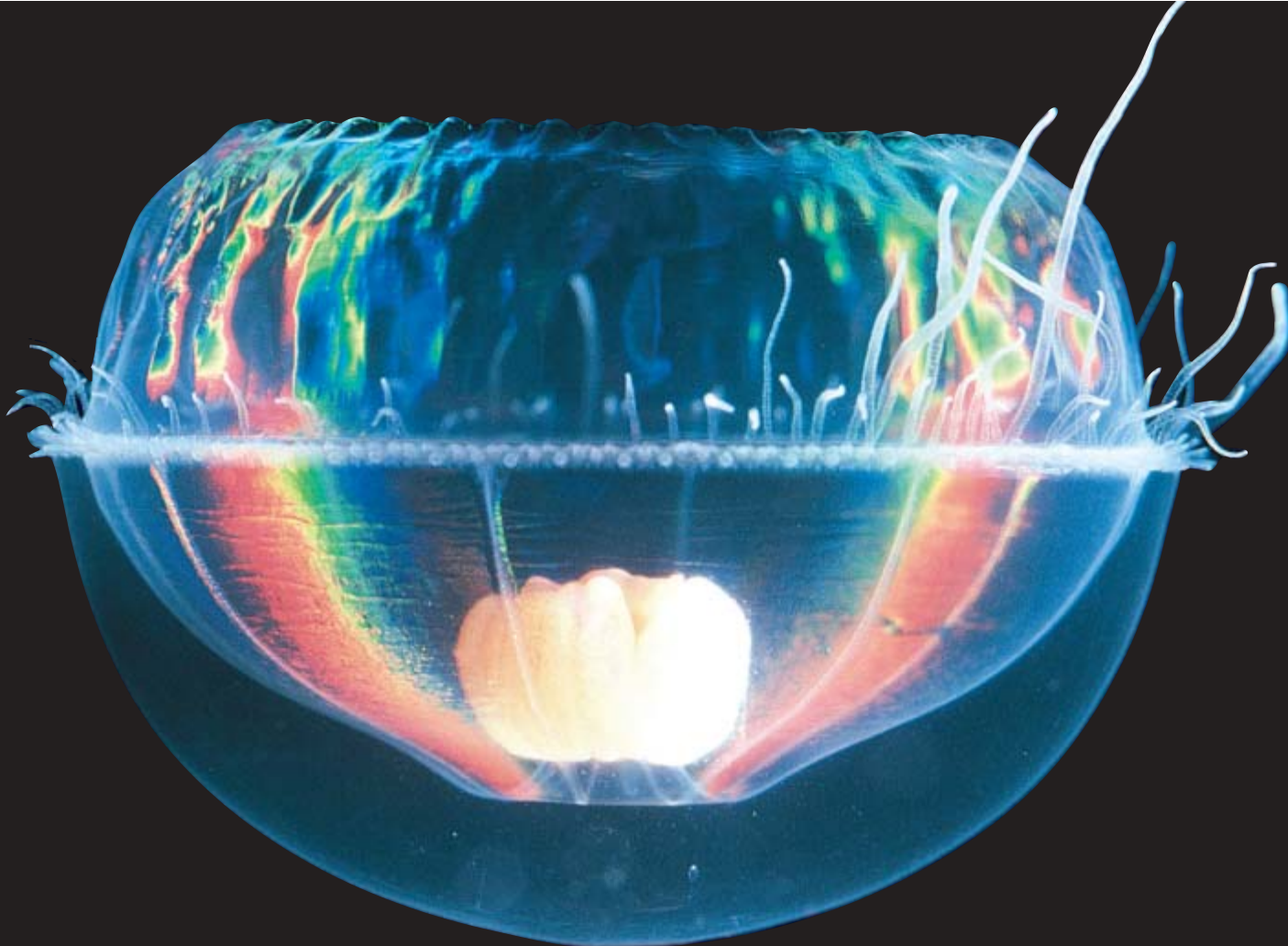




Laurence P. Madin (Whoi) (arctapodema) ; G. Richard Harbison (Pterosoma, Ctenophora et Vitreledonella richardi) ; Edith A. Widder (cystosoma)

La ménagerie de verre

L'hydroméduse du genre *Arctapodema* (en haut, à gauche) se pare de couleurs irisées quand la lumière du flash du photographe se reflète sur les fines striations musculaires de l'animal. La rétine allongée du gastéropode transparent *Pterosoma* (en bas, au centre) capte les images ligne par ligne, comme une caméra de télévision. L'amphipode (en haut, à droite), connu sous le nom de *Cystosoma*, ressemble à un cafard en cristal de cinq centimètres de longueur. Sa carapace contient surtout de l'eau et un minuscule intestin en forme d'aiguille (invisible sur ce cliché). Rarement capturée, la pieuvre transparente *Vitreledonella richardi* (à gauche) est mal connue. Plus encore, l'animal (en bas à droite) n'a pas de nom, car il n'a été découvert que très récemment.



Une vie de gélatine

La plupart de ces animaux sont en grande partie constitués d'un matériau gélatineux qui leur confère de nombreux avantages. Puisque cette substance contient surtout de l'eau incompressible, les animaux ne sont pas écrasés par la pression due à la profondeur. Cette substance a la bonne densité pour leur permettre de flotter au-dessus des abysses. De plus, elle est inerte et facile à synthétiser ; les animaux qui en contiennent peuvent vivre même quand la nourriture est peu abondante. Lorsque les ressources abondent, les animaux se développent et se reproduisent à une vitesse considérable. En une semaine, certains constituent des colonies qui regroupent des milliards d'individus et couvrent des milliers de kilomètres carrés.

L'avantage probablement le plus important de cette substance gélatineuse, et la cause de son succès évolutif dans l'univers sous-marin, c'est la transparence qu'elle confère. Presque tous les animaux de haute mer, qui ne sont pas protégés par des dents, des

toxines, une vitesse élevée ou une petite taille, sont plus ou moins invisibles. En fait, la transparence ne devient rare qu'aux profondeurs où la lumière ne pénètre jamais : l'invisibilité ne conférerait plus aucun avantage.

Malheureusement, les animaux gélatineux sont lents et fragiles. Leur survie n'est liée qu'à leur caractère invisible, la forme suprême de camouflage ; c'est ainsi qu'ils échappent à leurs prédateurs et qu'ils capturent leurs propres proies.

Quel degré de transparence ces animaux peuvent-ils atteindre ? Quelles caractéristiques physiologiques leur confèrent leur transparence ? Quand on étudie la transparence, la première difficulté à laquelle on est confronté est la capture d'animaux en bon état. Vivants et en bonne santé, ils sont transparents, mais deviennent très rapidement opaques après leur mort. Comme ce sont des animaux fragiles, les turbulences de l'eau provoquées, par exemple, par le battement de la queue d'un poisson risquent de les déchirer. C'est pourquoi on doit les capturer dans leur habitat, en plongeant à grande profondeur ou avec un submersible.

Nous avons ainsi collecté une grande variété d'animaux transparents, pour la plupart en excellent état. Ensuite, dans un laboratoire de recherche, à bord du navire, nous avons mesuré leur transparence dans le spectre visible avec un spectromètre fonctionnant comme ceux que les ophtalmologistes utilisent pour mesurer la transparence du cristallin de l'œil humain.

Nous avons constaté que la transparence des animaux change : la quantité de lumière qui traverse les organismes étudiés varie de 20 à 90 pour cent ; les animaux les plus gros ont les tissus les plus transparents ; la transparence ne change pas avec la profondeur, les animaux capturés à 750 mètres de profondeur étant aussi transparents que les organismes prélevés près de la surface.

Pourquoi les animaux proches de la surface, où le milieu est mieux éclairé et où, par conséquent, il est plus difficile de se cacher, ne sont-ils pas plus transparents ? Inversement, pourquoi certains animaux des profondeurs sont-ils si transparents, alors que leurs prédateurs ne peuvent voir à plus de quelques centimètres ?

Pour comprendre une telle transparence, soulignons que la visibilité d'un objet dépend de son contraste,

c'est-à-dire de sa luminosité par rapport au milieu qui l'entoure. L'eau qui sépare un animal marin de son prédateur diffuse et absorbe la lumière réfléchie par l'animal. Ainsi, plus l'animal est éloigné, moins les contrastes sont marqués et plus il est difficile à distinguer. À une certaine distance qui dépend du contraste propre de l'animal et de l'absorption de la lumière par l'eau, le contraste diminue à tel point que le prédateur ne voit plus sa proie (dès lors en sécurité).

Transparence et structure

Contrairement aux autres formes de camouflage, la transparence concerne tout l'organisme, pas seulement sa surface externe ; l'évolution a trouvé plusieurs façons ingénieuses de tourner les difficultés que pose la transparence de tous les organes.

On peut en observer quelques-unes à l'œil nu. Parmi les animaux transparents, certains sont aplatis et minces : ils ont plus de chances de laisser passer davantage de lumière (si un organisme de un centimètre d'épaisseur laisse passer un neuvième d'un faisceau lumineux, un organisme de un demi-centimètre en laisse passer trois fois plus). De surcroît, plus un animal est mince, moins il est repérable quand il est vu de profil. Des animaux comme les leptocéphales, les larves d'anguilles, utilisent cette astuce à l'extrême et ressemblent à des lamelles mesurant seulement un ou deux millimètres d'épaisseur pour 10 centimètres de longueur. Certains cténaïres, dont le nom de « ceinture de Vénus » est évocateur, sont aussi longs et plats qu'une ceinture. Les jeunes langoustes sont aussi minces qu'une feuille de papier. Le seul moyen de détecter leur présence est d'apercevoir leur ombre furtive.

Les autres transformations évidentes concernent des parties qui, pour des raisons physiques, ne peuvent être rendues transparentes. Ainsi, dans la mesure où la rétine doit absorber la lumière pour fonctionner, une partie de l'œil au moins reste toujours visible. Trois solutions à ce problème sont apparues. Certains organismes portent leurs yeux à l'extrémité de longs pédoncules, afin de les éloigner le plus possible de leur corps. D'autres, à l'instar du crustacé *Phronima*, ont des rétines compactes et utilisent des sortes de fibres optiques où se propage la lumière. D'autres encore, comme le grand crustacé *Cystisoma*, possèdent des

Les siphonophores : des colonies prédatrices

Certains animaux transparents utilisent leur invisibilité à d'autres fins que le camouflage passif. Les siphonophores, des individus réunis en colonies, sont d'étranges cousins des méduses. La Physalie est le plus connu d'entre eux. La plupart des siphonophores sont transparents, mais certains ont des cellules urticantes regroupées en boutons clairs qui évoquent de jeunes poissons, de petites crevettes et d'autres proies attrayantes. Les animaux les poursuivent, mais, ne voyant pas l'animal transparent beaucoup plus gros auquel ils sont fixés, sont rapidement capturés. Les siphonophores de la famille des *Prayidae* sont ici (a) sous leur forme compacte qui mesure entre 10 et 12 centimètres seulement de longueur. Lorsqu'elle chasse, cette colonie s'étire jusqu'à atteindre un mètre de longueur ; ses cellules urticantes suspendues aux organes de flottaison se balancent comme un filet. Les siphonophores de la famille des *Forshalea* (b) chassent de la même façon.



Edith A. Widder



G. Richard Harrison



Nada Stashar



La polarisation : l'arme secrète des prédateurs

Dans la course perpétuelle à l'armement engagée entre les proies et les prédateurs, ces derniers parviennent parfois à priver leurs proies de leur transparence. Dans l'océan, les molécules d'eau diffusent la lumière, produisant une lumière polarisée, dont les ondes oscillent en parallèle. L'homme ne discerne la lumière polarisée qu'au moyen de verres polarisants, mais de nombreux animaux, notamment les crustacés et les calmars, y sont naturellement sensibles. Cette aptitude les aide à chasser, car les tissus de certains des animaux transparents dont ils se nourrissent suppriment ou dévient la polarisation de la lumière qui les traverse. Détectant ces changements, les prédateurs devinent la présence de leurs proies. Un même copépode *Labidocera* est vu différemment selon que l'œil détecte les changements de polarisation (d) ou non (c).

On sait que les calmars utilisent leur aptitude à détecter la lumière polarisée pour trouver des proies transparentes et pour se transmettre des signaux. Au cours d'une expérience, on donne à des calmars le choix d'attaquer deux perles de verre. L'une des perles a un effet sur la polarisation de la lumière, l'autre non. On constate que les calmars préfèrent attaquer la perle qui modifie la polarisation de la lumière. Sous un éclairage polarisé (c'est l'état naturel de l'océan), les calmars détectent de plus loin les animaux qui agissent sur la polarisation.