

Les itinéraires thématiques

Ce document est destiné aux enseignants de primaire et à ceux du secondaire en sciences physiques et technologies désirant exploiter les divers supports (panneaux, bornes vidéo, aquariums, objets exposés) présents dans le Pavillon des Expositions Permanentes de La Cité de la Mer, pour illustrer un cours sur les mouvements et les forces.

Trois grandes thématiques ont été retenues :

- > La pression exercée par l'eau
- > La poussée d'Archimède
- > Les déplacements (force et vitesse)

Les différents espaces de l'exposition sont numérotés : l'itinéraire suivant indique les principaux supports de l'exposition en relation avec ces 3 thèmes ainsi que leurs repères.

Les résumés des films étudiés sont disponibles à la fin de ce document.

Une aide, des conseils pour la préparation de la visite peuvent être obtenus gratuitement en contactant les enseignants mis à disposition auprès du service éducatif de La Cité de la Mer.

Un livret pédagogique sur la thématique « Mouvements et forces » est en vente à La Cité de la Mer. Il peut servir de support lors d'une visite et être exploité en classe après la visite.

Comment utiliser cet itinéraire ?



LEGENDES :

Aquariums (B1 à B17)

Panneaux

Bornes interactives

Films

Maquettes

Vitrines



LA PRESSION EXERCÉE PAR L'EAU - 1

LE MATÉRIEL DE PLONGÉE

Sphère habitable d'Archimède « Bathysphères et bathyscaphes »

La pression exercée par l'eau nécessite de concevoir des engins de plongée de forme sphérique et de forte épaisseur.



Nef d'accueil et Etage 2



Les pionniers : cloches de plongée, scaphandres, détendeur

Pour pouvoir respirer, les plongeurs ont besoin d'air sous pression afin de lutter contre les forces exercées par la pression de l'eau sur la cage thoracique.



Accès aux expositions



Le tonneau de Lethbridge De la cloche... au scaphandre

La pression exercée par l'eau comprime l'air dans la cloche à plongeur et dans le tonneau.



Accès aux expositions et Etage 2



« La conquête des profondeurs »

Mise en évidence de la structure des bathysphères, scaphandres



Etage 2



Pression et respiration

La pression exercée par l'eau empêche la respiration. La forme sphérique est la mieux adaptée pour résister à la pression de l'eau.



Etage 2



LA PRESSION EXERCÉE PAR L'EAU - 2

LA PRESSION DE L'EAU

Épaisseur de la paroi des aquariums

Épaisseur de la paroi de méthacrylate du grand aquarium pour résister à la pression de l'eau

↳ Etage 2



B1

Vivre sous pression

Les points du corps sensibles à la pression

↳ Etage 2



3.1

« Des oasis » et « Retour aux sources »

La pression de l'eau est très importante au niveau des sources hydrothermales des grands fonds.

↳ Etage 1



6.2

Pression subie à 10 m de profondeur dans l'eau

Quiz

↳ Etage 1



7.1

Le pétrole de l'ultra grand fond

Contraintes exercées par l'eau sur les canalisations des plates formes d'exploitation du pétrole de l'ultra grand fond (- 2000 m)

↳ Etage 1



7.3

Force et pression

Force exercée par la pression de l'eau

↳ Rez-de-chaussée

M

12

LA COQUE D'UN SOUS-MARIN

« Des sous-marins jaunes »

Pression exercée sur la coque des bathyscaphes et forme sphérique de la coque

↳ Nef d'accueil



Structure de la coque

La structure de la coque du sous-marin est adaptée à la pression.

↳ Le Redoutable



Les couples / structures

La coque du sous-marin est rigidifiée grâce à des structures appelées 'couples'.

↳ Rez-de-chaussée



13.1

Au plus profond des océans

Résistance de différentes formes à la pression de l'eau : sphère, oeuf, forme goutte d'eau « albacore » des sous-marins

↳ Rez-de-chaussée



13.1

Histoire de formes

La forme de la coque du sous-marin permet de résister à la pression exercée par l'eau.

↳ Rez-de-chaussée



M

12 13.1

L'acier

Un acier épais et aux caractéristiques exceptionnelles constitue la coque des sous-marins.

↳ Rez-de-chaussée



13.1

LA POUSSÉE D'ARCHIMÈDE

« Des sous-marins jaunes »

Les bathyscaphes larguent du lest pour remonter.

↳ [Nef d'accueil](#)



Le bathyscaphe Archimède

Pour monter, descendre ou rester à l'équilibre, le bathyscaphe corrige son poids (ballastage, lest) par rapport à la poussée d'Archimède qu'il subit.

↳ [Nef d'accueil](#)



Lest nécessaire à l'immersion de la cloche

« De la cloche...au scaphandre »

Du lest est parfois nécessaire pour combattre la poussée d'Archimède : lest en boulets des cloches, chaussures plombées des scaphandriers, ceinture de plomb des plongeurs actuels...

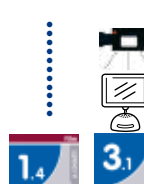
↳ [Accès aux expositions et Etage 2](#)



« La conquête des profondeurs »

Pour pouvoir descendre, les plongeurs doivent être lestés afin de vaincre la poussée d'Archimède. Equipements de plongée : « pieds lourds », ceintures de plomb...

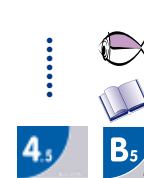
↳ [Etage 2](#)



Ballasts, flotteurs et parachutes

Les nautilus utilisent un système de ballast pour monter et descendre.

↳ [Etage 2](#)



La poussée d'Archimède

Pour qu'un objet coule, son poids doit être supérieur à la poussée d'Archimède.

↳ [Rez-de-chaussée](#)



Les ballasts

Pour plonger, le sous-marin remplit les ballasts. Ballasts avant et arrière d'un SNLE.

↳ [Rez-de-chaussée](#)



Principe du ballastage

Borne interactive « Pilotage » et simulateur de pilotage « Le furtif »

↳ [Rez-de-chaussée](#)



LES DÉPLACEMENTS

FORCES ET DÉPLACEMENTS

Le bathyscaphe Archimède

Trois hélices permettent de stabiliser le bathyscaphe Archimède dans les trois directions.



↳ Nef d'accueil

Locomotion des animaux marins

Les animaux marins utilisent plusieurs techniques pour se déplacer dans l'eau.



↳ Etage 2



« Les câbles sous-marins »

Les câbles sous-marins sont soumis aux forces du courant.



↳ Etage 1



Les hélices

Les sous-marins utilisent des hélices pour leur propulsion.



↳ Rez-de-chaussée



L'acier

Utilisation d'un acier à la fois souple et résistant pour la construction des coques des sous-marins.



↳ Rez-de-chaussée



Le Redoutable

C'est la force exercée par la vapeur d'eau sur les turbines qui permet d'entraîner la rotation des hélices du sous-marin.

↳ Le Redoutable

VITESSE ET DÉPLACEMENT

Mesurer les courants

La vitesse des courants peut se mesurer de différentes façons, par exemple en utilisant l'effet Doppler.

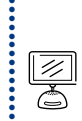


↳ Etage 1



Vitesse de déplacement des sous-marins

La vitesse d'un sous-marin, qui peut dépasser 20 noeuds, doit être prise en compte lors des calculs de navigation. Borne interactive « Navigation »



↳ Le Redoutable et rez-de-chaussée



RÉSUMÉS DES FILMS

« Des sous-marins jaunes »

Les fonds océaniques et les fosses océaniques ne peuvent être atteints par l'homme qu'avec des engins submersibles.

Sur support de schémas en alternance avec des images d'archives, cette vidéo retrace l'histoire de la construction des bathyscaphes mis au point par le professeur Auguste Piccard. L'architecture du bathyscaphe et les techniques de descente et de remontée sont expliquées (remplissage des réservoirs d'eau de mer pour alourdir, largage de lest pour la remontée). Ces engins ont réalisé des records de plongée :

- 1954 : le FNRS atteint 4 050 m
- 1960 : le Trieste plonge à 10 916 m
- 1962 : l'Archimède est conçu pour atteindre les 11 000 m.

Avec l'Archimède, le premier véritable laboratoire d'exploration sous-marine était né : il est capable d'effectuer de nombreuses mesures et prélèvements. Il plonge à 9 545 m dans la fosse des Kouriles en 1962, et ramène les premières images prises au-dessous de 9 000 m. Jusqu'en 1974, où il participe à l'expédition FAMOUS, il effectue plus de 200 plongées essentiellement sur la dorsale médio-atlantique.

Les bathyscaphes laissent ensuite la place à des submersibles moins volumineux. Grâce aux progrès techniques et aux matériaux de flottabilité innovants, une nouvelle génération de submersibles plus maniables apparaît :

- Cyana, conçu pour atteindre 3 000 m, a effectué de nombreuses plongées et a permis la découverte des sources hydrothermales et des oasis sous-marines.
- Nautilie, capable d'atteindre 6 000 m, peut explorer 97 % de la superficie des océans. Equipé de dispositifs précis, il peut emporter un petit robot télé-opéré, Robin, pour l'exploration de zones moins accessibles.
- Victor 6 000 est un robot inhabité, télé-opéré à partir d'un navire océanographique, par un câble de 8 500 m. Très équipé, il peut recueillir des échantillons et des informations en continu jusqu'à 6 000 m de profondeur.
- Les AUV, engins autonomes, sont en cours de mise au point. Ils remplaceront demain, l'homme dans les grandes profondeurs.

↳ Etage 2, Espace 1.4 La conquête

« Bathysphères et bathyscaphes »

En août 1934, Beebe, dans une sphère d'acier suspendue à un câble, atteint 908 mètres de profondeur au large des Bermudes, sur une fosse de plus de 5 000 mètres. Mais il est encore loin du fond et n'apporte pas de preuve de l'existence de la vie dans les abysses.

Un premier bathyscaphe, indépendant, du navire en surface, est conçu par le professeur Piccard en 1948 : le FNRS II. Lors de sa première plongée, il atteint 1 500 mètres de profondeur mais il devra être perfectionné. Le FNRS III, atteint 4050 mètres, une nouvelle étape sur la route des grands fonds. La guerre des bathyscaphes est ouverte. Le professeur Piccard, procède aux essais du nouvel engin à bord duquel il compte réaliser la plus profonde plongée marine. Le bathyscaphe Trieste, ayant à son bord le lieutenant Don Walsh et le savant Jacques Piccard, a atteint les 11 000 mètres de la fosse des Philippines, dans le Pacifique. En France, après le record du Trieste, un nouvel engin est lancé à l'arsenal de Toulon, le bathyscaphe Archimède. Il pourra supporter 180 000 tonnes de pression et a pour premier objectif la fosse des Kouriles, au nord du Japon, profonde de 10 500 mètres. L'équipe de pointe est composée de deux océanologues chevronnées, Houot et Willm. Le record du Trieste reste inégalé, mais l'Archimède aura pour lui la fiabilité et la durée.

Cet historique est agrémenté d'interviews de Jacques Piccard et Pierre Willm.

↳ Etage 2, Espace 1.4 La conquête

RÉSUMÉS DES FILMS

« Des oasis »

Dans la seconde partie du XX^e siècle, la découverte des oasis sous-marines, au niveau des sources hydrothermales, a bouleversé le monde scientifique et mis fin à l'idée que le fond des mers était un désert sans vie.

C'est au niveau des fissures du rift des dorsales que l'eau de mer s'infiltré, se réchauffe et se charge en sulfures métalliques puis remonte et jaillit à une température de 350°C. Les sulfures précipitent au contact de l'eau froide et s'accumulent en structures cylindriques : les fumeurs noirs. Autour de ces sources grouille un monde vivant étonnamment diversifié, dans un milieu saturé de sulfures métalliques toxiques (arsenic, mercure ou plomb). En absence totale de lumière, la photosynthèse est remplacée par la chimiosynthèse des bactéries. Ces micro-organismes, consommés par des animaux filtreurs, forment la base d'un écosystème aux formes de vies étonnantes comme les vers *Riftia*.

En tout, une vingtaine d'oasis sous-marines ont été découvertes avec une faune toujours très abondante mais cependant très différente d'un endroit à l'autre. Ces découvertes contribuent à enrichir le débat sur les origines de la vie.

↳ Etage 1, Espace 6.2 Abyssal - Oasis

« Retour aux sources »

Illustré de très belles images réalisées à bord de bathyscaphes, ce film nous emmène dans le monde des grandes profondeurs, monde immobile où le lent renouvellement du fond des océans n'est perceptible qu'au travers des soubresauts de la croûte terrestre. Dans ce monde si vieux, tout est à découvrir. On a espéré que les abysses révéleraient des espèces disparues depuis l'ère Secondaire et voici que l'exubérance de la vie autour des sources hydrothermales ouvre des perspectives encore plus fantastiques : remonter aux origines de la vie.

L'hypothèse que la vie soit apparue au niveau de ces sources est présentée, avec comme support de magnifiques images des espèces de ces écosystèmes. Le principe du développement de la vie autour d'une source d'énergie chimique est expliqué par la formation de molécules, de cellules puis de formes primitives évoluant au cours du temps.

Les oasis des profondeurs constituent de merveilleux modèles pour tenter de comprendre comment tout a commencé. Mais ils ne sont pas les seuls lieux présentant une abondante biodiversité. Les suintements froids (dus aux fortes pressions des sédiments et à l'expulsion de fluides) sont également des lieux possibles d'origine de la vie.

Le film évoque également les formes de vie possibles dans l'espace. Des systèmes hydrothermaux analogues à ceux observés sur Terre peuvent exister sur certains corps célestes comme sur Europa (satellite de Jupiter) qui possède un océan sous une épaisse couche de glace.

Les profondeurs terrestres recèlent cependant encore bien des mystères... Autant de portes à ouvrir et de connaissances à acquérir.

↳ Etage 1, Espace 6.2 Abyssal - Volcans et sources

RÉSUMÉS DES FILMS

« Les câbles sous-marins »

Cette vidéo explique la mise en place des câbles sous-marins permettant d'établir les liaisons intercontinentales via la fibre optique.

Les qualités exceptionnelles d'autonomie et de navigation des navires câbliers (exemple du « Fresnel ») sont présentées. Munis d'énormes caves de stockage des câbles, ils sont très manœuvrables et disposent d'un système de navigation sophistiqué. Après un sondage des fonds, les câbles sont posés dans un sillon creusé préalablement par le bateau. Le câble est ainsi maintenu et guidé au fond du sillon, puis enfoui afin de le protéger des engins de pêche. Au-delà d'une profondeur de 1 500 m, le câble reste simplement posé à même le fond. Placés sur les câbles, des répéteurs génèrent et mettent en forme le signal pour le transmettre sur de longues distances. Pièces vitales du système, leur pose reste toujours délicate.

En France, c'est France-Télécom qui gère la mise en œuvre des liaisons sous-marines avec fibre optique. 40 liaisons ont été réalisées depuis 1984, la plus longue étant de 40 000 km entre l'Europe et l'Australie.

↳ [Etage 1, Espace 7. La recherche](#)