

ARCTIQUE
UNDER
THE POLE

UNDER THE POLE EDUCATION

DOSSIER PÉDAGOGIQUE La plongée polaire

Embarquez à bord de la goélette WHY pour Under The Pole III •
Twilight zone, une exploration sous-marine de trois ans à travers le
monde, de 2017 à 2020, de l'Arctique à l'Antarctique, de l'aventure
humaine aux découvertes scientifiques.



Sous le Haut Patronage du



MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION NATIONALE,
DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR
ET DE LA RECHERCHE

EDITORIAL

LE MOT D'EMMANUELLE & GHISLAIN

Depuis 10 ans, nous dirigeons et organisons les expéditions Under The Pole (UTP). Depuis le début de cette aventure, nous avons souhaité la partager avec le plus grand nombre et les élèves en particulier. Aujourd'hui, nous souhaitons proposer un programme spécifique Under The Pole Education pour suivre notre voyage de trois ans autour du monde, de l'Arctique à l'Antarctique. À bord de notre voilier WHY, nous sommes équipés des dernières technologies en termes de plongée sous-marine autonome pour aller explorer la «Twilight Zone».

Under The Pole III est l'occasion de découvrir les environnements marins, les enjeux liés aux changements climatiques autour du parcours du WHY et de quatre océans (Arctique, Pacifique, Antarctique et Atlantique). Nos expéditions sont dédiées à des projets scientifiques novateurs pour mieux comprendre puis vulgariser ces connaissances au plus grand nombre.

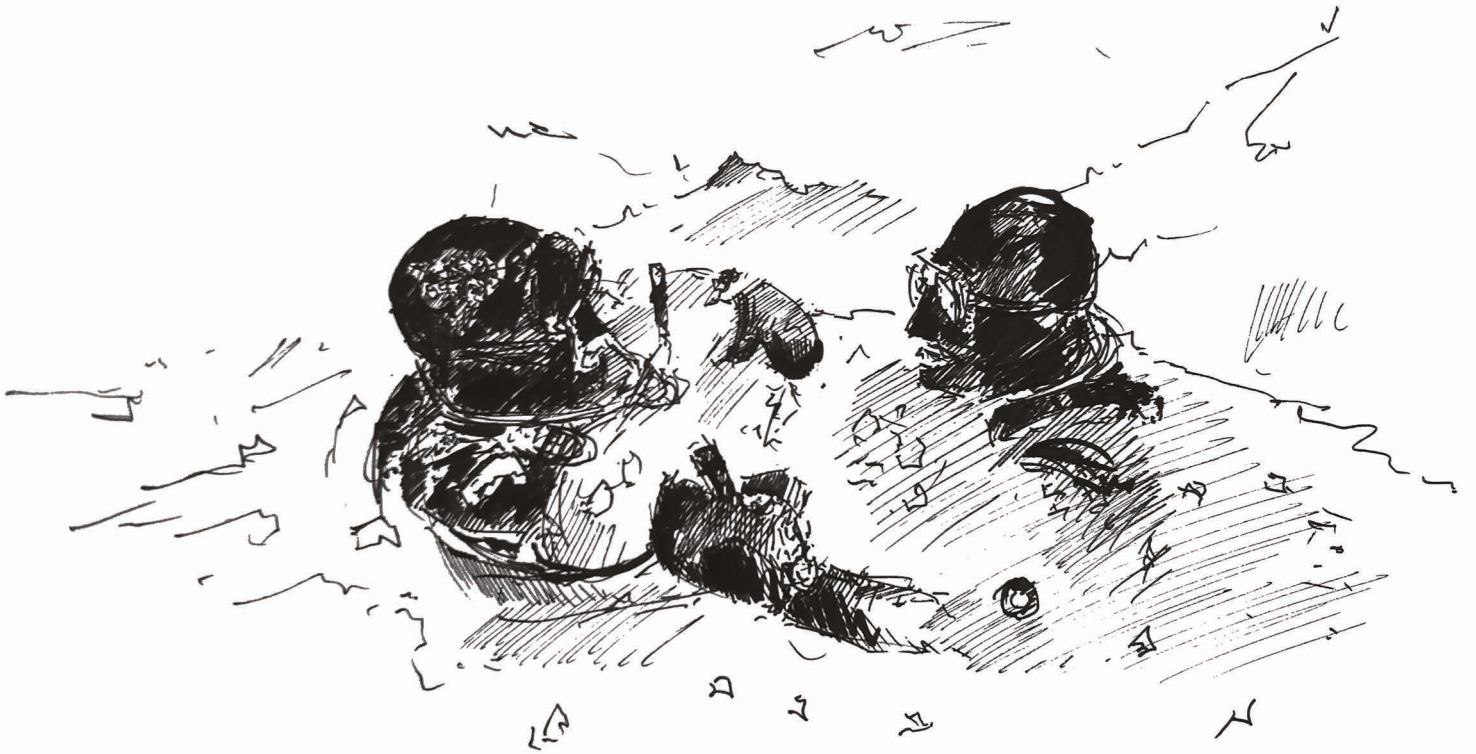
Que vous soyez professeur des écoles, enseignant de collège ou lycée, représentant scolaire, nous espérons pouvoir communiquer notre enthousiasme et transmettre notre curiosité à vos élèves en les emmenant avec nous à bord du WHY pour ce fabuleux voyage.

Emmanuelle Périé-Bardout &
Ghislain Bardout
Directeurs des expéditions Under The Pole

SOMMAIRE

- #1 La plongée polaire avec Under The Pole p.4
- #2 La plongée polaire p.10
- #3 Les ateliers et animations p.16
- #4 Les ressources annexes p.21
- #5 Contact p.22



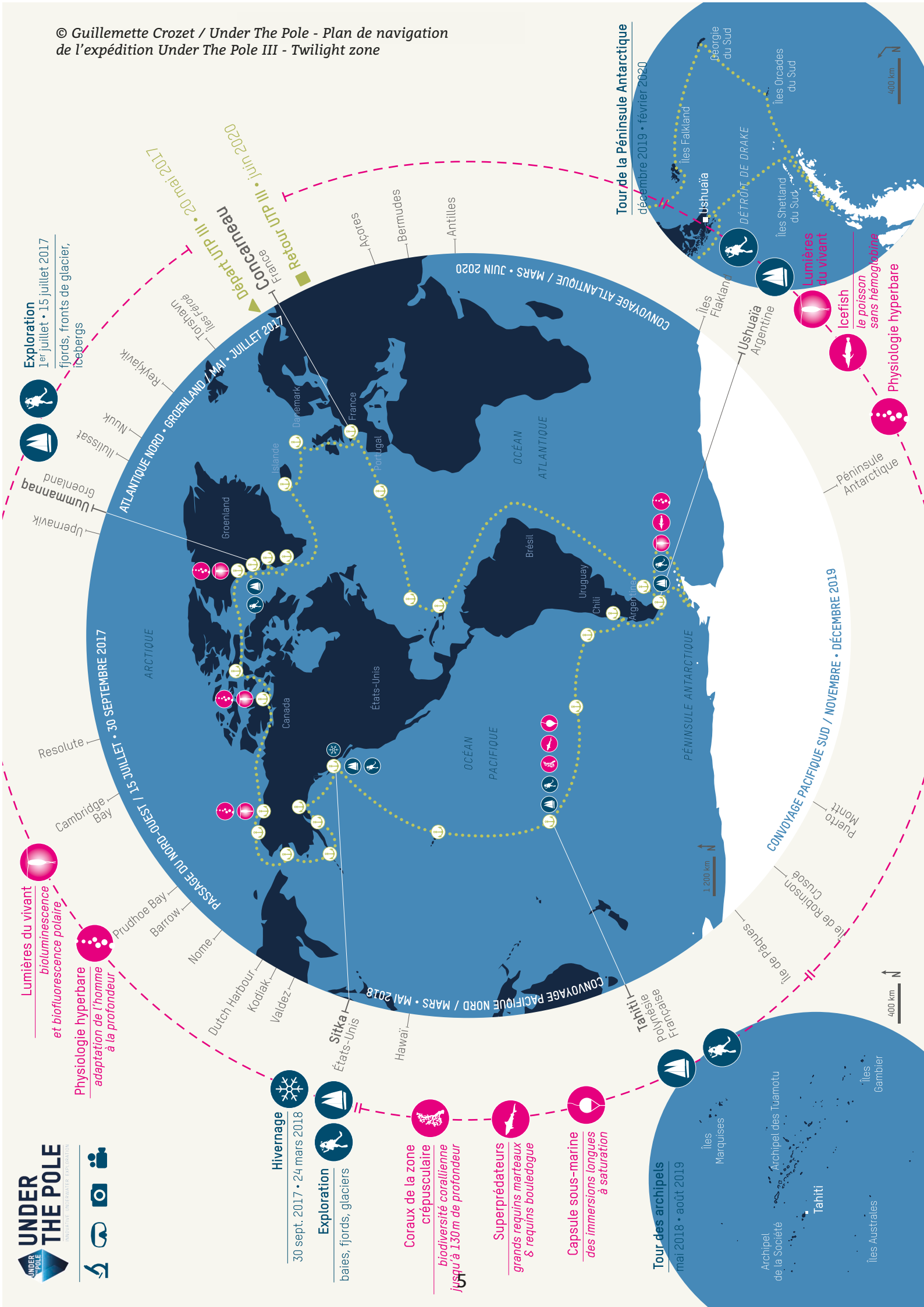


Under The Pole III • Twilight zone

De mai 2017 à juin 2020, Under The Pole part pour une aventure hors du commun dédiée à l'exploration des océans. Pendant 3 ans, une équipe de plongeurs et de scientifiques parcourent le monde à bord de la goélette polaire WHY. Pour la première partie de l'expédition, l'équipe d'Under The Pole s'est rendue en Arctique. Après avoir traversé l'Atlantique, le WHY et son équipage ont remonté la côte ouest du Groenland en passant par les villages de Nuuk, Ilulissat et Uummannaq. L'équipe a ensuite traversé le passage du Nord-Ouest, reliant l'océan Arctique au Pacifique, puis longé les îles et la côte de l'Alaska en faisant escale à Dutch Harbour et à l'île de Kodiak jusqu'à Sitka où le WHY est en hivernage jusqu'au printemps 2018. Ce premier « leg » a permis aux scientifiques et aux plongeurs à bord de mener à bien des programmes d'études scientifiques. Le premier, porté par Marcel Koken, chercheur au CNRS, est l'étude de la bioluminescence et de la

fluorescence naturelle des espèces vivant en région Arctique. Le second est un inventaire d'espèces entre différentes zones et différentes profondeurs mené par Cyril Gallut, chercheur en biologie marine au Muséum National d'Histoire Naturelle.

« Twilight Zone » est le nom donné à cette expédition. Il fait référence à la partie de la colonne d'eau des océans de luminosité décroissante comprise entre 30 et 150 mètres de profondeur. L'objectif de l'expédition Under The Pole III est ainsi d'étudier le milieu sous-marin dans cette zone peu explorée jusqu'à présent et de développer de nouvelles techniques de plongée, pour prolonger la durée des immersions humaines.



Exploration
 1^{er} juillet • 15 juillet 2017
 fjords, fronts de glacier, icebergs

Lumières du vivant
 bioluminescence et biofluorescence poitair

Physiologie hyperbare
 adaptation de l'homme à la profondeur

Hivernage
 30 sept. 2017 • 24 mars 2018

Exploration
 baies, fjords, glaciers

Coraux de la zone
 crépusculaire biodiversité corallienne jusqu'à 130m de profondeur

Superprédateurs
 grands requins marteaux & requins bouledogue

Capsule sous-marine
 des immersions longues à saturation

Tour des archipels
 mai 2018 • août 2019

Tour de la Péninsule Antarctique
 décembre 2019 • février 2020

Concarneau
 France
 Départ UTP III • 20 mai 2017

Retour UTP III
 Juin 2020

Umanuap
 Groenland

Atlantique Nord - Groenland / Mai • Juillet 2017

Passage du Nord-Ouest / 15 juillet • 30 septembre 2017

Convoiyage Pacifique Nord / Mars • Mai 2018

Convoiyage Pacifique Sud / Novembre • Décembre 2019

Upernavik
 Groenland
 Nuussat
 Reykjavik
 Torstani
 les Féroé

Islande
 Danemark
 France
 Portugal

Canada
 États-Unis
 Sitka
 États-Unis

Hawaii
 Tahiti
 Polynésie Française

Îles Australes
 Archipel de la Société
 Tahiti
 Archipel des Tuamotu
 Îles Marquises
 Îles Gambier

Acres
 Bermudes
 Antilles

Océan Atlantique

Océan Pacifique

Brésil
 Uruguay
 Chili
 Argentine

Ushuaïa
 Argentine
 Îles Falkland

DETROM DE DRAKE
 Îles Shetland du Sud
 Îles Orcades du Sud
 Géorgie du Sud

Ushuaïa
 Argentine
 Îles Falkland

Péninsule Antarctique

Puerto Montt

Île de Robinson Crusoe
 Île de Parques

Lumières du vivant

Icefish
 le poisson sans hémoglobine

Physiologie hyperbare

400 km

400 km

Les précédentes actions scientifiques d'Under The Pole lors des plongées polaires

Expédition Under The Pole I : Deepsea Under The Pole by Rolex, Pôle Nord 2010

Cette expédition est la première des expéditions Under The Pole. Ses objectifs étaient, tout d'abord, de réaliser un documentaire photographique et cinématographique inédit sur l'univers sous-marin de la banquise. Puis, dans le cadre de deux programmes scientifiques, l'expédition avait pour objectif d'étudier l'épaisseur de neige sur la glace, paramètre crucial pour estimer le volume de glace, et d'étudier le sommeil et l'évolution de la température interne des membres de l'équipe pour faire progresser les connaissances sur la physiologie humaine. Lors de cette expédition, 51 plongées ont été réalisées, entre 0 et 35 mètres de profondeur, sur neuf sites différents.

Expédition Under The Pole II : Discovery Greenland, Groenland, 2014-2015

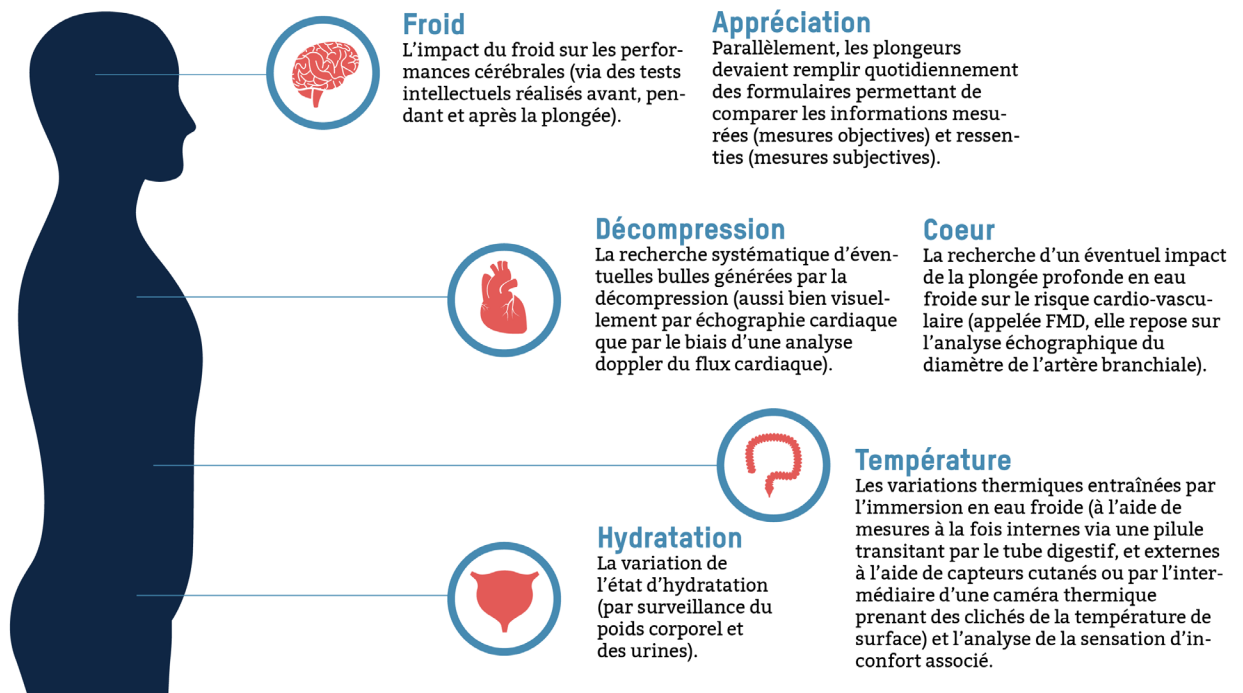
Pour la seconde expédition du programme Under The Pole, le WHY, goélette de l'expédition, est parti entre le cercle arctique et l'extrême Nord du Groenland pour étudier l'univers sous-marin polaire sur presque deux cycles saisonniers. Plusieurs programmes scientifiques ont été menés en parallèle lors de cette expédition, comme l'étude de la glace de mer, du requin du Groenland, des bivalves ou encore de la physiologie des plongeurs en milieu extrême. Ce dernier a conduit à réaliser différentes mesures sur les membres de l'équipe concernant : la variation de l'état d'hydratation, l'impact du froid sur les performances cérébrales, la recherche systématique d'éventuelles bulles générées par la décompression, les variations thermiques entraînées par l'immersion en eau froide et la recherche d'un éventuel impact de la plongée profonde en eau froide sur le risque cardiovasculaire. 300 plongées ont été réalisées lors de cette expédition, parmi lesquelles les plongeurs ont en particulier franchi à plusieurs reprises la barre des 100 mètres, jusqu'à atteindre les 112 mètres de profondeur dans la baie de Qaanaaq et 111 mètres sous la banquise, des premières mondiales !

© Jérémy Fauchet / Under The Pole - Infographie des actions scientifiques en lien avec la physiologie hyperbare

PHYSIOLOGIE HYPERBARE - RECHERCHES SCIENTIFIQUES AUTOUR DU PLONGEUR POLAIRE



Les 18 mois de plongées polaires, réalisées lors de l'expédition Under The Pole II - Discovery Greenland, ont constitué une opportunité exceptionnelle d'étudier l'influence du froid sur la physiologie du plongeur. Par ailleurs, le suivi scientifique de plongées profondes a permis d'ajuster les protocoles de décompression.



Lors de cette troisième expédition autour du monde en passant par les pôles, l'équipe à bord du WHY va étudier le milieu sous-marin entre la surface et 150 m de profondeur. Cette couche de l'océan abrite de nouvelles espèces à découvrir, des écosystèmes à étudier et des comportements à comprendre. On y découvre en moyenne sept espèces par heure ! Les plongées auront également pour but d'apporter des connaissances sur les plongées en eaux froides afin de développer de nouvelles techniques pour prolonger la durée des immersions.

Pour cette expédition, Under The Pole met donc à profit son expérience de la plongée en milieu extrême et reculé dans le progrès technique et la recherche scientifique. En perfectionnant durant deux années leurs techniques en région polaire et en réalisant deux premières mondiales (première plongée à plus de 100 m en région polaire et première plongée à plus de 100 m sous la banquise), les plongeurs du WHY se sont bâtis une expérience unique.

L'adaptation du WHY pour la pratique de la plongée sous-marine en milieu polaire

Les régions polaires ont été les dernières à être explorées, tant il est difficile d'y accéder, s'y déplacer et y vivre. Si la glace permet la navigation, le bateau est le meilleur moyen de sillonner ces vastes régions. L'idéal est un navire habitable conçu pour la navigation dans les glaces et permettant de transporter facilement du matériel.

Le bateau des expéditions Under The Pole, le WHY, est une goélette en aluminium robuste, conçue pour naviguer dans toutes les mers du monde, sous les tropiques, dans les régions polaires ou pour hiverner pris dans la banquise. Le voilier est ici préféré au brise-glace, car il autorise une plus grande autonomie et souplesse. Véritable camp de base itinérant, le WHY peut accueillir 12 équipiers répartis en cinq cabines et embarquer plusieurs tonnes de matériel dédié à l'exploration sous-marine et terrestre, à la mise en œuvre de programmes scientifiques ainsi qu'à la réalisation de films et de reportages.

En effet, la plongée nécessite beaucoup de matériel : combinaisons, bouteilles, détendeurs, etc. La plongée polaire, et qui plus est profonde, nécessite du matériel spécifique supplémentaire : fil d'Ariane de gros diamètre, combinaisons étanches, gants ou moufles étanches et cerclages, bouteilles d'oxygène, hélium et chaux pour la plongée au recycleur (scaphandre autonome), etc. Le bateau doit donc être capable d'accueillir tout ce matériel et les membres de l'équipage doivent faire preuve d'une organisation irréprochable.

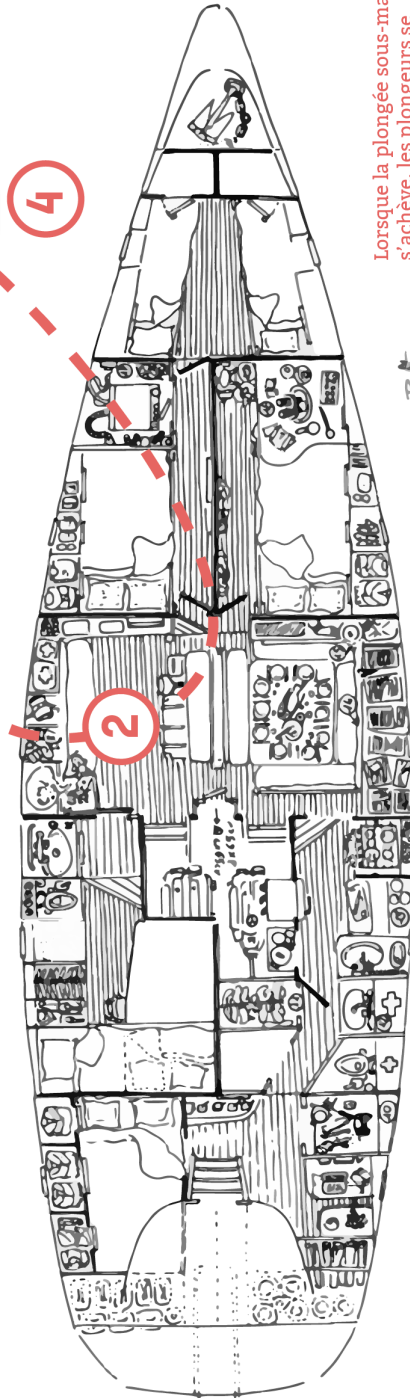
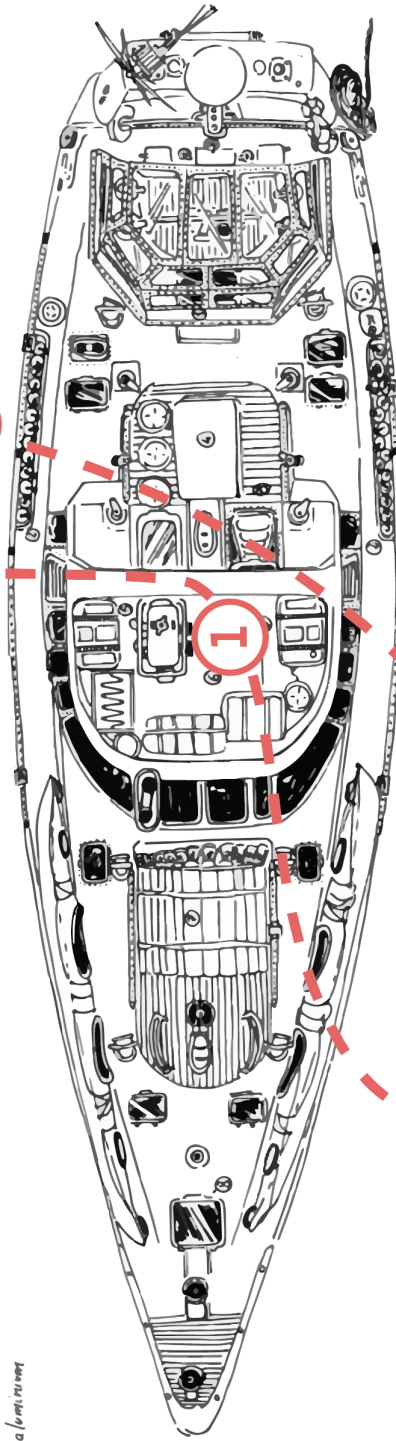


Les plongées sous-marines polaires peuvent être réalisées depuis notre bateau d'expédition : WHY, ou bien depuis son annexe. Cette dernière est entreposée sur le pont du bateau lorsque nous réalisons de longues traversées ; ou bien à l'arrière en tractage pour de petites navigations. Lors des plongées sous-marines, un binôme part à l'eau. Pour assurer leur sécurité, ce n'est pas moins de trois personnes en stand-by de sécurité : un pilote de navire, un plongeur de sécurité prêt à intervenir au besoin, ainsi qu'un médecin urgentiste hyperbare en cas d'accident de décompression.

Les bouteilles de plongée sous-marine sont stockées dans un rack, le long du bastingage. Quant aux recycleurs à circuit fermé, ces derniers sont rentrés à l'intérieur du bateau pour maintenir la qualité des batteries, ainsi que tout le système électronique.

Yacht WHY *deuxième étage en aluminium*

- Armateur : JP Blancs
- Longueur : 19,50 m.
- Largeur : 5,50 m
- Tirant d'eau : 1,50/1,60 m.
- Poids : 40 tonnes
- Tirant d'air : 20 m
- Surface de voile : 250 m²
- (67, Génois 25, Tanguelet)
- Méditerranée : 2.650
- Réservoir d'eau : 1000 L
- Réservoir gaz : 2000 L
- Matériaux : 20 100 m
- Chauffage central
- Capacité d'accueil : 12 pers. ou 5 alpinistes



- 1 - Jauge sur ce type & démonte arrière
- 2 - Arké - bouteilles de plongées
- 3 - Casque central & circuit fermé
- 4 - Coffre de pont (descente & compresseurs)
- 5 - Servus (208 places)
- 6 - Espace de stockage
- 7 - Paire oxygène & téluim
- 8 - Soute avant / remorque
- 9 - Table à cards
- 10 - Moteur - pont arrière
- 11 - Phare d'avant
- 12 - Sout de bain - laboratoire
- 13 - Cuisine
- 14 - Bibliothèque
- 15 - Paire remorque
- 16 - M. Casse
- 17 - Lave linge & sèche linge

Lorsque la plongée sous-marine s'achève, les plongeurs se retrouvent sur le WHY. Le matériel est hissé à l'aide de la drisse de grande voile ; rincé et stocké.

Les plongées sous-marines polaires exigent à la fois une bonne condition physique, une grande technicité, mais aussi un équipement adapté. Avant chaque plongée, les plongeurs se retrouvent dans le carré intérieur afin de se préparer. Sous-vêtement, sous-combinaison, vêtements chauffants et combinaison étanche, autant de matériels nécessaires pour éviter l'hypothermie. C'est aussi le moment où les protagonistes planifient la plongée : durée totale au fond, décompression, mélange, procédures de sécurité, etc.



La plongée sous-marine polaire

L'Arctique et l'Antarctique sont les régions de prédilection des expéditions du siècle dernier. Les objectifs de ces missions étaient d'accéder aux confins glacés de la planète, d'y subsister avant d'envisager y travailler. Aujourd'hui, le véritable défi est d'explorer les profondeurs sous-marines de ces régions. La plongée polaire est une discipline hors-norme. Dans un milieu où il est en sursis, le plongeur doit s'adapter plutôt que de lutter. Dans ces conditions extrêmes, il est nécessaire de s'armer de patience pour s'acclimater. Le matériel est utilisé dans des conditions de froid bien plus sévères que celles pour lesquelles il a été conçu, le plongeur doit être formé à réagir à toute éventuelle défaillance technique.

Aujourd'hui, la plongée polaire est pratiquée dans le cadre d'expéditions, de programmes scientifiques ou de voyages touristiques. Les missions scientifiques sont pilotées par l'IPEV (Institut Paul Emile Victor, l'Institut polaire français) en collaboration avec des laboratoires de recherche. Les missions se déroulent à proximité des bases polaires (base française de Dumont d'Urville en Antarctique par exemple) ou des instituts de recherche ou de leurs réseaux. Ils ont l'avantage de posséder des moyens importants et une logistique rodée. Depuis la fin des années 1990, des offres de voyages touristiques tournés vers la plongée polaire ont vu le jour. Il est aujourd'hui possible de partir en Arctique ou en Antarctique, moyennant une certaine somme, pour des séjours de plongées d'une à deux semaines sur des bateaux de toutes tailles.



La répartition mondiale de la pratique de la plongée sous-marine polaire

La plongée polaire peut se pratiquer en Arctique comme en Antarctique.

L'Arctique est la région du globe qui entoure le pôle Nord géographique, à l'intérieur et au bord du cercle polaire (latitude : N 66°33'46,978"). Au-dessus de cette latitude, on peut assister, à la période des solstices, à la nuit permanente en hiver et au jour permanent en été. L'Arctique comprend huit pays : le Canada, les États-Unis (Alaska), le Danemark (Groenland), la Russie, la Norvège, la Suède et l'Islande. Contrairement à l'Antarctique, l'Arctique abrite des populations qui ont su s'adapter à cet environnement extrême. Dans le cadre de séjours touristiques de plongée polaire, il est possible d'explorer les fonds marins des régions suivantes : les côtes Est et Ouest du Groenland à partir de bateaux de charter, le Spitzberg, l'une des terres les plus septentrionales du globe, véritable sanctuaire où les rencontres avec la faune (ours, morses, bélugas, baleines, phoques) sont fréquentes, le Nunavut (Grand Nord canadien), l'Islande, notamment la faille de Silfra, la Russie (mer Blanche), le Pôle Nord et l'océan Arctique.

L'Antarctique est un continent centré sur le pôle Sud géographique, recouvert à 98% de glace, et entouré par l'océan Glacial Antarctique, où se rencontrent les trois grands océans de la planète : le Pacifique, l'Indien et l'Atlantique. La péninsule Antarctique et les îles alentour sont les destinations privilégiées des voyageurs désirant explorer les eaux de l'océan Glacial Antarctique. La visibilité sous-marine y est variable selon le lieu (haute mer, proche des côtes) et la période de l'année. En hiver et pendant le printemps austral, elle est réputée comme étant une des meilleurs au monde. Entre le printemps et l'été, selon le cycle du plancton, elle est alternativement bonne ou mauvaise, et peut être réduite à moins d'un mètre lors des blooms planctoniques. Les bases scientifiques du continent Antarctique, comme la base côtière française de Dumont d'Urville, peuvent accueillir des équipes de plongeurs pour des missions scientifiques ou des tournages cinématographiques.

Notions biologiques et physiologiques de la plongée sous-marine polaire

Lors de la plongée polaire, le corps est soumis à des conditions extrêmes. Évoluer dans un environnement froid, en particulier pour y plonger, confronte le corps humain à plusieurs pathologies plus ou moins graves et douloureuses.

L'onglée : À cause du froid, les vaisseaux sanguins se contractent, limitant l'afflux de sang au niveau des doigts, qui deviennent blancs. Le retour brutal du sang provoque l'engourdissement et la douleur.

Engelure : Elle se caractérise par une lésion inflammatoire qui apparaît sur la peau (nez, oreilles, mains et pieds) à la suite d'une exposition prolongée au froid. Le vent et l'humidité accélèrent l'apparition de l'engelure.

Gelure : C'est une lésion localisée causée par l'action directe du froid au cours d'une exposition plus ou moins longue à une température inférieure à 0°C. Les tissus touchés par le gel ne sont plus vascularisés et se dégradent rapidement, jusqu'à atteindre le stade de nécrose. Toute disparition de la sensation de

froid douloureux constitue un important signal d'alarme.

La gelure affecte d'abord les parties du corps les plus exposées (doigts, orteils, nez, pommettes, oreilles) ou en contact avec un matériau froid (genoux, bassin).

Hypothermie : C'est une baisse de la température centrale du corps en dessous de 35°C suite à une exposition prolongée au froid. Le réchauffement d'une personne victime d'hypothermie doit être très progressif. En cas de variation trop brutale de la température, des complications graves peuvent survenir, en particulier des troubles du rythme cardiaque pouvant aller jusqu'à l'arrêt cardiaque.

Choc thermique : Il se produit lorsque le corps subit un refroidissement périphérique brutal, en s'immergeant trop rapidement dans une eau très froide par exemple. Les vaisseaux sanguins se contractent de manière violente et immédiate, ce qui est à l'origine d'un afflux brutal de sang vers les organes centraux. La victime est alors en état de choc circulatoire pouvant provoquer une syncope suivie d'une noyade, voire un arrêt cardio-respiratoire.

Diurèse d'immersion : Un plongeur en immersion subit une nouvelle répartition de son volume sanguin, qui se concentre sur les organes centraux (cœur et cerveau) en raison du froid et des effets de la poussée d'Archimède. Pour lutter contre cette augmentation de la pression sanguine dans ces organes, le corps humain diminue son volume sanguin en éliminant de l'eau du plasma par le biais des reins. La diurèse d'immersion est cette élimination d'eau par les urines qui survient immédiatement lorsqu'un individu est immergé.



© Liz Hascoët / Under The Pole - Préparation du plongeur avant son saut droit

Problématiques autour de la plongée sous-marine polaire

La plongée polaire est une discipline extrême dont la pratique n'est pas facile à mettre en œuvre. La première problématique est l'accessibilité des lieux de pratique. Même si certains vols ont pour destination les pôles, certaines régions ne restent accessibles qu'au terme d'un voyage long et coûteux. Plusieurs vols au départ de Paris permettent de se rendre au Groenland, dans le Nunavut ou au Spitzberg, mais en hiver ces vols se font plus rares, moins ponctuels puisque soumis aux conditions météorologiques et très coûteux. En ce qui concerne l'Antarctique, les voyageurs peuvent embarquer sur des bateaux au départ d'Ushuaia, au sud de l'Argentine, pour se rendre sur la péninsule Antarctique. Les bases scientifiques sont, quant à elles, uniquement accessibles pour les équipes qui les font fonctionner, les scientifiques, les militaires et les équipes de tournages par brise-glace, avion ou hélicoptère. L'isolement des régions polaires est également problématique en cas d'accident. La présence de moyens de premiers secours, voire de moyens médicaux avancés avec la présence d'un médecin est donc de rigueur.

Selon les moyens à disposition, la gravité de l'accident et la disponibilité de secours en mer ou d'hélicoptère, l'évacuation vers une structure médicale ou un caisson de recompression pourra être envisagée.

Plonger dans les régions polaires ne s'improvise pas. Les plongeurs doivent posséder une certaine expérience pour pouvoir profiter pleinement des plongées et ne pas se mettre, ainsi que les autres plongeurs, en danger. Le plongeur désirant explorer les eaux des régions polaires doit être formé à l'utilisation de combinaisons lourdes, étanches et dans des conditions difficiles de vent, froid, courant et de stress que ces conditions peuvent induire. Il doit également savoir choisir son matériel et réagir aux éventuels accidents techniques pouvant survenir à cause du froid. En effet, le matériel de plongée comme les détendeurs, atteint ses limites de fonctionnement lorsqu'il est utilisé dans des eaux inférieures à 10°C.

© Jérémy Fauchet / Under The Pole - Infographie du matériel nécessaire à un plongeur polaire

MATÉRIELS UTILISÉS PAR UN PLONGEUR POLAIRE

Plonger dans les régions polaires ne s'improvise pas. En plus de posséder une solide expérience, les plongeurs doivent être équipés de matériels spécifiques.

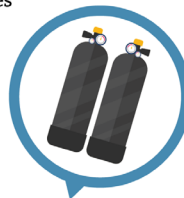
Manomètre

Il faut veiller à ne pas injecter d'humidité dans son flexible. L'humidité condense puis gèle.



Bouteille

Il n'y a pas d'inquiétude à avoir sur le fait de les utiliser dans le froid, même par -50°C.



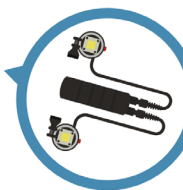
Combinaison

En sortie de plongée, ces combinaisons se couvriront d'une croûte de glace.



Sous-combinaison

Les sous-combinaisons chauffantes présentent l'avantage d'offrir à la fois la protection thermique d'une sous-combinaison et l'apport de chaleur d'un système de chauffage.



Batteries

Dans le froid, les batteries ne tiennent pas longtemps.

Gilet stabilisateur

On retiendra que leur utilisation dans le froid, la plus basique, est rendue difficile voire impossible.

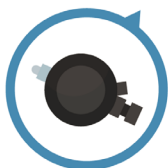


Purge

La purge est fragile, c'est un mécanisme en plastique, d'autant plus ébranlé avec le froid.

Fil d'Ariane

Lorsque la plongée se déroule sous le plafond de la banquise, il devient un élément de survie indispensable.



Détendeur

Il s'agira avant tout de privilégier un détendeur conçu pour être utilisé à basse température et qui limitera la formation de gel lors de son utilisation.

Gant

Les gants étanches sont indispensables. Les mains sont les parties du corps les plus sensibles au froid.



L'histoire de l'homme et de la plongée sous-marine polaire

Entre 1901 et 1903, la German National Antarctic Expedition explore pour la première fois une portion de côte Antarctique située entre la mer de Weddell et la terre d'Enderby. Ce voyage, dirigé par Erich von Drygalski, professeur de géographie et de géophysique à l'université de Berlin, était la réponse allemande à l'appel du Sixième Congrès Géographique International à la communauté scientifique internationale pour explorer l'Antarctique.

Le Gauss, navire de l'expédition, quitta Kiel le 11 août 1901. Après un court séjour aux îles Kerguelen, son équipage aperçut les côtes bordées de falaises du continent antarctique le 21 février 1902. Se retrouvant pris au piège dans les glaces à 74 kilomètres des côtes, il ne put cependant pas poursuivre son voyage. Ce n'est que le 8 février 1903 qu'une tempête permit à la glace de se briser, libérant ainsi le Gauss et son équipage. Ils atteignirent de nouveau Kiel le 23 novembre 1903.

Malgré les difficultés encourues par l'équipage du Gauss, cette expédition fut un franc succès

d'un point de vue scientifique.

Vingt volumes de rapports ont été publiés de 1905 à 1931. L'expédition a également permis de fournir des preuves solides de l'existence de la Convergence antarctique, six cents milles de côtes ont été étudiés et 1440 espèces endémiques de l'Antarctique ont été décrites. C'est également lors de cette expédition que Willy Heinrich, second charpentier de 24 ans, devint le premier plongeur à s'immerger en région polaire. Suite à une avarie de gouvernail du Gauss le 16 avril 1902, il utilisa, en effet, une combinaison étanche en toile épaisse, des bottes plombées et un scaphandre en cuivre Siebe alimenté depuis la surface, afin d'effectuer les réparations nécessaires. Il replongea à plusieurs reprises au cours de cette expédition, et notamment sous la banquise en plein cœur de l'hiver austral, alors que les températures de surface frôlent les -30°C. À tout juste 24 ans, Willy Heinrich est ainsi le premier plongeur à s'être immergé en milieu polaire aussi bien en eaux libres que sous la banquise.

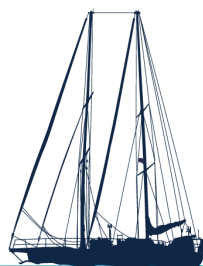
Les solutions apportées par l'étude de la plongée sous-marine polaire

En plongée, le maintien d'une température corporelle optimale est une condition indispensable à la préservation de bonnes performances physiques et mentales. L'inconfort thermique peut constituer une cause de distraction à l'origine d'une réduction des performances pour les tâches nécessitant de la concentration et de la vigilance. Cela conduit à une augmentation du risque d'accidents et de blessures, aussi bien pour les plongeurs dans le cadre d'activités professionnelles que de loisirs. En eaux froides, il faut donc que les plongeurs aient à disposition une protection thermique efficace.

Les expéditions Under The Pole ont permis de tester divers systèmes de chauffage destinés à préserver les plongeurs des effets néfastes du froid. Grâce aux dernières avancées techniques, deux méthodes utilisées en plongée autonome ont pu être développées : les systèmes de chauffage passif et actif. Le premier comprend l'utilisation d'une combinaison étanche avec inflation de gaz de faible conductivité thermique, permettant l'isolation. Le second exige l'utilisation d'un système de chauffage électrique portatif. L'équipe d'Under The Pole a réalisé plusieurs plongées polaires sous la banquise en utilisant ces deux systèmes. Les premiers tests ont permis de montrer que l'utilisation de l'argon comme gaz isolant dans la combinaison étanche (système de chauffage passif) n'apportait pas plus d'isolation thermique que l'air au cours des plongées polaires. L'utilisation d'un système de chauffage électrique (système de chauffage actif) intégré dans une sous-combinaison a cependant fait la démonstration d'un bénéfice significatif pour le maintien ou la restauration de la chaleur interne du plongeur. Au cours de ces plongées, il a également été montré que l'utilisation d'un système de chauffage électrique permet de diminuer significativement la fatigue à la suite de la plongée. Ce constat peut être d'une importance capitale dans des situations où la précision et l'efficacité de jugement ou d'action sont essentielles.

Les expéditions Under The Pole contribuent donc à faire évoluer les techniques et matériels destinés à la plongée en eaux froides pour que celles-ci permettent aux plongeurs de progresser dans ce milieu dans les meilleures conditions.

L'HISTOIRE DE LA PLONGÉE SOUS-MARINE POLAIRE



1902 - Antarctique

Première plongée en eau libre et sous la banquise (Allemagne)

1947 - Antarctique

Première plongée en circuit fermé (USA)

1957 - Antarctique

Première plongée en circuit-ouvert sous la banquise (USA)

1961 - Antarctique

Premières photographies prises sous la banquise (USA)

1969 - Arctique / Pôle Nord géographique

Première plongée au pôle Nord géographique (URSS)

1972 - Arctique / Pôle Nord magnétique

Première plongée au pôle Nord magnétique (Canada)
Premières plongées scientifiques au pôle Nord magnétique (Canada)
Premières plongées aux mélanges sous la banquise (Canada)
Première plongée à saturation sous la banquise (Canada)

1998 - Océan glacial arctique

Première expédition de plongée au pôle Nord (Russie)

2007 - Océan glacial arctique

Expédition Total Polar Airship (France)

2010 - Océan glacial arctique

Expédition Under The Pole I - Deepsea Under The Pole by Rolex (France)

2014/2015 - Arctique / Groenland

Expédition Under The Pole II - Discovery Greenland (France)
Premières plongées à plus de 100m en circuit fermé, en eau libre et sous la banquise (France)

2015 - Arctique / Mer de Barents

Première plongée à plus de 100m en circuit-ouvert (Russie)

2015/2016 - Antarctique / Base Dumont d'Urville

Campagne de plongée profonde (France)

2017/2020 - Arctique/Antarctique

Expédition Under The Pole III : Twilight zone (France)

50 mètres

100 mètres

150 mètres





ACTIVITÉS N°1 : POURQUOI FLOTTE-T-ON DANS L'EAU DE MER ?
inspiré par Angélique Boissoneault

NIVEAU / CYCLE : Cycle 2, CE2
DISCIPLINE : Physique-Chimie
DURÉE : 30 minutes

RÉFÉRENCE AU PROGRAMME : Faire des sciences et mener une réflexion ; observer et tenir un cahier d'expériences



COMPÉTENCES TRAVAILLÉES :

- ◆ Réaliser une expérience à l'aide d'instructions
- ◆ Faire des observations menant à un questionnement
- ◆ Commencer à appréhender le phénomène physique de la poussée d'Archimède

PROBLÉMATIQUES ABORDÉES :

- ◆ Pourquoi flotte-t-on dans l'eau de mer et pas dans l'eau douce ?



DÉROULÉS :

Phase 1 : Introduction

- ◆ Demander aux enfants s'ils connaissent la différence entre la mer (eau salée) et un lac ou une rivière (eau douce). Et quelle différence y a-t-il quand ils se baignent dans la mer ou dans un lac ?

Phase 2 : Réalisation

- ◆ Tout d'abord, il faut réunir le matériel suivant : un œuf (frais), un grand verre transparent, du sel et une cuillère à café.
- ◆ Verser, tout d'abord, de l'eau dans le verre jusqu'à ce qu'il soit plein aux trois quarts. Ensuite, déposer délicatement l'œuf dans l'eau et observer et noter ce qu'il se passe. L'œuf coule au fond. Retirer l'œuf du verre.
- ◆ Verser ensuite le sel (3 à 4 cuillères, dépendamment de la taille du verre) dans l'eau et mélanger avec la cuillère pour dissoudre le sel. Remettre délicatement l'œuf dans l'eau, observer et noter ce qu'il se passe. Cette fois-ci l'œuf flotte.



RESSOURCES UTILISÉES :

https://www.petitfute.com/medias/photo/835_501/5e/72/141631-mer-morte-bain-dans-la-mer-morte-avec.jpg

MODALITÉS :

Il s'agit, à l'aide d'une expérience facile à réaliser, de comprendre pourquoi on flotte dans l'eau de mer alors qu'on coule dans l'eau douce. Ce qui permet d'introduire doucement les concepts de poids, de volume, de densité de la matière et la poussée d'Archimède.

Phase 3 : Explications

- ◆ Même si on ne le voit pas, le sel prend beaucoup de place dans l'eau et ne laisse pas de place à l'œuf. L'œuf ne peut pas traverser l'eau alors il reste à la surface.
- ◆ Dans un même volume, il y a plus de molécules dans le verre d'eau salée que dans le verre d'eau douce. En effet, comme le sel est soluble dans l'eau, les molécules de sel se placent entre les espaces vides des molécules d'eau. Le sel va donc occuper l'espace disponible dans l'eau sans modifier la place prise.
- ◆ On parle ici de « densité ». L'eau salée contenant plus de matière que l'eau douce dans un même volume, elle est donc plus dense.
- ◆ On peut alors imaginer que plus il y a de sel dans l'eau, plus on flotte. C'est le cas dans la mer Morte en Jordanie, où l'on peut flotter sans aucun effort !



ACTIVITÉS N°2 : MANIPULATIONS DANS L'EAU FROIDE

NIVEAU / CYCLE : Cycle 3, CM2

DISCIPLINE : Sciences, Géographie

DURÉE : 1 heure

RÉFÉRENCE AU PROGRAMME : L'adaptation aux conditions du milieu ; Localiser un lieu sur un globe et sur une carte



COMPETENCES TRAVAILLÉES :

- ◆ Développer la curiosité des élèves sur les différentes régions du monde
- ◆ Développer la curiosité des élèves sur les moyens de les explorer et de les étudier

PROBLÉMATIQUES ABORDÉES :

- ◆ Où se situe l'Arctique sur notre planète ?
- ◆ Quels problèmes rencontrent les plongeurs lorsqu'ils s'immergent en eaux froides ?
- ◆ Comment faire pour lutter contre le froid en plongée sous-marine ?



DÉROULÉS :

Phase 1 : Pré-requis

- ◆ Demander aux élèves de localiser l'Arctique sur une carte et sur un globe.
- ◆ Faire une courte présentation de l'Arctique et de son climat (cf. « La répartition mondiale de la plongée polaire »).

Phase 2 : Animation

- ◆ Objectif : Expérimenter les sensations des plongeurs en eau froide.
- ◆ Matériel : Bac ou bassine en plastique, thermomètre, réfrigérateur, gants étanches (type Mapa), vis, écrous, ficelle.
- ◆ Remplir la bassine d'eau et la placer au réfrigérateur jusqu'à ce que l'eau atteigne 1°C à 2°C, ou la plus basse température sans geler. Plonger les vis, écrous et la ficelle dans l'eau. Demander aux élèves de se munir des gants et de manipuler ces objets dans l'eau froide (visser, faire un nœud, etc.). Au bout de quelques minutes ils pourront se rendre compte qu'il est de plus en plus difficile d'effectuer des tâches minutieuses à cause du froid.



RESSOURCES UTILISÉES :

- ◆ Photographies Under The Pole

MODALITÉS :

Il s'agit d'expérimenter l'effet du froid sur la dextérité, subi par les plongeurs lors des plongées polaires. Cette expérience permet de comprendre un des obstacles à surmonter pour les plongeurs lorsqu'ils restent longtemps sous l'eau pour mener à bien les études scientifiques.

Phase 3 : Réflexion

- ◆ Faire réfléchir les élèves sur l'équipement nécessaire au plongeur qui s'immerge dans les eaux froides des régions polaires. (cf. « L'adaptation du WHY pour l'étude de la plongée polaire »).



ACTIVITÉS N°3 : RÉCHAUFFEMENT CLIMATIQUE ET FONTE DES ICEBERGS

NIVEAU / CYCLE : Cycle 4, Cinquième

DISCIPLINE : Physique-Chimie

DURÉE : 2 heures

RÉFÉRENCE AU PROGRAMME : L'eau dans notre environnement (grandeurs physiques associées) ; Changement d'état de l'eau



COMPETENCES TRAVAILLÉES :

- ◆ Réalisation d'une expérience à l'aide d'un protocole expérimental
- ◆ Tirer des conclusions de ses observations
- ◆ Réfléchir à plusieurs aux effets du réchauffement climatique

PROBLÉMATIQUES ABORDÉES :

- ◆ Quelle proportion des icebergs est immergée ?
- ◆ La fonte des icebergs a-t-elle une influence sur le niveau des mers ?
- ◆ Quelles sont les conséquences de l'élévation de niveau des mers ?



DÉROULÉS :

Phase 1 : Matériels

Un congélateur, une petite barquette en plastique, du sel, une cuillère, une bouteille de sirop de menthe, un saladier transparent, une assiette, une règle, un feutre.

Phase 2 : Réalisation

Remplir la barquette en plastique aux 3/4 avec de l'eau. Verser un peu de sirop de menthe dans l'eau. Placer ensuite la barquette dans le congélateur jusqu'à ce que l'eau se soit transformée en glace. Sortir la barquette du congélateur, la retourner sur l'assiette pour démouler le petit iceberg. Verser ensuite plusieurs cuillerées de sel dans le saladier (dépend du volume du saladier). Le remplir d'eau tiède et remuer l'eau avec la cuillère pour dissoudre le sel. Placer le petit iceberg dans le saladier. Il flotte. En effet, la glace est plus légère que l'eau, sa densité est inférieure à celle de l'eau. Observer quel volume de glace est immergé et quel volume est émergé. Marquer le niveau d'eau avec le feutre. Demander aux élèves si, une fois l'iceberg fondu, le niveau d'eau



RESSOURCES UTILISÉES :

- ◆ Vidéo de l'expérience : https://www.youtube.com/watch?v=2Mf_y32ERis

MODALITÉS :

Il s'agit d'expérimenter la flottabilité et la fonte d'un iceberg lors d'une expérience facile à réaliser. Cette expérience est suivie d'une réflexion sur le réchauffement climatique et l'élévation du niveau de la mer.

aura monté, diminué ou sera le même.
Le niveau d'eau est resté le même.

Phase 3 : Explications

Pour une même masse (même quantité) d'eau, l'eau sous son état solide est plus volumineuse que sous son état liquide. Pour un iceberg régulier, la partie de glace émergée représente environ 10% du volume total de l'iceberg. Ceci s'explique par le principe de la poussée d'Archimède : « Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de celui-ci une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du volume de fluide déplacé. ». Les 90% immergés occupent un volume rigoureusement identique au volume que prend la totalité de l'eau de l'iceberg à l'état liquide. Donc la glace déjà flottante (iceberg ou banquise) qui fond, ne fait pas varier le niveau de la mer. Seules les glaces des terres continentales qui dérivent vers les océans peuvent faire augmenter le niveau océanique, avant même de fondre.

Phase 4 : Réflexion

Réfléchir, avec les élèves, aux conséquences de l'élévation du niveau des mers : impacts sur les systèmes côtiers, inondations, érosion côtière accélérée, changements de la qualité de l'eau de surface et des eaux souterraines (salinisation), pertes de propriétés et d'habitats littoraux, déclin de la qualité du sol, vagues de réfugiés climatiques.



ACTIVITÉS N°4 : POUSSÉE D'ARCHIMÈDE ET ÉQUILIBRE DU PLONGEUR
inspiré par JL & JC Courtens

NIVEAU / CYCLE : Cycle 4, Troisième

DISCIPLINE : Physique

DURÉE : 1 heure

RÉFÉRENCE AU PROGRAMME : Poids, poussée d'Archimède, flottabilité



COMPÉTENCES TRAVAILLÉES :

- ◆ Réaliser une expérience à l'aide d'un protocole expérimental
- ◆ Tirer des conclusions de ses observations
- ◆ Réfléchir sur les conséquences directes d'un principe physique dans un cas spécifique

PROBLÉMATIQUES ABORDÉES :

- ◆ Pourquoi certains objets coulent et d'autres flottent ?
- ◆ Comment les plongeurs contrôlent-ils leur flottabilité ?



DÉROULÉS :

Phase 1 : Déroulé

- ◆ Mise en évidence de la poussée d'Archimède (se référer aux schémas du lien internet)
 - ◆ Matériel : une balance à plateaux, des poids, bac d'eau, verre (ou autre petit contenant).
- Placer sur la balance, d'un côté : le verre (V) et suspendre un poids (P), de l'autre : un poids (T) de manière à équilibrer la balance. Remplir le bac d'eau à ras bord. Plonger le poids (P) dans le bac d'eau et recueillir l'eau qui déborde (soit à l'aide d'un bec verseur, soit un bac plus grand dans lequel est placé le bac d'eau). Celle-ci représente le volume du poids (P). Verser l'eau récupérée dans le verre sur le plateau de la balance. On remarque que la balance est rééquilibrée.
- Tout s'est passé comme si, dès que le poids (P) a été plongé dans l'eau, il recevait une poussée vers le haut qui le rend plus léger. Or, cette poussée a été neutralisée dès que l'on a reversé l'eau ayant débordé dans la balance. Donc, cette poussée est égale au poids de l'eau déplacée.



RESSOURCES UTILISÉES :

- ◆ <http://plongee.amiral.free.fr/formation/niveau4/leprincipedn4.htm>

MODALITÉS :

Il s'agit, tout d'abord, de mettre en évidence la poussée d'Archimède, puis de réfléchir aux facteurs influençant la flottabilité du plongeur.

Cette poussée est la poussée d'Archimède : « Tout corps plongé dans un fluide reçoit de la part de celui-ci une poussée verticale, dirigée de bas en haut, égale au poids du volume de fluide déplacé. » Elle peut également s'exprimer comme suit : Poids apparent = Poids réel - Poussée d'Archimède

Le poids apparent est directement relié à la flottabilité.

Flottabilité : Dans l'eau, certains corps flottent, d'autres coulent ou restent entre deux eaux. Les corps ont donc une flottabilité différente selon leur nature :

- ◆ Lorsqu'un corps remonte, il a une flottabilité positive. Le poids réel est inférieur à la poussée Archimède, le poids apparent est donc négatif.
 - ◆ Lorsqu'un corps coule, il a une flottabilité négative. Le poids réel est supérieur à la poussée Archimède, le poids apparent est donc positif.
 - ◆ Lorsqu'un corps flotte entre deux eaux, il a une flottabilité nulle. Le poids réel est égal la poussée Archimède, le poids apparent est nul.
- Tout dépend de deux facteurs : le poids et le volume du corps immergé. De son volume, dépendra la poussée Archimède. De son poids réel, dépendra son poids apparent

Phase 2 : Réflexion

Comment le plongeur peut-il influencer sur sa flottabilité ? Lestage, combinaison, gilet, parachute, poumon ballast.



ACTIVITÉS N°5 : LA LOI DE BOYLE-MARIOTTE ET LA PLONGÉE

NIVEAU / CYCLE : Lycée, Première

DISCIPLINE : Physique, Science de la vie et de la terre

DURÉE : 2 heures

RÉFÉRENCE AU PROGRAMME : Lois et modèles ; Corps humains et santé

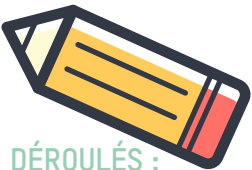


COMPÉTENCES TRAVAILLÉES :

- ◆ Réaliser une expérience
- ◆ Traduire des observations en formule mathématique
- ◆ Réfléchir sur les conséquences directes d'une loi physique dans un cas spécifique

PROBLÉMATIQUES ABORDÉES :

- ◆ Que se passe-t-il lorsqu'un corps est plongé dans un liquide ?
- ◆ Quelles forces s'appliquent sur lui ?
- ◆ Pour le plongeur, quels sont les risques encourus lorsqu'il remonte et lorsqu'il descend ?



DÉROULÉS :

Matériel : une seringue à piston en plastique, un manomètre. Relier la seringue au manomètre. Emprisonner un certain volume d'air dans la seringue. La pression mesurée dans la seringue est alors de 1 atm = 1,013 bar (pression atmosphérique). Lorsque l'on réduit le volume d'air dans la seringue, en gardant la même quantité d'air, on observe que la pression augmente inversement proportionnellement avec le volume. Ce phénomène est modélisé par la loi de Boyle-Mariotte.

◆ Loi de Boyle Mariotte : à température constante, le volume d'une masse gazeuse est inversement proportionnel à la pression qu'il subit. Ce qui peut s'écrire : $PV = \text{constante}$, ou encore : $P_1V_1 = P_2V_2$.

◆ Faire deviner aux élèves quelles sont les conséquences de cette loi pour les plongeurs.

◆ Les Barotraumatismes : Accidents dus à la pression ou à une variation de pression. Toutes les parties du corps renfermant un volume de gaz sont susceptibles d'être à l'origine d'un barotraumatisme.

◆ Poumons : cet accident, appelé « surpression pulmonaire », survient lorsque le plongeur bloque sa respiration à la remontée. Le volume



RESSOURCES UTILISÉES :

- ◆ Photographies Under The Pole

MODALITÉS :

Il s'agit de modéliser la relation entre le volume d'un gaz et la pression qu'il subit à l'aide d'une expérience facile à réaliser, et d'appliquer ce modèle au cas de la plongée sous-marine.

d'air emprisonné dans ses poumons augmente au fur et à mesure que le plongeur remonte et les poumons vont ainsi se dilater jusqu'à la limite d'élasticité des alvéoles pulmonaires. Quand la limite d'élasticité est dépassée, des alvéoles se déchirent, les échanges gazeux ne peuvent plus s'effectuer correctement. Cet accident peut être invalidant à vie, voire mortel.

◆ Oreilles : Deux types de traumatismes peuvent survenir : un déséquilibre de pression entre l'oreille moyenne et la pression ambiante (à la descente ou à la remontée) entraîne une déformation du tympan jusqu'à sa limite d'élasticité, qui peut se fissurer ou se rompre. Une différence de pression entre les oreilles moyennes gauche et droite (à la descente ou à la remontée) entraîne une perturbation de la sensation d'équilibre et des nausées.

◆ Sinus : Les sécrétions sinusales peuvent parfois obturer partiellement ou totalement les canaux de liaison entre les sinus et les fosses nasales. Dans ce cas, l'air se retrouve donc piégé, ce qui limite l'équilibrage entre la pression interne et la pression externe.

◆ Dents : Les caries non traitées laissent des petites cavités dans les dents qui emprisonnent un petit volume d'air. Lors de la remontée, ce volume d'air augmente provoquant des douleurs et, dans certains cas, l'éclatement de la dent.

◆ Masque : à la descente, le volume d'air emprisonné dans le masque diminue ce qui peut entraîner un plaquage du masque sur le visage et un effet de ventouse sur les yeux accompagné de l'éclatement des capillaires autour de l'orbite oculaire.

RESSOURCES COMPLÉMENTAIRES

Under The Pole Education met également à disposition davantage d'outils pédagogiques traitant de la plongée sous-marine en milieu polaire à travers un épisode de la web-série officielle d'Under The Pole II - Discovery Greenland, des photos et autres contenus.

Vous retrouverez ces informations dans les liens ci-dessous, afin de traiter plus en profondeur le sujet, ou tout simplement afin de vous émerveiller à travers une immersion totale.



© Under The Pole - Plongée sous-marine polaire

Under The Pole II • 100 mètres sous la banquise • S02E05

www.education.underthepole.com/web-serie

Après ces premiers mois passés sur la banquise, l'équipe à bord s'active autour du trou de plongée pour la première 100 mètres sous la banquise, un record mondial

...



© Under The Pole - Bibliothèque numérique

Photos et vidéos sur la plongée polaire
www.education.underthepole.com/bibliotheque-numerique

« Dans l'extrême Nord et l'extrême Sud, à travers les immensités glacées les plus inaccessibles et les plus inhospitalières, sous la banquise au coeur de l'hiver ou dans les icebergs qui fondent en été. L'exploration sous-marine des régions polaires ... »



© Under The Pole - Carnet de bord

Carnet de bord du leg Arctique

www.education.underthepole.com/carnet

« ... montagnes noires austères aux sommets ciselés – et se faufler jusqu'à Albert Harbour, qui nous offrira parmi les plus belles plongées polaires que nous ayons jamais faites. » - Ghislain Bardout - Under The Pole

- ◆ **Fiche pédagogique réalisée par :**
Jérémy Fauchet
Laura Noël
 - ◆ **Avec la participation de :**
Victor Rault
 - ◆ **Sous la direction de :**
Emmanuelle Périé-Bardout
- © **Under The Pole**

CONTACT

Inscrivez-vous sur

[HTTP://EDUCATION.UNDERTHEPOLE.COM/REGISTER/](http://education.underthepole.com/register/)

Ou rendez-vous sur

[WWW.EDUCATION.UNDERTHEPOLE.COM](http://www.education.underthepole.com)

Posez vos questions à

[EDUCATION@UNDERTHEPOLE.COM](mailto:education@underthepole.com)