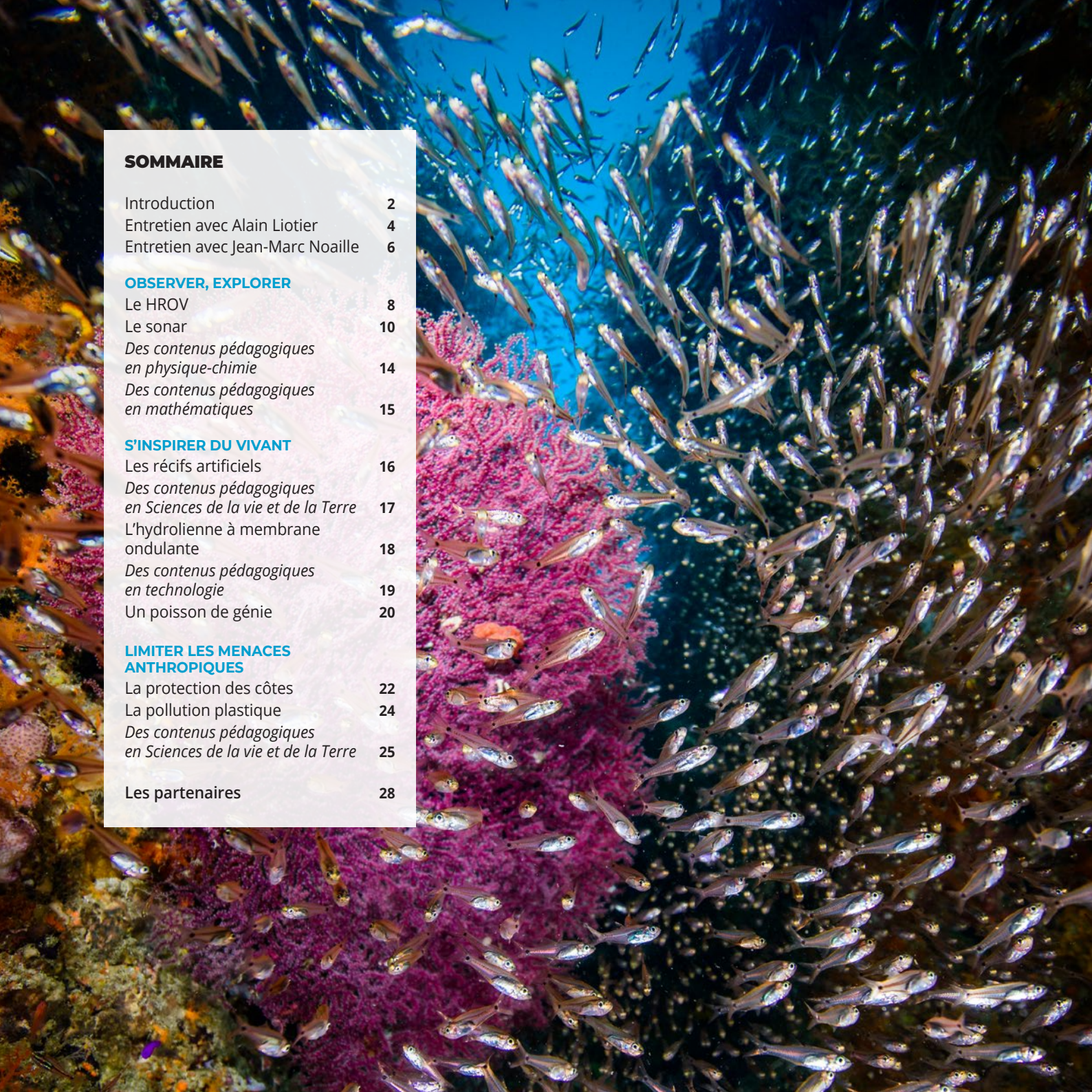
MISSION OCÉAN

Mission Océan Soutient les Objectifs de Développement Durable

LIVRET DÉCOUVERTE



SOMMAIRE

Introduction 2
Entretien avec Alain Liotier 4
Entretien avec Jean-Marc Noaille 6

OBSERVER, EXPLORER
Le HROV 8
Le sonar 10
Des contenus pédagogiques en physique-chimie 14
Des contenus pédagogiques en mathématiques 15

S'INSPIRER DU VIVANT
Les récifs artificiels 16
Des contenus pédagogiques en Sciences de la vie et de la Terre 17
L'hydrolienne à membrane ondulante 18
Des contenus pédagogiques en technologie 19
Un poisson de génie 20

LIMITER LES MENACES ANTHROPIQUES
La protection des côtes 22
La pollution plastique 24
Des contenus pédagogiques en Sciences de la vie et de la Terre 25

Les partenaires 28

Il ne nous reste plus que 10 ans pour atteindre les objectifs de développement durable fixés par les États membres des Nations unies.

Le projet Mission Océan vise à sensibiliser les jeunes générations aux grands enjeux relatifs aux océans. L'expérience étant la meilleure manière d'apprendre, Mission Océan propose des outils 3D et des univers virtuels venant en support de l'apprentissage des disciplines fondamentales.

L'utilisation des univers virtuels est plus cruciale que jamais pour accélérer les modes d'apprentissage et la recherche. Les jumeaux numériques permettent de tester des hypothèses, de trouver des solutions et donc d'améliorer le réel. Ils offrent également la possibilité de visualiser des lieux inaccessibles, voire de s'y « déplacer ». Et enfin, parce qu'ils sont ludiques, ils facilitent le processus d'apprentissage des élèves.

Ce projet s'articule autour d'un axe dédié à l'orientation, qui incite les élèves à se projeter vers les métiers des sciences et des technologies au service du développement durable.

Mission Océan, en mettant ces nouveaux modes d'apprentissage à leur disposition, accompagne les élèves et contribue à les préparer à prendre en main leur avenir pour devenir les citoyens et les professionnels de demain.

© Ron Watkins

Mission Océan remplit plus particulièrement les exigences de quatre de ces objectifs :

Mission Océan est un parcours pédagogique numérique destiné aux élèves de l'enseignement secondaire. Il leur permet d'approfondir leurs connaissances en physique-chimie, mathématiques, technologie, géographie ou sciences de la vie et de la Terre, de découvrir des innovations technologies majeures, tout en les sensibilisant à la richesse des océans et à leur nécessaire préservation.

Imaginé par La Fondation Dassault Systèmes, le ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, l'Onisep, Réseau Canopé et l'Ifremer, il propose d'explorer ce milieu naturel au cœur des bouleversements climatiques de la planète. En découvrant les enjeux scientifiques et technologiques liés aux océans, les élèves pourront prendre conscience de leur capacité à devenir des intervenants actifs sur leur environnement.

Ce parcours est unique car ses contenus pédagogiques, destinés aux collégiens et aux lycéens, sont conçus par un groupe pilote interdisciplinaire réunissant des enseignants, les corps d'inspection, des professionnels de l'orientation, ainsi que des chercheurs et des ingénieurs.

La démarche éducative de Mission Océan s'appuie sur des technologies innovantes (modélisation 3D, simulations numériques, impression 3D) et sur une approche expérientielle, notamment grâce à la réalité virtuelle. Etincel, la plateforme de Réseau Canopé, en lien étroit avec la direction du numérique pour l'éducation, permet aux enseignants de mettre à disposition des élèves les scénarios pédagogiques créés.
ÉTINCEL https://www.reseau-canope.fr/etincel/accueil

Les élèves bénéficient de l'expertise de professionnels de l'industrie et de la recherche, et découvrent des filières et des formations dans lesquelles ils et elles peuvent se projeter. Un livret numérique interactif conçu par l'Onisep et téléchargeable sur la plateforme Folios, le Pass Océan, montre les passerelles entre les activités disciplinaires travaillées en classe et les formations ainsi que les métiers en lien avec l'océan.
FOLIOS https://folios.onisep.fr/

Mission Océan s'inscrit dans la perspective des dix-sept objectifs de développement durable des Nations unies à l'horizon 2030. Mission Océan remplit plus particulièrement les exigences de quatre de ces objectifs :

ÉDUCATION DE QUALITÉ

Mission Océan contribue à « garantir à tous les élèves des connaissances et des compétences requises pour la promotion du développement durable, notamment grâce à l'éducation en faveur du développement et des modes de vie durables ».

© Ron Watkins

LUTTE CONTRE LES CHANGEMENTS CLIMATIQUES

Mission Océan contribue à « améliorer l'éducation, la sensibilisation et les capacités individuelles et institutionnelles concernant l'adaptation aux changements climatiques, l'atténuation de leurs effets et la réduction de leur impact et les systèmes d'alerte rapide ».

VIE AQUATIQUE

Les élèves d'aujourd'hui seront les scientifiques et les ingénieurs qui demain œuvreront à la protection des océans et au maintien de la biodiversité.

PARTENARIATS POUR LA RÉALISATION DES OBJECTIFS

En rassemblant des opérateurs publics, un institut de recherche et la fondation d'un grand groupe industriel, Mission Océan répond à l'objectif de « promouvoir les partenariats public-privé et avec la société civile ».

Mission Océan s'inscrit enfin dans la proposition des Nations unies pour la Décennie des sciences océaniques pour le développement durable (2021-2030).
Cette initiative de coopération internationale souhaite mobiliser la communauté scientifique, les décideurs politiques, les entreprises et la société civile autour d'un programme commun de recherche et d'innovation technologique. Son objectif est capital : mettre fin au déclin du plus grand écosystème de la planète, mieux le connaître et en gérer les ressources de façon plus durable.

« La 3D représente un réel plus pour comprendre les problématiques océaniques »

ALAIN LIOTIER
Professeur de technologie et ingénieur d'études détaché à l'Onisep, chef de projet de Mission Océan.

Comment définiriez-vous Mission Océan en quelques mots ?
Mission Océan est un parcours pédagogique qui favorise le croisement des compétences et la collaboration de nombreux acteurs – communauté éducative, chercheurs, ingénieurs et industriels. Il intègre les notions de transition écologique, de biodiversité et de lutte contre le réchauffement climatique. Il porte aussi l'ambition de donner aux élèves, aux filles comme aux garçons, l'envie de s'engager dans des carrières scientifiques qui peuvent changer la donne environnementale.

Comment s'articule ce projet ?
Le pilote de Mission Océan a été développé sur les académies d'Aix-Marseille et de Nice, avec trois axes :

– La co-construction de ressources et de séquences pédagogiques sur la plateforme Etincel (Réseau Canopé), permettant aux enseignants de diffuser auprès des élèves les scénarios pédagogiques créés, pour l'émergence d'une réelle culture scientifique, technique et industrielle.
– Une branche expérientielle avec des activités 3D immersives innovantes d'apprentissage à destination des fablabs académiques et des tiers lieux portés par les DRANE (Délégations régionales académiques au numérique éducatif). La mise en œuvre de ces modules d'apprentissage prend appui sur la recherche scientifique et didactique.

Sur la région PACA, l'Ifremer (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer) met à disposition des infrastructures matérielles dédiées au projet Mission Océan pour les prototypages.
– Un volet d'accompagnement à l'orientation à travers le Pass Océan, qui place les formations et les métiers au cœur des séquences disciplinaires. Une attention particulière est portée à la traçabilité pédagogique des activités de l'élève sur la plateforme Folios de l'Onisep. https://mission-ocean.org/livret-numerique-interactif.

Donner aux élèves l'envie de s'engager dans des carrières scientifiques qui peuvent changer la donne.

Quelle est l'originalité du Pass Océan ?

Il est enrichi de vidéos, de quiz, de contenus 3D, de liens et de ressources documentaires permettant à l'élève de réaliser facilement les séances disciplinaires et d'orientation en toute autonomie, à l'école ou à la maison. Les animations 3D et l'imagerie de synthèse rendent les supports plus attractifs, pour donner envie à l'élève de les consulter et de travailler sur la thématique proposée. Il a été élaboré dans une logique de développement durable.

Quel est l'apport de la 3D ?

L'usage de la 3D représente un réel plus pour comprendre les problématiques océaniques, dans toutes les disciplines. Les élèves retrouvent des modes de représentation qu'ils côtoient dans leurs univers ludiques. En les plaçant dans un tel environnement, un état plus réceptif, engagé et concentré sur l'activité, la 3D et les univers immersifs favorisent et dynamisent les apprentissages.

Les séquences proposées aux enseignants sur la plateforme Etincel s'appuient sur des ressources intégrant des modélisations issues de la recherche et de l'industrie. Les logiciels de simulation facilitent la compréhension des phénomènes : les contraintes de pression sur les structures et les organismes ou encore la nature des écoulements hydrodynamiques. Lors de la phase de modélisation, des indicateurs d'éco-conception évaluent l'impact sur l'eau et l'environnement des solutions retenues par les élèves.

La réalité virtuelle et la réalité augmentée mettent en scène les objets pour valider les solutions proposées. Les élèves étudient le comportement des jumeaux numériques avant de réaliser leurs prototypes. Ils peuvent tourner virtuellement autour des objets, découvrir des endroits inaccessibles, explorer les profondeurs des océans. Sous le casque VR, ils et elles peuvent simuler des gestes professionnels (manipulations, opérations de maintenance, télé-opération dans les abysses…) et se projeter dans les métiers des sciences océaniques.

Enfin, les modules expérientiels mettent en œuvre l'ensemble de la « chaîne 3D », de l'acquisition par scanner jusqu'au prototypage rapide par impression 3D.

« Se poser des questions, justifier, argumenter, débattre, comprendre le sens des responsabilités collectives et individuelles… »

JEAN-MARC NOAILLE
Inspecteur d'histoire-géographie de l'académie de Nice, coordonnateur de mission EDD (éducation au développement durable)

Mission Océan : sensibiliser les élèves au changement climatique à l'horizon 2030

Appréhender les grands enjeux du monde contemporain dans toute leur complexité à partir de la problématique des océans nécessite de croiser les regards entre sciences humaines et sciences dures. Le projet Mission Océan s'inscrit dans cette dynamique, et par sa démarche partenariale à dimension numérique, offre une très belle opportunité de placer nos élèves en situation de s'interroger sur les grandes problématiques posées par les bouleversements climatiques à l'échelle des océans et ce, dans le cadre d'une démarche réflexive de prospective territoriale.

Mission Océan : de l'univers virtuel à l'éducation du futur citoyen

Les opportunités offertes par l'outil numérique et le monde virtuel s'inscrivent sans aucun doute dans la formation des futurs citoyens pour répondre aux objectifs de développement durable à l'horizon 2030.

La mise en situation, l'immersion, l'interactivité proposées par le projet Mission Océan et mises en œuvre dans le cadre de scénarios pédagogiques différents permettent aux élèves d'acquérir des compétences transversales qui entrent dans le champ d'une éducation à la citoyenneté vécue et assumée.

Se poser des questions, justifier, argumenter, débattre, comprendre le sens des responsabilités collectives et individuelles sur des questions concrètes de territoire et qui touchent l'avenir des sociétés, tel est l'objectif fondamental d'une éducation au développement durable.

Ainsi, au-delà de la transmission d'un socle de connaissances, l'enjeu éducatif d'un projet tel que Mission Océan est de favoriser la mise en place de pratiques pédagogiques qui permettent d'éduquer les élèves, acteurs d'un futur possible, à la complexité, au choix et à l'esprit critique.

Mission Océan : sensibiliser les élèves au changement climatique à l'horizon 2030.

Les éco-délégués du collège Jean L'Herminier (La Seyne-sur-Mer), premiers à tester les ressources et contenus de Mission Océan, et leur enseignant François Bonny, référent EDD.

© La Fondation Dassault Systèmes

OBSERVER, EXPLORER

LE HROV

INGÉNIEUR MÉCANIQUE

Observer les océans n'est pas une tâche facile ; les informations récoltées ont longtemps été fragmentées et peu précises. Depuis le milieu du XXe siècle, les flottes océanographiques ont fait des progrès considérables dans l'observation, le prélèvement, la mesure et l'échantillonnage. Les équipements (capteurs, instrumentation et robotique) sont de plus en plus performants.

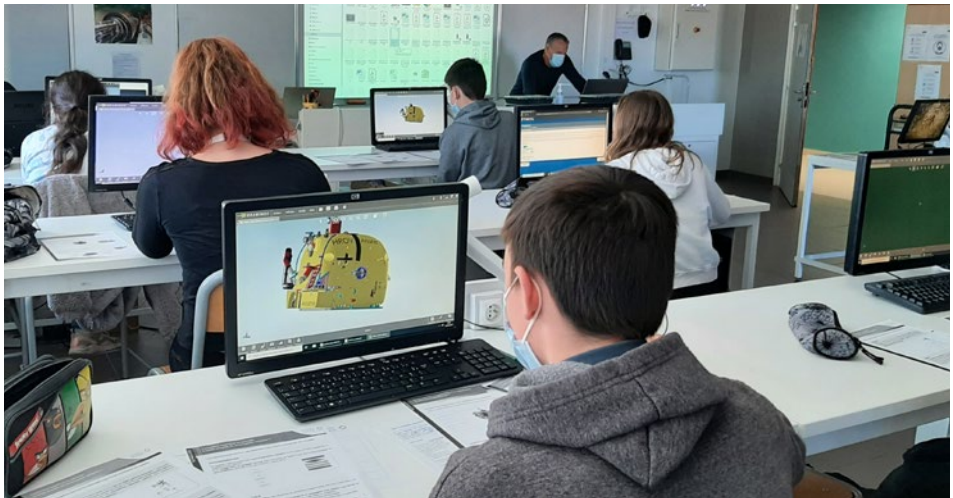
Laurent Artzner, ingénieur en développement de systèmes mécaniques à l'Ifremer (Institut français de recherche pour l'exploitation de la mer), est en charge du HROV Ariane.

Quels sont les outils déployés pour l'exploration des océans ?

Une dizaine de navires de l'Ifremer effectuent chaque année des travaux de recherche dans différents domaines scientifiques. Leur pont arrière est équipé d'une plateforme et d'un portique pour la mise à l'eau des robots sous-marins et des bathyscaphes. Pour l'exploration des profondeurs, l'Ifremer a notamment développé des engins sous-marins innovants, dont un véhicule hybride manœuvré à distance, le HROV Ariane (Hybrid Remotely Operated Vehicle), piloté à partir du navire.

En quoi est-il innovant ?

Ariane peut descendre jusqu'à 2 500 mètres et faire des prélèvements sur les fonds marins, mais aussi de la cartographie haute résolution. Ses bras manipulateurs peuvent se munir de différents outils. Ce robot est autonome en énergie, grâce à une batterie embarquée. Il peut donc fonctionner en mode ROV (Remotly Operated Vehicle), télécommandé par fibre optique de longueur variable, ou AUV (Autonomus Underwater Vehicle).



Des élèves travaillent sur un modèle 3D du HROV Ariane.
© Mission Océan / Maryvonne Henry

Le HROV Ariane, mis à l'eau par le navire *Le Suroît* de l'Ifremer.
© Ifremer / Olivier Dugornay

Quelle est votre formation ?

Après un bac technologique F1 (construction mécanique), j'ai rejoint l'université de Metz-Nancy pour effectuer un BTS « bureau d'études mécaniques ». Après 15 ans de vie professionnelle, j'ai repris des études à l'université (CESI d'Aix-en-Provence), puis j'ai passé un concours interne à l'Ifremer pour devenir ingénieur 1, puis ingénieur 2A.

De quelle manière vous êtes-vous impliqué dans Mission Océan ?

J'ai participé à l'élaboration d'une ressource pédagogique de simulation virtuelle d'une activité de maintenance sur le HROV Ariane : l'élève avait pour mission le déverrouillage du panier de l'engin sous-marin en respectant une procédure très précise (choix de l'outillage, équipement de sécurité). Le collégien peut ainsi découvrir le geste professionnel et se projeter à la place d'un technicien ou un ingénieur de l'Ifremer (https://www.onisep.fr/Equipes-educatives/Mission-Ocean-un-projet-pedagogique-innovant). J'ai également collaboré au cahier des charges du bras robotisé Poulpy, dans le cadre d'un module expérientiel. Ce bras manipulateur leur permettra de simuler une activité de télé-opération dans les abysses, comme nous le faisons lors des missions de prélèvement avec Ariane.

LE SONAR

INGÉNIEUR ACOUSTICIEN

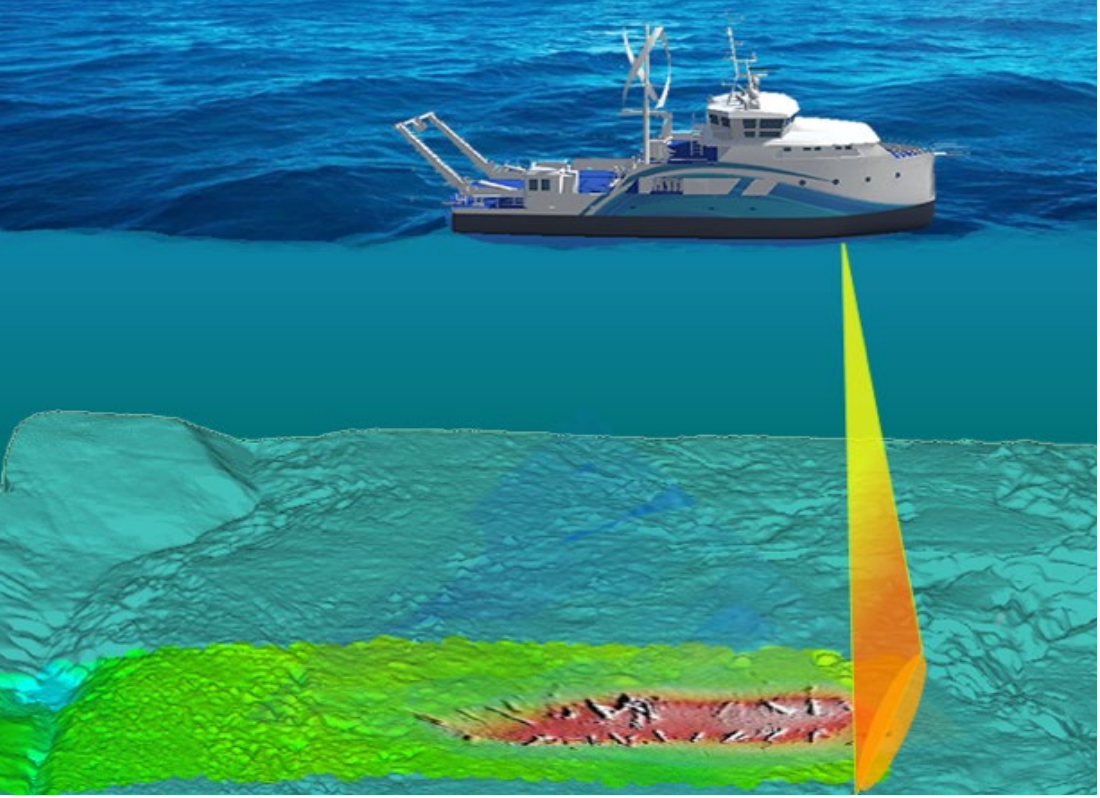
Les sonars positionnés sous les navires permettent de sonder les profondeurs et de connaître le relief sous-marin. Un sonar émet des ultrasons en direction de la cible, qui renvoie un écho sonore vers le capteur du sonar : le laps de temps mis par l'onde pour effectuer un aller-retour (le son se propageant dans l'eau à la vitesse de 1 500 m/s.) détermine la profondeur de la cible.

Yves Le Gall, ingénieur acousticien à l'Ifremer, a contribué à l'élaboration des séquences pédagogiques sur ce sujet.

En quoi consiste votre métier ?

Je suis responsable du service d'acoustique sous-marine à l'Ifremer, en charge des systèmes sonars montés sur les navires et les engins, et je travaille également dans le domaine de l'acoustique environnementale : l'impact des sons sur la faune marine, et l'utilisation de l'acoustique pour préserver certaines espèces. Je ne changerais de métier pour rien au monde ! J'apprécie notamment la variété des tâches : le travail de bureau alterne avec le travail sur le terrain. J'effectue des mesures acoustiques, et je pars aussi pour des campagnes en mer. Lors de l'une de mes dernières campagnes, l'été dernier, j'ai fait des essais de signaux acoustiques sur les dauphins communs au large des îles Glénan, ce qui nous a appris beaucoup de choses sur leur comportement face aux sons que nous avions sélectionnés.

© Ron Watkins



Animation illustrant le principe du sonar.
© Mission Océan / Alain Liotier

Quelle est votre formation ?

J'ai passé un Master 1 en physique, puis un Master 2 en acoustique. Au départ, je rêvais d'être ingénieur du son, mais je me suis rendu compte que, pour cela, il fallait être musicien professionnel, ce qui n'était pas mon cas. J'ai eu l'opportunité de travailler en acoustique sous-marine lors de ma thèse de doctorat, proposée par l'Ifremer. J'ai travaillé 2 ans dans le secteur privé, puis de nouveau à l'Ifremer : j'y suis depuis maintenant 24 ans.

Comment intégrez-vous le développement durable dans votre activité ?

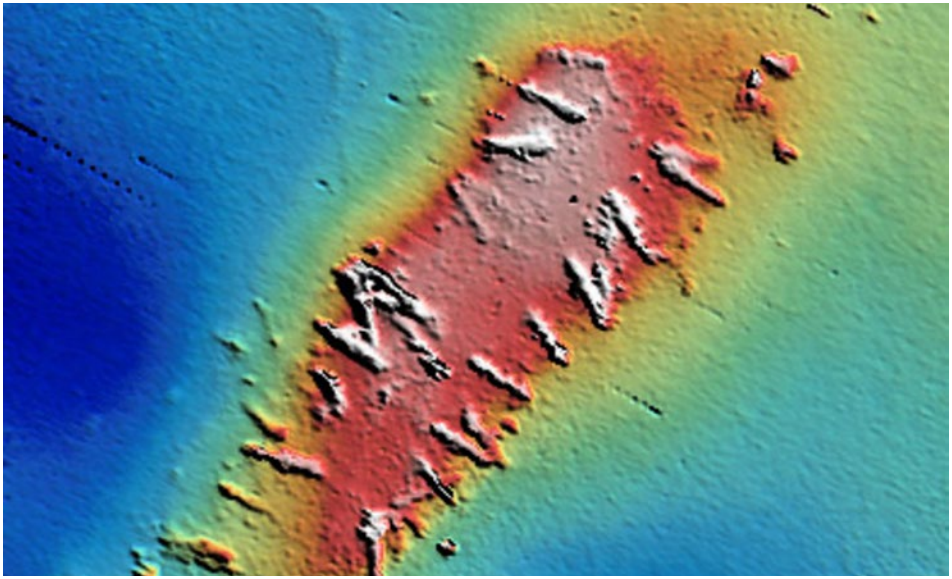
Depuis quelques années, les échouages de dauphins sur nos côtes se multiplient. 90 % des espèces qui s'échouent viennent d'engins de pêche (chaluts ou filets). Or les dauphins ont un système sonar très perfectionné, ils utilisent des ondes acoustiques pour détecter leurs proies, des dangers… Nous développons donc actuellement des systèmes acoustiques qui émettent des ondes perceptibles par les dauphins et qui leur signalent la présence d'un danger. Un certain nombre d'essais ont été faits, et ces systèmes sont à présent déployés sur des chalutiers dans le golfe de Gascogne : nous avons réussi à réduire les captures accidentelles de 70 %. L'objectif est de les supprimer totalement dans les chaluts. Sur les filets, c'est plus compliqué, car ils peuvent faire des dizaines de kilomètres. Donc on augmente la « visibilité acoustique » des filets pour les mammifères marins.

LE SONAR

ARCHÉOLOGUE SOUS-MARIN

L'océan est le plus grand musée du monde. L'Unesco et le Drassm (Département de recherches archéologiques subaquatiques et sous-marines) estiment à trois millions le nombre d'épaves englouties, dont 200 000 dans les eaux françaises. Des sonars perfectionnés permettent aujourd'hui de les localiser avec précision.

Michel L'Hour, archéologue sous-marin et ancien directeur du Drassm, a plongé sur des centaines d'épaves, mais certaines demeurent inaccessibles, aucun humain ne pouvant descendre en dessous de 300 mètres. Or les épaves les plus profondes sont aussi les mieux conservées.



Levé acoustique de l'épave de *La Lune*.
© Ifremer

C'est pourquoi, à la demande de Michel L'Hour et sous la direction de Vincent Creuze (chercheur en robotique sous-marine au Laboratoire d'informatique, de robotique et de microélectronique de Montpellier), des technologies robotiques ont été mises au point pour reproduire son geste d'archéologue en grande profondeur (jusqu'à 2 000 m). La visibilité étant très réduite en grande profondeur, le toucher est le sens le plus important, et ce nouveau robot est conçu pour transmettre à l'archéologue des sensations précises, afin que ce dernier puisse diriger ses manipulations, comme s'il intervenait lui-même sur le site archéologique.

Modélisation 3D de l'épave de *La Lune*.
© Dassault Systèmes / Drassm

DES CONTENUS PÉDAGOGIQUES EN PHYSIQUE-CHIMIE

Isabelle Chèné, **François Bonny** et **Philippe Mancini**, professeurs de physique-chimie aux collèges Romain Blache (Saint-Cyr-sur-Mer), Jean L'Herminier (la Seyne-sur-Mer) et Louis Clément (Saint-Mandrier-sur-Mer), vont utiliser ces technologies innovantes pour créer un module pédagogique dans leur discipline.

Quels sont les contenus que vous allez mettre en place autour du sonar et de l'archéologie sous-marine ?

Pour la construction de ces séquences, nous sommes partis de l'histoire de *La Lune*, vaisseau de la flotte de Louis XIV coulé au large de Toulon. L'Ifremer et le Drassm ont effectué des relevés bathymétriques de l'épave (la bathymétrie est la science de la mesure de profondeurs de l'océan et l'étude de la topographie des fonds). Nous commençons par donner aux élèves des informations sur les ondes (vitesse de propagation…), puis nous abordons le fonctionnement du sonar. Les élèves effectuent un calcul de profondeur et choisissent l'engin de l'Ifremer le plus adapté pour effectuer un relevé bathymétrique sur *La Lune*. Le but est de rendre cette activité la plus réaliste possible.

De quelle manière ?

Grâce aux ressources proposées par l'Ifremer : pour chaque engin s'affichent ses caractéristiques (profondeur d'action, appareillage embarqué, etc.). Le modèle 3D du HROV Ariane peut être « éclaté » et examiné en détail. Une séquence immersive 3D permet également de découvrir le fond de la mer pendant le relevé bathymétrique.

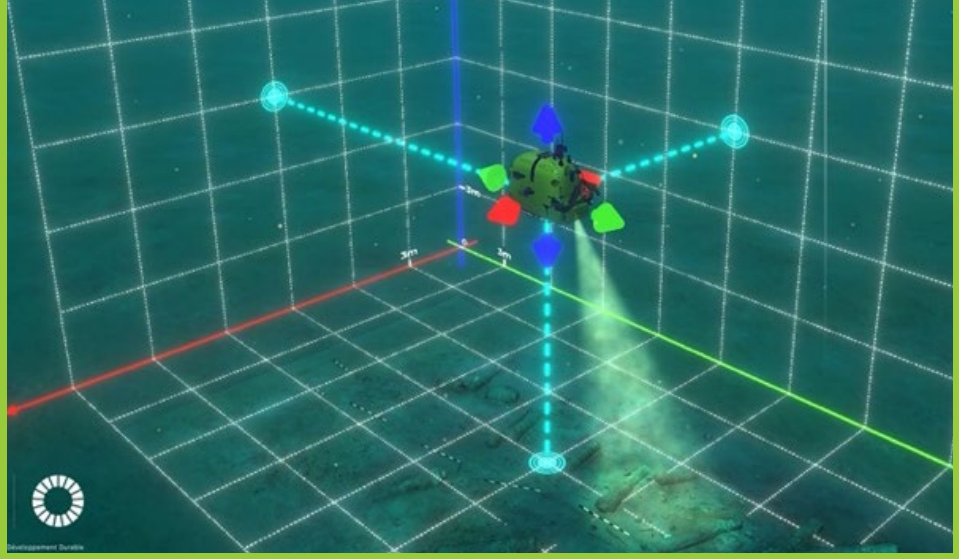
Quelles sont les connaissances que vous avez pu aborder avec les élèves ?

Elles sont très diverses : principe de fonctionnement d'un sonar, conditions et vitesse de propagation du son, calcul de distance avec une relation mathématique et histoire de *La Lune*.

Des scientifiques de l'Ifremer expliquent l'imagerie acoustique puis la modélisation 3D grâce auxquelles les images sont produites.
Cela nous permet aussi de présenter aux élèves certains métiers comme celui d'ingénieur acousticien.

Comment les élèves réagissent-ils ?

Nous avons choisi six éco-délégués de 4e et de 3e, trois filles et trois garçons, pour tester les contenus de Mission Océan ; les élèves se sentent très concernés par le développe-



Animation 3D figurant la plongée du HROV Ariane sur le site archéologique de *La Lune*.
© Mission Océan

ment durable et sont très motivés par le projet. Des séances ont également eu lieu au collège Jean l'Herminier de la Seyne-sur-Mer, menées par Alain Liotier, en technologie. Ils et elles ont fait preuve de beaucoup de curiosité et d'implication.

DES CONTENUS PÉDAGOGIQUES EN MATHÉMATIQUES

Julie Allen, professeure de mathématiques au collège Lou Garlaban (Aubagne), s'est également servi de l'archéologie sous-marine pour créer un module pédagogique dans sa discipline.

Dans quelle mesure l'archéologie sous-marine peut-elle servir en cours de mathématiques ?
Grâce à une animation interactive, les élèves apprennent deux notions mathématiques de repérage dans l'espace : sur une sphère et dans un pavé droit. Les élèves disposent pour cela de deux modes :
– un mode « découverte » où ils peuvent manipuler une sphère et un pavé droit, placer des points et observer les coordonnées correspondantes ;
– un mode « jeu » où ils peuvent tester leurs aptitudes.

Pour le repérage sur la sphère, l'objectif est de retrouver l'emplacement sur le globe terrestre de différentes épaves englouties, grâce à leur latitude et à leur longitude.
Pour le repérage dans le pavé droit, les élèves sont invités à suivre le robot de l'Ifremer, Ariane, en plongée sur l'épave de *La Lune* afin d'effectuer des photographies des objets découverts. Ils doivent positionner le robot à l'endroit indiqué par son abscisse, son ordonnée et son altitude.

Dans les deux cas, s'y ajoute l'opportunité de découvrir un patrimoine historique méconnu, grâce à des fiches explicatives.

LES RÉCIFS ARTIFICIELS

INGÉNIEUR ÉCOLOGUE

La majorité des espèces vit dans les océans. Les zones côtières, en particulier, abritent l'essentiel de la biodiversité marine, dont une partie reste encore inconnue. Or, ces écosystèmes sont menacés par le réchauffement climatique, l'acidification, les activités humaines, etc.

Marc Bouchoucha, ingénieur écologue à l'Ifremer, est responsable de la conception et de la mise en œuvre de récifs artificiels permettant la restauration de la biodiversité côtière.

Quel est votre parcours académique et professionnel ?

Je suis ingénieur agronome et j'ai un doctorat en écologie marine. Après avoir travaillé pendant plus de 10 ans sur la mise en œuvre et la coordination de programmes de surveillance des zones marines côtières, je m'intéresse aujourd'hui à la restauration écologique.

De quoi s'agit-il ?

Ce domaine est à l'interface entre l'innovation, la recherche académique et la gestion, et tout reste à inventer : trouver des solutions pour réduire nos rejets polluants, limiter l'impact de l'ancrage de nos bateaux, protéger les habitats en bonne santé, réparer ceux que nous avons abîmés, etc. Autant de sujets sur lesquels les chercheurs, les ingénieurs et les gestionnaires de milieux doivent collaborer pour qu'ils aient une chance d'aboutir.

La mise à l'eau d'un récif artificiel.
© Seaboost

Un récif artificiel fraîchement immergé.
© Seaboost

En quoi consistent les récifs artificiels ?

La création d'habitats artificiels est l'une des solutions souvent mises en avant pour la restauration des habitats dégradés. Son principe est simple : il consiste à créer des volumes immergeables complexes dans le but de favoriser la colonisation par la faune et la flore.

À quoi ressemblent-ils ?

Leur structure doit s'adapter à différentes espèces marines, et plusieurs types d'abris sont proposés : culs-de-sac, chicanes, cavités traversantes… Les cavités intermédiaires, complexes, peuvent servir d'abri à de gros prédateurs comme les mérous ou les murènes, ou de site de ponte pour des céphalopodes. Les cavités supérieures, plus lumineuses, peuvent accueillir des espèces qui se mettent à l'abri des courants, comme les sars. Un module fortement texturé est ajouté pour faciliter la colonisation par les espèces fixées (algues, anémones, etc.).

Les matériaux utilisés doivent être compatibles avec leur vocation environnementale ! Les récifs artificiels sont conçus par la société Seaboost, puis fabriqués en béton, en impression 3D, avec une conception la plus neutre possible pour l'environnement. Grâce aux progrès formidables sur les matériaux et l'impression 3D, un monde de solutions s'offrent aujourd'hui à nous.

DES CONTENUS PÉDAGOGIQUES EN SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

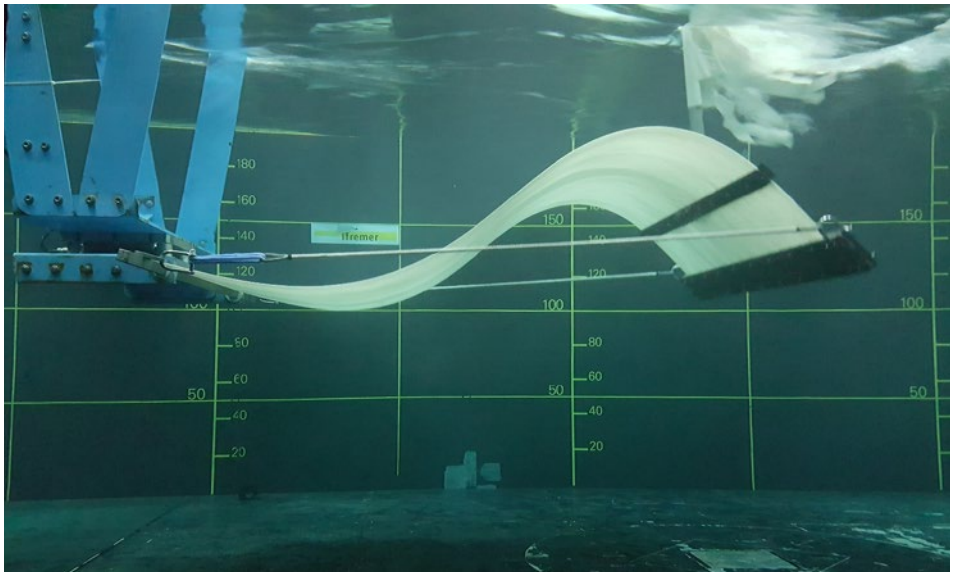
Pour mettre en valeur la notion de restauration écologique, les professeurs de SVT peuvent proposer à leurs élèves la reconstitution 3D de ces récifs, au moment de leur fabrication, puis dans leur environnement, à différents stades de leur colonisation par les espèces marines.

L'HYDROLIENNE À MEMBRANE ONDULANTE

STARTUPER

Si les océans pâtissent du réchauffement climatique, ils sont également un acteur-clé de son atténuation. Ils produisent la majeure partie de l'oxygène que nous respirons, et absorbent environ 30 % des émissions de gaz carbonique. Ils pourraient aussi devenir une ressource majeure d'énergie. Les énergies marines renouvelables (EMR) ne représentent actuellement que 1 % de la production mondiale d'électricité renouvelable ; les phénomènes marins susceptibles d'être utilisés pour produire de l'énergie électrique constituent pourtant un énorme potentiel. Les marées, en particulier, sont la seule énergie renouvelable prédictible et fonctionnant 24 heures sur 24.

Franck Sylvain, PDG d'EEL Energy, dirige une équipe qui développe une hydrolienne révolutionnaire : elle produit une énergie propre et performante en utilisant la force des courants marins, des marées et des fleuves.



Les essais de la membrane ondulante dans le bassin de l'Ifremer.
© EEL Energy

Comment fonctionne cette hydrolienne ?

La membrane, en plastique composite et fibres de carbone, agit comme une voile. L'énergie cinétique du fluide la déforme, et l'énergie de déformation est transformée en énergie électrique : le mouvement de bas en haut active un générateur électrique extérieur.

Modélisation 3D d'une hydrolienne à membrane ondulante.
© Dassault Systèmes

DES CONTENUS PÉDAGOGIQUES EN TECHNOLOGIE

Les élèves sont invités à imaginer, de manière collaborative, un prototype d'hydrolienne à membrane ondulante, puis à l'imprimer en 3D.

La membrane s'oriente avec le courant. Elle fonctionne dans les océans avec les marées, mais aussi dans les fleuves. On adapte sa taille en fonction de la profondeur et de la largeur du site, et de la vitesse du courant.

En quoi est-elle révolutionnaire ?

Contrairement à la plupart des hydroliennes existantes, qui utilisent une turbine, celle-ci s'inspire du mouvement naturel de la plupart des poissons et mammifères marins : l'ondulation. Elle ne présente donc aucun danger pour la faune marine. Elle ne produit pas de déchet, ni de pollution sonore ou visuelle, et n'émet pas de CO_2.
Il y a eu plus 5 ans de R&D, avec un modèle numérique pour analyser le comportement de l'hydrolienne en conditions réelles, et des modèles expérimentaux à l'échelle 1/20e, puis 1/6e, qui ont été testés au bassin d'essai de l'Ifremer à Boulogne-sur-Mer.
Nos hydroliennes démarrent à une vitesse de courant autour de 0,7 m/s, et l'optimum de fonctionnement des plus petites (50 à 250 kW) est atteint vers 2,5 m/s. Les machines plus grosses peuvent supporter des courants plus forts, jusqu'à 4 m/s pour celles de 50 mètres de long (jusqu'à 10 MW). Il n'est donc plus nécessaire d'aller dans des zones de très forts courants. Les lieux d'implantation possibles sont cent fois plus nombreux que pour les hydroliennes classiques. À terme, nous pourrions obtenir la puissance d'un réacteur nucléaire sur seulement 4 km^2 !

UN POISSON DE GÉNIE

FUTURES GÉOLOGUES

Dans un contexte de réchauffement climatique, de nombreuses zones côtières sont aujourd'hui exposées aux phénomènes d'érosion et à l'élévation du niveau de la mer. Il est donc nécessaire d'imaginer des ouvrages de protection efficaces, qui soient par ailleurs respectueux de l'environnement.

Pour tenter de trouver des solutions innovantes, **Manon Arnaud** et **Justine Michel**, étudiantes à UniLaSalle Beauvais (pôle d'enseignement supérieur), travaillent sur le principe du biomimétisme – processus d'innovation qui s'inspire des formes du vivant. Elles étudient l'extraordinaire nid élaboré par le *Torquigener albomaculosus*, un poisson-globe tropical.

Quel a été votre parcours universitaire jusqu'ici ?

Nous avons toutes les deux un baccalauréat scientifique, avec une spécialisation en physique-chimie pour Manon, en SVT pour Justine. Manon est entrée à UniLaSalle après son baccalauréat, et Justine après une année à Brighton, en Angleterre. Nous sommes actuellement en 3e année de géologie.

En quoi consistent vos recherches ?

Notre mémoire d'initiation à la recherche porte sur le biomimétisme. Au GéoLab (un espace éducatif d'UniLaSalle dédié à l'innovation et à la recherche en géosciences), nous étudions les propriétés du nid que le *Torquigener* façonne dans le sable avec son corps et ses nageoires afin de freiner le courant et de préserver ses œufs. Nous cherchons à déterminer si cette géométrie particulière est applicable à des installations humaines, par exemple un brise-vague pour protéger les côtes.

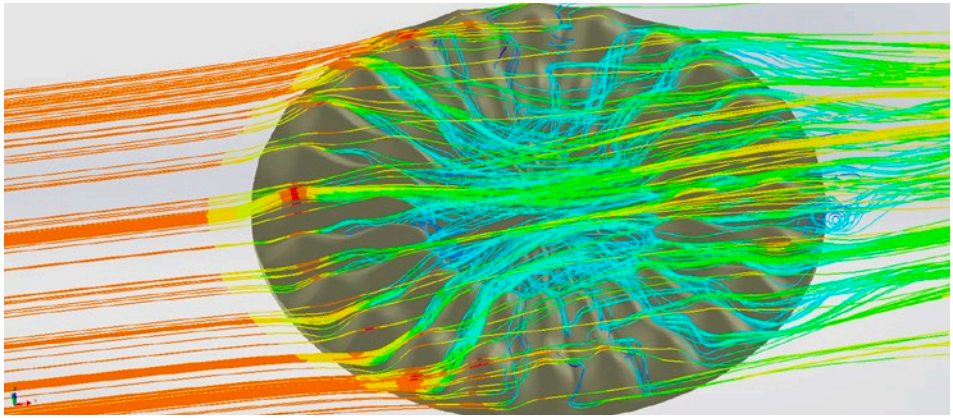
Le *Torquigener* et son nid.
© Paolo de Oliveira / Biosphoto

Dans quelle mesure ces recherches répondent-elles aux enjeux écologiques ?

Le but de notre mémoire, à long terme, est de permettre de créer une structure capable de ralentir le courant afin de limiter l'érosion des côtes et de ralentir le recul des plages.

Quelle est votre utilisation de l'univers numérique et de la 3D ?

Pour étudier le nid du *Torquigener*, nous utilisons des logiciels de design et d'ingénierie qui permettent de modéliser n'importe quelle structure en 3D, ainsi que son comportement dans un contexte précis. Nous avons utilisé la conception 3D pour modéliser le



Simulation hydrodynamique en 3D (*flow simulation*) sur un modèle du nid du *Torquigener*.
© Mission Océan / Alain Liotier

nid du poisson. Cette modélisation a ensuite été intégrée à un logiciel de simulation de fluides basé sur des modèles mathématiques. Il permet d'observer le comportement du courant lorsque le fluide entre en contact avec la structure.
Nous avons imprimé le nid grâce à une imprimante 3D. Des tests vont avoir lieu dans un petit aquarium pour vérifier les résultats obtenus lors des simulations.

Dans quelle mesure ces recherches peuvent-elles intéresser les collégiens ?

À travers Mission Océan, nous aimerions les initier au biomimétisme. Nous ne connaissions pas ce domaine avant d'entamer notre mémoire, mais c'est un domaine passionnant, où chaque idée est bonne à prendre. C'est assez amusant de choisir un animal et de déterminer quelles sont les caractéristiques qui pourraient faire l'objet d'une étude (le bec du martin-pêcheur, les nageoires de la baleine, la langue du chat). Réaliser un projet en partant de rien permet d'acquérir de nouvelles compétences et c'est assez gratifiant d'avancer sur un projet scientifique dont le but est d'innover. Cela permet aussi d'échanger avec des chercheurs et d'apprendre à leurs côtés.

LIMITER LES MENACES ANTHROPIQUES

LA PROTECTION DES CÔTES

ACTEURS DU LITTORAL

Le changement climatique, qui va provoquer une montée des eaux dans un avenir relativement proche, pose la question de l'habitabilité des territoires littoraux. La gestion de ces espaces de plus en plus vulnérables interpelle les gestionnaires, les décideurs, les États, mais aussi les citoyens, sur leurs responsabilités et la nécessité de se projeter dans l'avenir.

Monique Baccelli et **Anne Von Hatten**, professeures d'histoire-géographie aux collèges Jean Giono (Le Beausset) et La Guicharde (Sanary-sur-Mer), ainsi que **Jean-Marc Noaille**,

inspecteur d'histoire-géographie, ont conçu une carte virtuelle interactive dans le cadre de Mission Océan, pour mettre les élèves en situation de prendre conscience de cette réalité et de percevoir les enjeux qui y sont liés. L'idée est d'abord de collecter des données auprès de différents intervenants, puis de les utiliser dans des modélisations scientifiques. La carte permet ensuite de réunir des personnes aux profils variés pour qu'elles puissent agir ensemble.

Comment fonctionne cette carte ?

Les élèves naviguent entre monde virtuel et réalités territoriales des littoraux confrontés aux effets du changement climatique. L'approche 3D permet l'observation et la com-

préhension de phénomènes géographiques évolutifs difficiles à appréhender sans les animations et les simulations proposées : effondrement de falaise sous l'effet d'une érosion accentuée par la multiplication des tempêtes, recul du trait de côte, risques de submersion qui menacent déjà les littoraux et qui devraient s'intensifier selon les données du GIEC, en fonction de l'élévation des températures.
L'immersion des élèves dans un univers ludique et visuellement attractif leur permet d'interroger des acteurs et de s'approprier de manière active des problématiques bien réelles construites à partir de ressources référencées : comment faire face à de nouveaux risques quand on est élu et responsable de la sécurité des habitants, de la gestion du territoire ; quels types d'aménagements prévoir face au recul inexorable du trait de côte ? Doit-on partir ou rester ?

La carte interactive des littoraux menacés.
© Mission Océan

Qu'apporte l'immersion virtuelle à la réflexion géographique ?

Elle apporte une meilleure appréhension des changements d'échelle et de l'évolution des phénomènes observés : les élèves naviguent entre les points emblématiques de la carte en 3D et peuvent se projeter dans le temps et dans l'espace. Jouant des échelles, ils peuvent appréhender les données du GIEC mises en scène sur la carte selon différents scénarios prospectifs, pour mieux comprendre les liens entre évolution des températures, augmentation du niveau des océans et risque de submersion.

Le virtuel permet ici une pédagogie immersive qui donne une dimension supplémentaire à l'apprentissage de la géographie et à la (re)découverte d'une discipline de terrain.

LA POLLUTION PLASTIQUE

OCÉANOGRAPHE

Contaminants chimiques, marées noires, rejets urbains, déchets radioactifs, antibiotiques, métaux lourds, eutrophisation, nanoparticules… Tous ces polluants issus de l'activité humaine ont des conséquences graves sur les écosystèmes marins, la biodiversité et le fonctionnement global des océans. Les débris plastiques en font partie.

Sous l'effet des courants, des milliards de fragments de plastique s'amalgament dans les océans. On parle de continent plastique car ils couvrent une surface équivalente à six fois la France, mais il s'agit en fait plutôt d'une multitude de micro-plastiques. Ces déchets proviennent des terres pour 80 % d'entre eux, apportés par les rivières ou par le vent. Ils étouffent ou empoisonnent poissons, tortues, oiseaux et organismes marins.

François Galgani est spécialiste de sciences environnementales et particulièrement de la pollution plastique à l'Ifremer.

Quel est votre parcours académique et professionnel ?

Je suis docteur en océanologie de l'université d'Aix-Marseille. J'ai séjourné dans des laboratoires du CNRS, du collège de France, de l'université de pêche de Tokyo et de l'université Stanford en Californie. J'ai été responsable de laboratoires à l'Ifremer et je suis actuellement responsable de projet et membre de la mission Starfish du programme européen « Horizon Europe », ainsi que de plusieurs groupes d'experts internationaux sur le thème de la pollution plastique.

Sur quoi portent vos travaux actuels ?

Sur la compréhension des processus impliquant les polluants et leurs effets sur les organismes marins, l'observation et la surveillance du milieu marin et le support aux politiques publiques de réduction de la pollution en lien avec le ministère de l'environnement, la commission européenne et les agences des Nations unies.

Pollution des déchets plastiques dans l'environnement océanique.
© Rich Carey / Shutterstock

Dans le domaine de la pollution plastique, les besoins technologiques concernent le développement d'outils de reconnaissance, la mise au point de systèmes automatisés d'observation et de cartographie, la reconnaissance d'images permettant des mesures à l'échelle océanographique, y compris dans les grands fonds.

Pensez-vous que des collégiens peuvent s'intéresser à vos recherches ?

Le besoin de données à grande échelle fait de la pollution plastique l'un des domaines où les sciences participatives et la contribution du public sont essentielles. Nous avons besoin d'observateurs de tous âges pour collecter des informations qui sont ensuite analysées dans des bases de données internationales. C'est fondamental pour le développement de systèmes d'observation harmonisés dans des programmes à l'échelle mondiale, coordonnés par les grandes organisations non-gouvernementales et l'ONU.

Double page suivante :
© Ron Watkins

DES CONTENUS PÉDAGOGIQUES EN SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Julie Allen, professeure de mathématiques, et **Sébastien Ventura**, professeur de sciences de la vie et de la Terre, au collège Lou Garlaban (Aubagne), ont contribué à créer un module pédagogique interdisciplinaire autour de ce fléau.

Quels sont les contenus pédagogiques mis en place autour de la pollution plastique ?

Une animation interactive fait découvrir aux élèves le devenir d'une bouteille plastique jetée dans l'océan, afin de les sensibiliser à l'impact de l'être humain sur son environnement. Ils étudient dans un premier temps les courants de surface qui concentrent les déchets plastiques dans des gyres océaniques créant des « continents ». Pour cela, ils formulent des hypothèses, imaginent des protocoles expérimentaux et testent leur validité.

Ils appréhendent ensuite l'ampleur de cette pollution, en estimant le volume et la masse du continent plastique situé dans le Pacifique Nord, et en le comparant avec des volumes connus comme celui des bâtiments de leur collège. La programmation et le codage leur permettent également de créer un « compteur de déchets ». Enfin, ils cherchent des solutions pour limiter l'impact de l'être humain : pour chaque étape de la vie d'un déchet plastique, ils imaginent des innovations possibles et en découvrent certaines réalisées par des industriels.

LES PARTENAIRES

LA FONDATION DASSAULT SYSTÈMES

Depuis 2015, La Fondation Dassault Systèmes soutient la transformation de l'éducation, de la recherche et de l'étude du patrimoine. Au-delà de nouvelles aptitudes, de collaborations constructives, et de l'envie de réimaginer et soutenir un monde plus durable, il s'agit avant tout de créer l'étincelle autour de la science et de la technologie pour les générations futures. Au cœur de la transmission des savoirs, les univers virtuels offrent la possibilité de mieux comprendre le monde et de repousser les limites de la connaissance grâce à un engagement actif des parties prenantes. Catalyseur de savoir-faire et de passions, La Fondation Dassault Systèmes valorise l'implication et le partage, notamment grâce au mécénat de compétences, pour placer l'échange humain au centre de l'apprentissage. La Fondation Dassault Systèmes opère au travers de trois fondations en Europe, en Inde et aux États-Unis.

https://www.lafondation3ds.org/fr

IFREMER

Reconnu dans le monde entier comme l'un des tout premiers instituts en sciences et technologies marines, l'Ifremer s'inscrit dans une double perspective de développement durable et de science ouverte. Il mène des recherches, innove, produit des expertises pour protéger et restaurer l'océan, exploiter ses ressources de manière responsable, et partager les connaissances et les données marines afin de créer de nouvelles opportunités pour une croissance économique respectueuse du milieu marin. Le projet Mission Océan intègre pleinement l'un des axes prioritaires de la communication de l'Ifremer : « Faire Science en Société : incarner l'idée que les sciences et les technologies marines sont utiles et doivent être partagées ».

https://www.ifremer.fr

MINISTÈRE
DE L'ÉDUCATION
NATIONALE,
DE LA JEUNESSE
ET DES SPORTS
Liberté
Égalité
Fraternité

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS

Le ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, à travers la direction du numérique pour l'éducation (DNE), a pour mission l'impulsion et l'accompagnement de la transformation numérique du système éducatif. La DNE définit la politique de développement du service public du numérique éducatif. En particulier, elle soutient l'innovation, la R&D appliquée au profit de la transformation numérique et impulse de nouvelles démarches et pratiques, de nouveaux services et ressources au bénéfice de la communauté éducative.

https://eduscol.education.fr/pid26435/enseigner-avec-le-numerique.html

onisep

ONISEP

L'Onisep (Office national d'information sur les enseignements et les professions), organisé en réseau avec ses délégations régionales, est un opérateur de l'État qui relève du ministère de l'Éducation nationale, de la Jeunesse et des Sports, et du ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation. Éditeur public, l'Onisep produit et diffuse toute l'information sur les formations et les métiers. Il propose aussi des services aux élèves, aux parents et aux équipes éducatives. Il informe les élèves et les parents sur les formations, les métiers, les secteurs professionnels via ses productions numériques, ses services et ses publications. Il élabore des ressources pédagogiques pour les équipes éducatives qui accompagnent les jeunes dans leur démarche d'orientation.

http://www.onisep.fr

CANOPÉ
LE RÉSEAU DE CRÉATION
ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES

RÉSEAU CANOPÉ

Réseau Canopé, opérateur public du ministère de l'Éducation nationale et de la Jeunesse, conçoit et édite des ressources et services pédagogiques pour accompagner la communauté éducative. Acteur de référence dans l'innovation pédagogique, il diffuse son offre dans ses 101 ateliers, espaces pédagogiques de proximité.

https://www.reseau-canope.fr

www.mission-ocean.org

Avec la participation de

DASSAULT SYSTEMES La Fondation

Ifremer

MINISTÈRE DE L'ÉDUCATION NATIONALE, DE LA JEUNESSE ET DES SPORTS
Liberté
Égalité
Fraternité

onisep

CANOPÉ
LE RÉSEAU DE CRÉATION ET D'ACCOMPAGNEMENT PÉDAGOGIQUES