

FENÊTRES SUR MER

D'après la rencontre entre l'artiste Anouck Boisrobert, la chercheuse Valérie Ballu, l'enseignant-chercheur Alain Gaugue et l'ingénieur d'étude Thibault Coulombier.

Sujet de recherche:

Le drone marin PAMELi, outil innovant pour une meilleure compréhension des écosystèmes littoraux

GUIDE ENSEIGNANT
CYCLE 3

FENÊTRES SUR MER



Présentation du module

Artiste: [Anouck Boisrobert](#)

Chercheurs: [Valérie Ballu](#), [Alain Gaugue](#), [Thibault Coulombier](#)

Sujet de recherche: le drone marin PAMELi, outil innovant pour une meilleure compréhension des écosystèmes littoraux

Fenêtres sur mer est issu de la rencontre entre l'auteure-illustratrice-artiste visuelle Anouck Boisrobert, la chercheuse Valérie Ballu, l'enseignant-chercheur Alain Gaugue et l'ingénieur d'étude Thibault Coulombier.

Approche artistique

Pour concevoir son module, Anouck Boisrobert, artiste rochelaise, a réalisé quatre paysages en papiers découpés, alliant superpositions et jeux d'ombres grâce à une installation lumineuse placée à l'intérieur des cubes du module Fenêtres sur mer. Les scènes découpées, conçues en utilisant la technique du pop-up, prennent ainsi vie avec le regard de l'observateur.

«J'ai l'habitude de travailler à partir du format d'un livre et ce qui m'a intéressé ici était justement d'en sortir pour mettre en scène mes images dans ces grands volumes cubiques. Je souhaitais garder l'effet de surprise que l'on a avec les pages d'un livre en pop-up que l'on déplie et l'idée d'un jeu d'ombre et de lumière s'est progressivement précisée.

J'ai réalisé beaucoup de test et de maquettes avec différents papiers, comme des petits théâtres d'ombres à poser devant une lampe. J'ai essayé de rester simple à chaque visuel, de ne garder que l'essentiel. Souvent ce sont des mots ou des petits bouts de phrases extraites de mes prises de notes lors de la rencontre avec l'équipe de chercheurs qui m'ont inspirée.

J'ai voulu faire ressortir quatre thématiques de leur travail pour aborder la pluralité de leur recherche et je trouvais que l'idée d'images qui apparaissent et prennent leur sens grâce à une source lumineuse illustrait plutôt bien la mission d'une recherche scientifique.»

(Anouck Boisrobert)

Approche scientifique

Le module Fenêtres sur mer embarque le visiteur sur le drone flottant PAMELi (Plateforme Autonome Multicapteurs pour l'Exploration du Littoral).

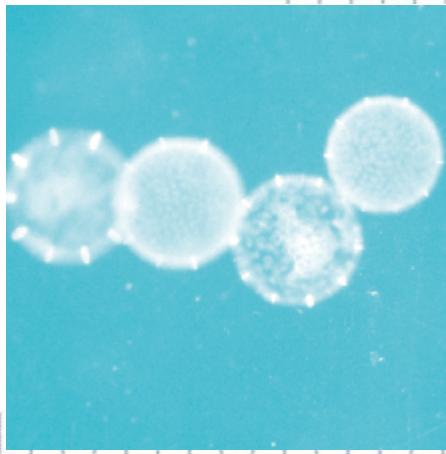
Le laboratoire Littoral ENvironnement et Sociétés (LIENSs) et le Laboratoire Informatique, Image et Interaction (L3i), ont uni leurs compétences pour travailler sur les drones marins, dont PAMELi est un exemple permettant de mieux saisir les dynamiques des littoraux et des océans.

Dans les laboratoires de La Rochelle Université et du CNRS depuis 2018, PAMELi s'inscrit dans une volonté de «faire de la science autrement», de manière pluridisciplinaire. Equipé d'une diversité de capteurs, ce drone peut réaliser différentes mesures de manière simultanée (température, profondeur, salinité, etc.). Chaque sortie en mer permet ainsi de mutualiser les efforts et de fournir des données pour des projets de recherche variés. Ce drone propulsé par électricité a une empreinte carbone réduite et peu d'impact sonore sur l'environnement marin par rapport aux bateaux habituellement utilisés. De plus, les informations enregistrées par PAMELi sont automatiquement stockées dans une base de données commune. Ce fonctionnement facilite ainsi la visualisation, l'analyse, le partage et le réemploi des informations collectées par ce drone.

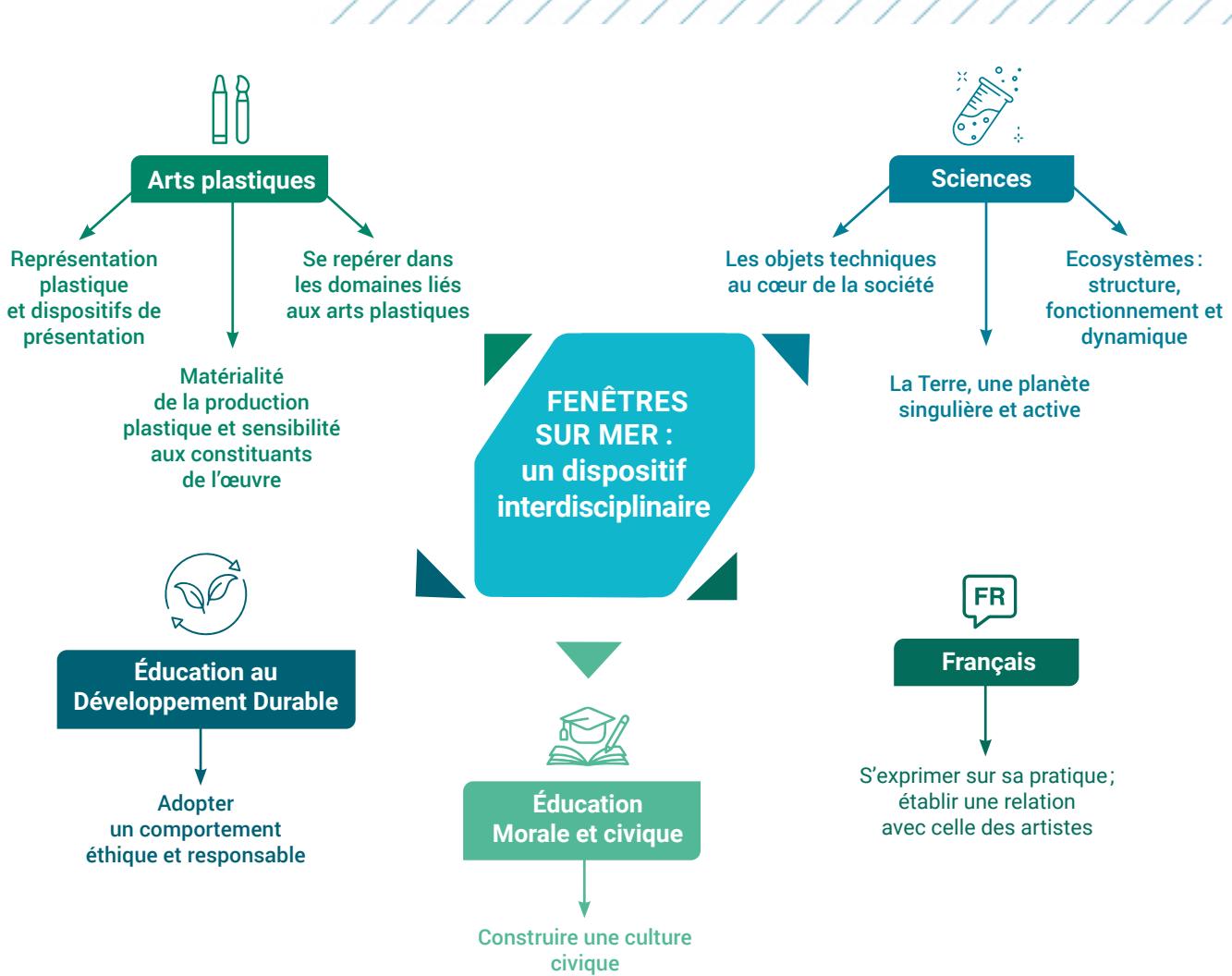
Mots clés

Sciences: drone, niveau marin, écosystème littoral, interdisciplinarité, réduction de l'impact environnemental.

Arts plastiques: pop-up, diorama, jeux d'ombres, superposition.



Domaines des programmes visés par l'étude de Fenêtres sur mer



Cf. annexes pour le détail des compétences visées en lien avec les programmes de l'Éducation Nationale p.20

Étapes pédagogiques avant la visite du NANOmusée



Émergence des connaissances et des représentations initiales

Garder la trace des réponses des élèves : réponses écrites individuelles ou prises de notes par l'adulte

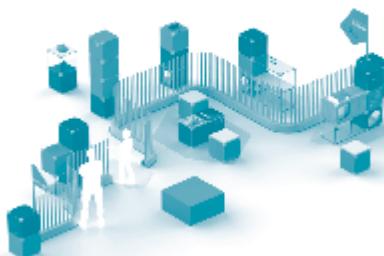


Validation par le biais de recherches documentaires

Définitions, dictionnaires, livres documentaires, sites, albums...



Échanges pour confirmation ou infirmation lors de la visite du NANOmusée



Le NANOmusée



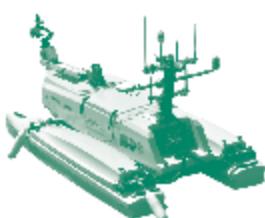
Qu'est-ce qu'un musée ?

- À quoi servent les musées ?
- Quel est leur rôle ?
- Que peut-on y voir ?
- Où en trouve-t-on ?
- Qui peut y aller ?
- Connais-tu des musées et lesquels ?



Qu'est-ce qu'un NANO musée ?

- **Nano** : à quoi cela fait-il référence ? Discussion collective et, si nécessaire, recherche dans le dictionnaire.
- Lorsque le préfixe *nano*- est collectivement identifié comme précisant la petite taille du musée, il est possible d'émettre des hypothèses sur ce que peut être un Nano-musée (exemples : un musée présentant des petites œuvres, la maquette d'un musée, un petit musée).



Fenêtres sur mer



Qu'est-ce qu'un drone ?

- Avez-vous déjà entendu parler ou vu des drones ? Si oui, où en avez-vous vus ? À quoi ressemblaient-ils ? Sont-ils tous pareils ?
- À quoi servent les différents types de drones ?



Pourquoi les chercheurs utilisent-ils des drones pour étudier la mer ?

- À votre avis, à quoi pourrait ressembler un drone utilisé par des chercheurs qui travaillent sur la mer, le littoral ? Demander aux élèves de réaliser un dessin du drone qu'ils imaginent.
- À votre avis, comment un drone peut-il aider les scientifiques dans leurs recherches ?

Étapes pédagogiques pendant la visite du NANOmusée



Le NANOmusée



Observation des modules dans leur ensemble

- ▶ Présence d'œuvres
- ▶ Petite taille = musée itinérant
- ▶ Cubes identiques = musée modulable et adaptable aux lieux d'exposition



Musée art-science

- ▶ Œuvres de types différents : sculpture, vidéo, œuvre sonore, album, origami, aquarelle, dessin
- ▶ Approches différentes artiste/scientifique, dialogue entre les 2 approches

Fenêtres sur mer



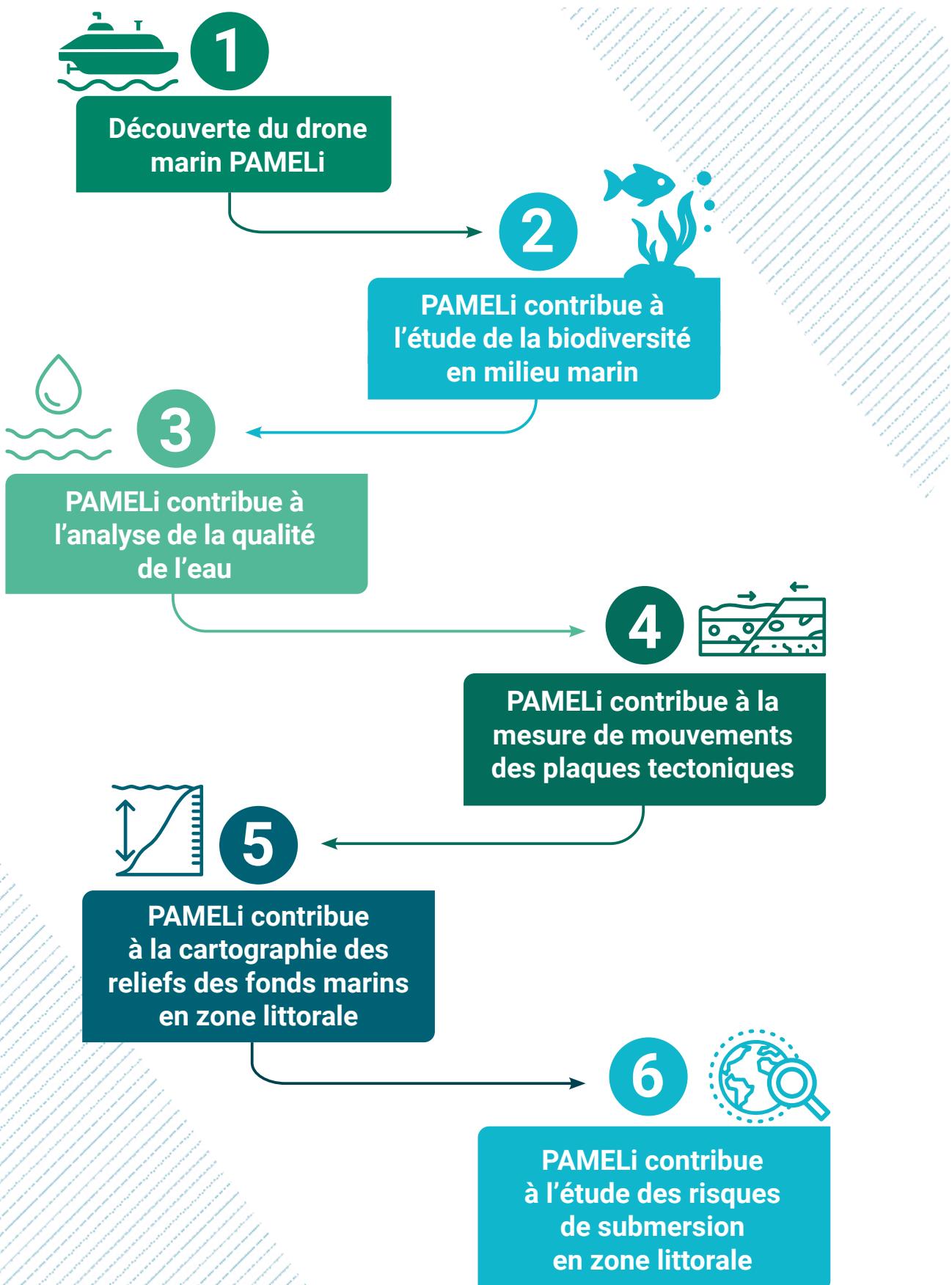
Propositions d'organisation lors de la découverte du module avec sa classe :

- ▶ Nous recommandons de limiter la circulation autour du module à 6-7 élèves.
- ▶ Dans un 1^{er} temps, nous suggérons aux enseignants de laisser quelques minutes aux élèves pour découvrir seuls les 4 dioramas, en les mettant en garde sur la fragilité des œuvres.
- ▶ Après cette phase de découverte individuelle, l'enseignant rappelle le sujet de recherche : l'utilisation d'un drone marin. Un questionnement collectif autour de la place du drone dans le module peut alors se poser. Demander aux élèves s'ils ont vu un drone dans les 4 dioramas. Pourquoi, selon eux, l'artiste a-t-elle choisi de ne pas représenter le drone ? L'utilisation du drone est-elle néanmoins suggérée dans le module ? Anouck Boisrobert a interprété, au travers des dioramas, sa vision des études que le drone PAMELi permet de mener. Ses 4 paysages en papier sont des fenêtres ouvertes sur les recherches menées grâce à l'utilisation du drone : études sur la faune et sur les reliefs sous-marins, étalonnage des mesures prises par satellites.

▶ Suite à cet échange, nous suggérons aux enseignants de présenter des photos du drone PAMELi.

▶ Informations concernant l'éclairage des dioramas du module : le système d'éclairage est déclenché par des capteurs de mouvement. Ils se déclenchent lorsque les visiteurs se tiennent entre 20 cm et 1 m des dioramas. L'allumage se fait pendant 20 secondes et persiste 5 secondes supplémentaires si le visiteur reste dans la zone de captation.

Étapes pédagogiques en sciences après la visite du NANOmusée



Étape 1 :

Découverte du drone marin PAMELi

Objectifs

- Identifier le lien entre des besoins pour la recherche scientifique et des données recueillies grâce au drone marin PAMELi.

Matériel

- Dessins de drones réalisés par les élèves lors de ou à la suite de la découverte du module Fenêtres sur mer
- Photos de drones volants, terrestres, et amphibies

- Photos du drone PAMELi
- Ordinateur et vidéo projecteur pour présenter une vidéo de PAMELi en fonctionnement

Déroulement

Phases

Il existe différents types de drones

- Afficher les dessins réalisés par les élèves et échanger sur leurs formes et sur le milieu dans lequel ils circulent (air, terre, eau). L'enseignant met en vis-à-vis des photos de drones volants, terrestres et amphibies.
- Quels sont les points communs de ces différents appareils ? En groupe-classe, établir collectivement que ce sont des appareils de petite taille, sans conducteur à bord mais avec un pilotage à distance (distance plus ou moins grande), et avec une autonomie (plus ou moins importante).

Nous suggérons de demander aux élèves de mener une recherche documentaire sur les drones si l'échange collectif ne permet pas d'identifier ces points communs.

- Une fiche synthétisant le fonctionnement d'un drone peut également être réalisée afin de mettre en évidence 5 éléments principaux des drones :

- la partie mécanique avec les moteurs entraînant les hélices
- la batterie
- la radiocommande
- l'électronique embarquée pour la réception des ordres de pilotage
- la caméra, les capteurs, etc.

Les drones peuvent être utilisés dans différents domaines

- Quels peuvent être les différents usages des drones ? Certaines utilisations seront peut-être identifiées par les élèves : pour la réalisation de films, de clips vidéo, pour la prise de photos aériennes, ou pour les loisirs par exemple.

L'identification d'autres usages nécessitera sans doute des recherches sur Internet :

- Usage militaire : surveillance, renseignement, attaque (si le drone est armé)
- Usage agricole : surveillance des troupeaux, évaluation de dégâts dans des cultures
- Usage par les services de police et des secours : recherche de personnes, intervention sur les incendies
- Journalisme : reportages en zones sinistrées ou difficilement accessibles

- À votre avis, quels peuvent être les usages des drones terrestres, volants ou amphibies dans la recherche scientifique ? Les exemples précédents d'usages des drones peuvent faciliter l'identification par les élèves de certaines fonctions des drones pour la recherche scientifique. Ils parleront peut-être de l'utilisation de drones volants pour la réalisation d'images ou le suivi d'animaux dans des zones difficiles d'accès (fonds marins, montagnes par exemple).

Le CNRS présente sur [cette page](#) la diversité des milieux et des fonctions des drones utilisés pour la recherche scientifique : repérage de sites archéologiques enfouis, modélisation du patrimoine, cartographie de l'érosion du littoral, modélisation d'avalanches ou de propagation de feux de forêts, surveillance de la déforestation et de la qualité de l'eau en sont quelques exemples.

L'utilisation du drone PAMELi par les scientifiques

L'enseignant recentre l'échange sur le module Fenêtres sur mer du NANOMusée, en reprenant les photos du drone marin PAMELi déjà présentées à la fin de la découverte du module.

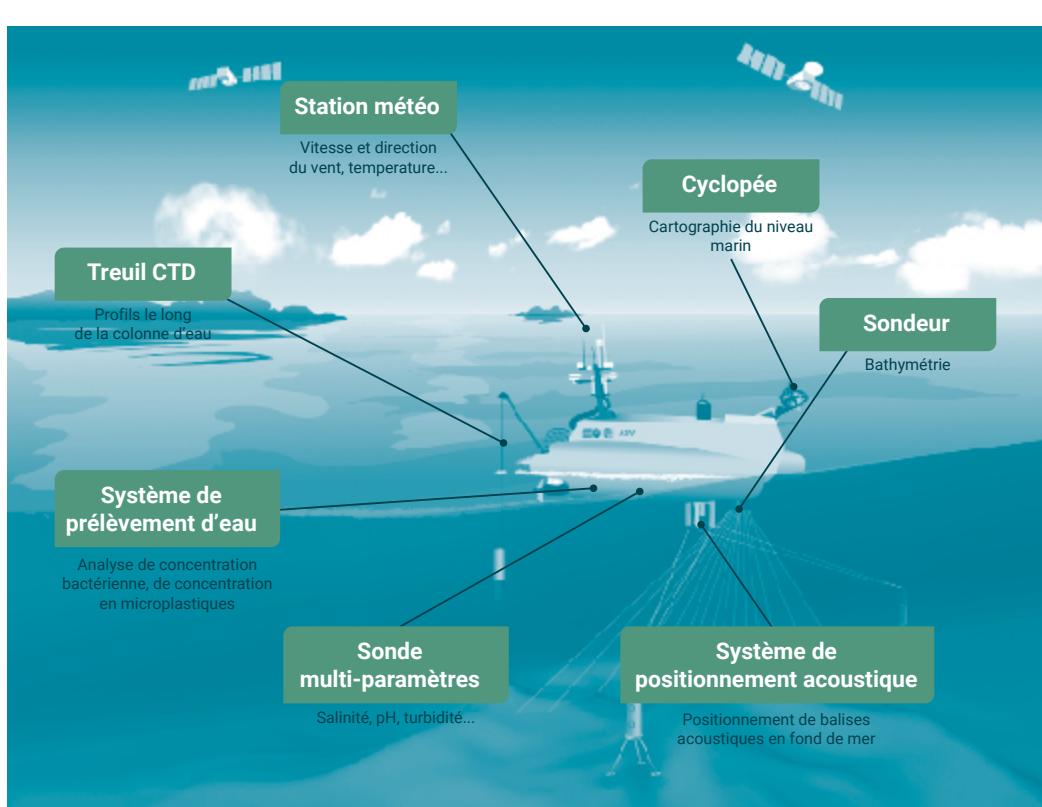
► Comment PAMELi permet-il d'étudier le milieu marin? Les élèves font des propositions, qui seront validées ou invalidées à la suite du visionnage d'une [vidéo](#) de présentation du drone. Les notes prises par les élèves lors du visionnage feront l'objet d'une synthèse sur les mesures prises par PAMELi :

- température de l'eau,
- profondeur,
- turbidité,
- salinité,
- oxygène dissous,
- niveau de la mer...

L'installation de différents capteurs dépend des objectifs définis pour chaque sortie.

► L'utilisation d'un drone comme PAMELi permet de contribuer à plusieurs études (avec des prélevements différents) dans une même sortie, de limiter les coûts, de réduire l'empreinte carbone (PAMELi est un véhicule électrique), de mettre en commun des données recueillies.

Pour les CM1 et CM2, le [reportage de France 3 Nouvelle-Aquitaine](#) présente le drone PAMELi et son utilisation par les chercheurs. La [vidéo réalisée par La Rochelle Université](#) peut être présentée aux 6^{èmes}.



Diversité des instruments embarqués sur PAMELi (@LIENSS)



Connaissances ciblées

Un drone est un appareil sans pilote à bord. Il est généralement piloté à distance par un opérateur humain, mais peut avoir un degré plus ou moins important d'autonomie. Un drone est avant tout une plateforme de capteurs mobiles. C'est un engin d'observation, d'acquisition et de transmission de données géolocalisées qui peut être volant, terrestre, amphibie, à usage civil ou militaire. PAMELi est un drone flottant équipé d'une grande diversité de capteurs pour étudier de manière approfondie les écosystèmes marins et littoraux.

Pour aller + loin

Le programme « [Adopt a float](#) » déployé en collaboration avec Ifremer vise à observer l'océan en temps réel et à appréhender l'importance des sciences marines dans la compréhension de l'océan. La classe (de la maternelle au lycée) suit un robot sous-marin appelé « flotteur profileur » et accède ainsi aux données collectées.

Propositions bibliographiques

► Roman

Jimenes, G. *Le Défi des drones*. SEDRAP Jeunesse, 2019.

► Documentaire

Drones, des zones de combat à l'exploration sous-marine. Elcy, 2014.

Étape 2:

PAMELi contribue à l'étude de la biodiversité en milieu marin

Objectifs

- ▶ Représenter, à partir de l'exemple du zoo- et/ou du phyto- plancton, les liens alimentaires entre les êtres vivants par des chaînes formant un réseau.

Prérequis

- ▶ Être capable d'identifier des relations alimentaires entre des organismes vivants.

Matériel

- ▶ Ordinateur et vidéo projecteur pour présenter une photo du diorama d'Anouck Boisrobert et des documentaires sur le plancton.

Eléments de contexte pour les enseignants

- ▶ L'étape 2 porte spécifiquement sur le diorama présentant la faune et flore marines.



Déroulement

Recueil des représentations des élèves

Arrivez-vous à reconnaître des êtres vivants dans la scène réalisée par Anouck Boisrobert ? L'enseignant note les propositions des élèves. Les visages, les algues, les coraux et les méduses seront probablement identifiés. Les élèves auront peut-être plus de difficultés à mentionner le plancton.

Mise en situation

Si le «plancton» n'a pas encore été cité par les élèves, l'enseignant demande au groupe-classe s'ils ont déjà entendu parler de ce mot, et ce qu'il évoque pour eux. Les élèves peuvent décrire à l'écrit ou dessiner ce qu'ils imaginent lorsqu'on leur parle de plancton. Ces productions seront conservées pour être comparées à la vision qu'auront les élèves du plancton en fin de séance.

Phases

Qu'est-ce que le plancton ?

Nous recommandons 2 vidéos portant sur le plancton :

- ▶ Pour les CM: un extrait de *C'est toujours pas sorcier*. Les élèves prennent des notes pendant la vidéo, et un échange collectif permet de mettre en évidence les informations essentielles à retenir de cet extrait :

Le plancton est constitué d'organismes qui dérivent en suivant les courants marins. Ils sont minuscules, mais ils représentent 95% du poids total des espèces dans les océans. Il existe deux types de plancton :

- *Le phytoplancton : appartient au monde végétal et vit entre la surface et 200 mètres de profondeur. Il a besoin de la lumière du soleil et produit de l'oxygène.*

- *Le zooplancton : appartient au monde animal et se nourrit du phytoplancton. Il vit partout dans l'océan.*

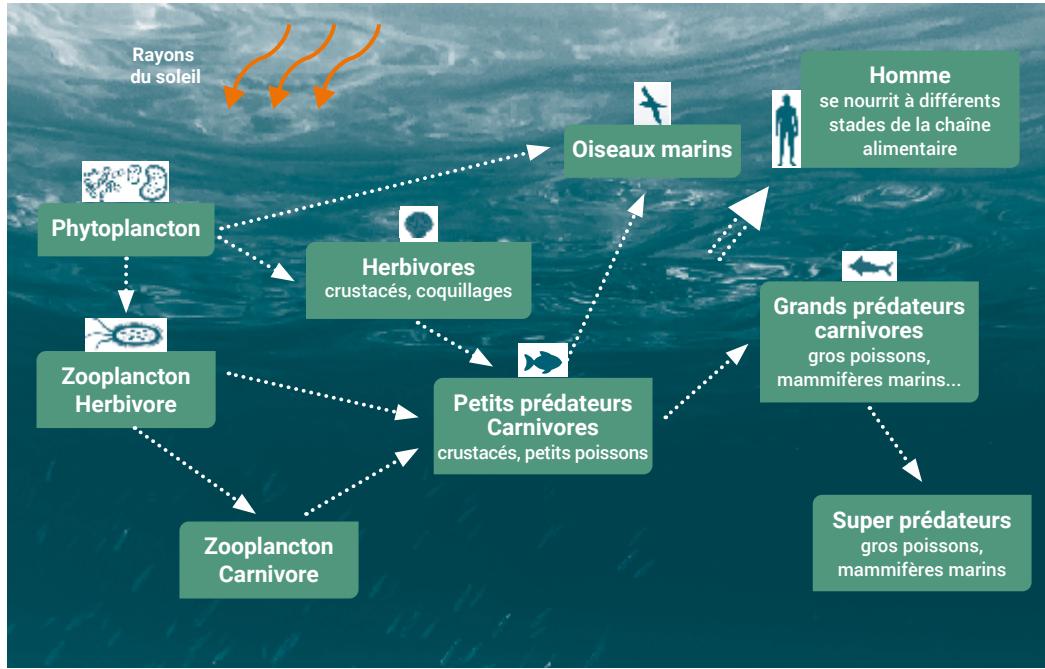
Le phytoplancton est à la base de toutes les chaînes alimentaires océaniques : il est mangé par le zooplancton, lui-même mangé par des animaux de plus en plus gros.

- ▶ Pour les 6^e: un épisode de la série *Tout sur ta mer*. Les élèves prennent des notes pendant la vidéo, et un échange collectif permet de mettre en évidence les informations essentielles à retenir de cet épisode :

Le plancton désigne un ensemble d'espèces qui se laissent porter par le courant car ils n'ont pas la capacité de nager. Le plancton regroupe un ensemble d'organismes : bactéries, virus, phytoplancton (végétal), zooplancton (animal). Les espèces qui constituent le plancton sont de tailles très variables : certaines mesurent plusieurs mètres mais la majorité d'entre elles sont invisibles à l'œil nu. Le plancton représente 95 % de biomasse marine. Certaines espèces de poissons ou de mollusques appartiennent au plancton lors de leur stade larvaire.

Le plancton constitue la base de toutes les chaînes alimentaires des océans. Le phytoplancton est mangé par le zooplancton, lui-même mangé par une série de prédateurs. Le phytoplancton (bactéries et microalgues) réalise la photosynthèse : il produit ainsi au moins 50% de l'oxygène sur Terre. Le plancton joue aussi un rôle dans la régulation du climat à l'échelle mondiale, grâce au processus appelé pompe biologique océanique (ou cycle marin du carbone). Cette pompe transporte le CO₂ présent dans l'atmosphère vers les couches profondes de l'océan grâce au phytoplancton qui accumule le carbone dans son organisme après réalisation de la photosynthèse, et qui l'emporte au fond de l'océan lorsqu'il meurt. Le carbone est alors stocké sous forme minérale dans les sédiments marins.

Le plancton est donc essentiel au maintien de la vie sur Terre.



Quelle est la place du plancton dans les chaînes alimentaires ?

► Les élèves réalisent par binômes une chaîne alimentaire marine faisant intervenir des espèces appartenant au phyto- et au zoo- plancton. Le visionnage du documentaire ainsi que les connaissances issues du Cycle 2 sur la chaîne alimentaire devraient permettre aux élèves de proposer une chaîne alimentaire. Dans le cas contraire, cette activité peut s'envisager en groupe-classe.

Comment étudier le plancton ?

► Interroger les élèves sur les instruments et les méthodes permettant, selon eux, d'étudier du plancton. Les 40 premières secondes de l'extrait de [C'est toujours pas sorcier](#) présentent le prélèvement d'eau de mer et son observation au microscope.

PAMELi permet le prélèvement de 12 échantillons dans des poches stériles (volume de 0,5 à 1 litre). Les échantillons sont prélevés à 30-40 cm sous la surface de l'eau. Le déclenchement du prélèvement se fait à distance, et les échantillons sont datés et géolocalisés.



Propositions bibliographiques

Sardet, C. Plancton. Aux origines du vivant. Ulmer, 2022.



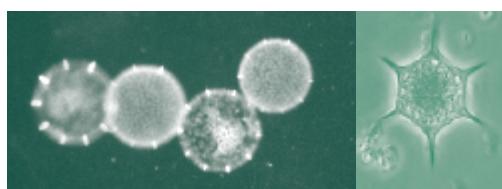
Connaissances ciblées

► Le drone PAMELi réalise des prélèvements en mer qui permettent de mieux connaître le milieu marin. Il est particulièrement utile pour l'étude d'organismes invisibles à l'œil nu: la microfaune et microflore marine telle que le plancton. Le plancton est constitué d'organismes qui dérivent en suivant les courants marins. Ils sont minuscules, mais ils représentent **95 % du poids total des espèces dans les océans**. Le phytoplancton est à la base de toutes les chaînes alimentaires océaniques: il est mangé par le zooplancton, lui-même mangé par des animaux de plus en plus gros.

Les photos ci-dessous présentent du zoo- et du phyto- plancton observés au microscope électronique.



Zooplancton (*Centropage typicus* à gauche et *Calanus helgolandicus* à droite) observés au microscope électronique ©LIENSs



Phytoplancton (*Halosphaera* à gauche et *Octatis speculum* à droite) observés au microscope électronique ©LIENSs



Pour aller + loin

Les classes proches du littoral peuvent organiser une sortie sur un estran, afin d'observer la biodiversité à marée basse.

- La consultation de la plateforme [Planktos](#) permet de découvrir comment l'expédition Tara Océans part à la découverte du plancton. Pour les 6^{èmes}, il est possible de télécharger un [kit pédagogique](#) sur la biogéographie du plancton, s'appuyant sur des données scientifiques collectées lors des expéditions de Tara.

- Des projets d'enquêtes filmées, niveaux collège et lycée (« Graines de Reporters Scientifiques ») sur l'importance du plancton, sont disponibles en suivant ce [lien](#).

Étape 3 :

PAMELi contribue à l'analyse de la qualité de l'eau

Objectifs

- ▶ Reconnaître des liens entre la biodiversité marine, la qualité de l'eau et la santé humaine.

Prérequis

- ▶ Être capable d'identifier des liens entre la qualité de son environnement proche et la santé humaine.

Matériel

- ▶ Ordinateur et vidéo projecteur pour présenter un épisode de « C'est pas sorcier » sur les bactéries.

Eléments de contexte pour les enseignants

- ▶ L'étape 3 porte spécifiquement sur le diorama présentant la faune et flore marines.



▶ Le drone PAMELi est par exemple utilisé pour réaliser des relevés de contaminants dans des eaux de baignade, car il peut prélever simultanément jusqu'à 5 échantillons d'eau de mer de surface, d'un volume de 0,5 à 1 litre. Ces prélèvements sont particulièrement importants pour effectuer le suivi de la qualité des eaux lors de contaminations bactériologiques. C'est l'ARS (Agence Régionale de Santé) qui se charge d'organiser les contrôles sanitaires des eaux de baignade. Elle fait réaliser des prélèvements puis des analyses par des laboratoires agréés sur deux indicateurs de contamination: *Escherichia coli* et des entérocoques intestinaux. Plus ces deux indicateurs sont trouvés en quantités importantes, plus la probabilité de présence de germes pathogènes plus dangereux d'origine bactérienne (*Salmonella*) ou virale (Hépatite A etc.) est élevée.

Dans le cas de la ville d'Aytré (Charente-Maritime), deux plages sont interdites à la baignade depuis un arrêté municipal de 2018, car le taux de bactéries, notamment intestinales d'origine animale, est supérieur aux normes.

Déroulement

Mise en situation

La lecture d'un article sur un épisode de contamination bactériologique en Bretagne en juillet 2024 peut permettre l'introduction de la problématique relative à la qualité des eaux de baignade. Les élèves pourront relever les informations essentielles dans cet article:

La fermeture de plusieurs plages a été décidée car les eaux de baignade sont de qualité insuffisante. Les analyses révèlent une contamination bactériologique, avec un taux trop important de bactéries intestinales. L'origine de cette contamination n'est pas déterminée : animale (chiens, chevaux) ou humaine. Selon l'association Eaux et Rivières, les contaminations bactériologiques des eaux de baignade en Bretagne seraient concentrées dans des zones déjà touchées par des pollutions agricoles.

Mise en situation

Que sont les bactéries ?

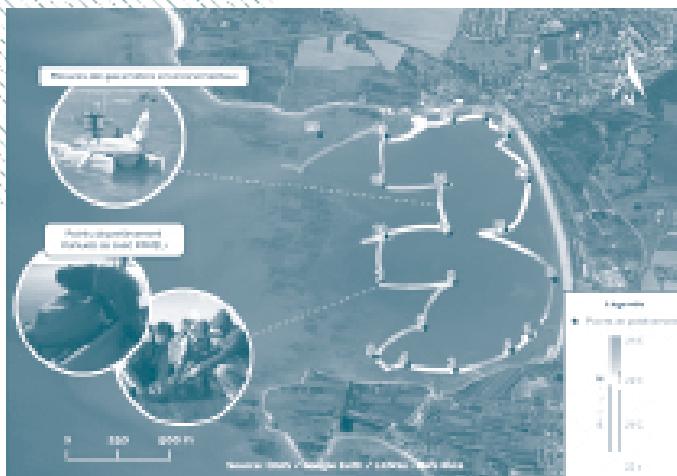
▶ Définir collectivement, avec des recherches documentaires si nécessaires, ce que sont les bactéries. Le visionnage des 7 premières minutes de l'épisode de C'est pas Sorcier sur les bactéries permet ensuite de présenter les caractéristiques principales des bactéries: ce sont des êtres vivants microscopiques présents dans l'environnement et dans le corps. Certaines bactéries sont indispensables à notre bonne santé (elles font alors partie de notre microbiote), mais d'autres entraînent des maladies (elles sont alors pathogènes).

En complément, le microbiote intestinal peut être présenté dans cette vidéo de 5 minutes.

Comment PAMELi permet-il de déterminer le taux de bactéries dans l'eau ?

▶ Selon vous, comment le drone PAMELi contribue-t-il à l'analyse des eaux de baignade ? Si le prélèvement d'échantillons peut être aisément proposé par des élèves, ils auront probablement plus de difficultés à expliquer comment ce prélèvement peut se faire sur le drone.

▶ Comme pour l'étude de la biodiversité (étape pédagogique 2), PAMELi permet le prélèvement de 12 échantillons dans des poches stériles (volume de 0,5 à 1 litre). Les échantillons sont prélevés à 30-40 cm sous la surface de l'eau.



Zones de prélèvements de PAMELI pour l'analyse de qualité d'eau de baignade
©LIENSs

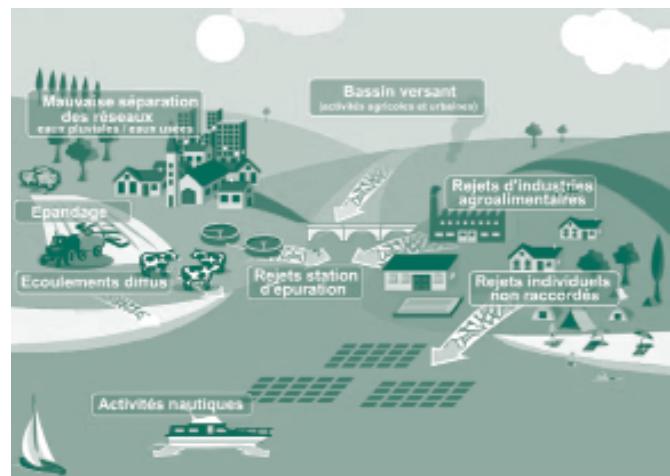


Schéma illustrant les sources d'apports bactériens en zone côtière ©Ifremer, extrait de l'article de The Conversation « [Contamination des eaux de baignade](#) » datant du 17 août 2023

Explorer la pollution microbiologique (par des bactéries) des eaux de baignade

Origines de la pollution de l'eau de baignade

► Par groupes, effectuer des recherches documentaires sur les différentes origines de pollution des eaux: domestique, agricole, industrielle, station d'épuration, transports maritimes. Une mise en commun permet de présenter les différentes sources de pollution:

- Pollution industrielle = eaux évacuées par les usines, rejets de produits comme hydrocarbure/PCB
- Pollution agricole = déjections animales, produits phytosanitaires/pesticides/engrais
- Pollution domestique = eaux usées provenant des toilettes, produits cosmétiques et d'entretien
- Pollution générée par les stations d'épuration = rejet ponctuel d'eaux usées (résiduaires)
- Pollution générée par les transports maritimes = rejet de fioul

La projection du schéma illustrant les sources d'apports bactériens peut permettre d'illustrer l'ensemble des sources de pollution des eaux.

► Mise en commun des recherches et catégorisation collective des différents types de pollution:

- Bactériologique: plutôt d'origine domestique ou agricole (matières fécales, déchets organiques)
- Chimique: plutôt d'origine industrielle (hydrocarbures, métaux lourds), mais aussi domestique (cosmétiques, médicaments) et agricole (produits phytosanitaires)
- Déchets aquatiques: matériaux/objets fabriqués par l'homme (emballages plastiques, verre, aluminium)

Conséquences sur la santé d'une pollution bactériologique des eaux de baignade:

► Le contact avec des bactéries pathogènes au-delà d'une certaine concentration peut provoquer otites, gastro-entérites, conjonctivites, ou des pathologies plus graves causées par des staphylocoques. La baignade en eau polluée augmente le risque d'apparition de troubles de santé, mais ce risque dépend aussi de l'état de santé du baigneur.



Connaissances ciblées

PAMELi peut nous aider à observer et à comprendre la contamination bactériologique des eaux de baignade, en prélevant des échantillons qui seront ensuite envoyés à l'analyse du taux de bactéries. Lorsqu'un taux important de bactéries intestinales est détecté, les eaux sont interdites à la baignade car le risque de présence de bactéries pathogènes (susceptibles de provoquer une maladie) est alors accru. La pollution des eaux de baignade est de différents types (bactériologique, chimique) et peut avoir plusieurs origines (agricole, domestique, industrielle).

Pour aller + loin

- Cette étape sur la qualité de l'eau de baignade peut se poursuivre par l'étude du cycle domestique de l'eau et de son traitement.
- La visite d'une usine de potabilité ou d'une station d'épuration peut être organisée.
- La visite du site internet « [Coulisses de Laboratoire](#) » de la Fondation Tara Océan permet aux élèves de découvrir de manière ludique différents instruments scientifiques embarqués sur PAMELi.



Propositions bibliographiques

Roman

Hiaasen, C. *Comme un poison dans l'eau*. Gallimard Jeunesse, 2007.

Documentaire

Garrigue, R. & Selosse, M-A. *Mille milliards de microbes !* Delachaux et Niestlé, 2021.

Laverdunt, D. et Rajcak, H. *Les mondes invisibles des animaux microscopiques*. Actes Sud Jeunesse, 2016.

Olliver, A. & Lefort, B. *Les microbes sont-ils méchants ?* Gulf Stream, 2018.

Étape 4 :

PAMELi contribue à la mesure de mouvements de plaques tectoniques

Objectifs

- ▶ Comprendre que la croûte terrestre est constituée de plaques tectoniques.
- ▶ Comprendre que ces plaques sont en mouvement les unes par rapport aux autres.

Matériel

- ▶ Ordinateur et vidéo projecteur

Eléments de contexte pour les enseignants

- ▶ L'étape 4 porte sur 2 dioramas du module Fenêtres sur mer.



À l'aide de différentes nuances de bleu, inspirées des cartes marines, Anouck Boisrobert a illustré les reliefs sous-marins issus, à grande échelle, de la tectonique des plaques et du volcanisme. Ce diorama permet d'évoquer l'utilisation de PAMELi dans des missions scientifiques visant à quantifier les déplacements en fond de mer, dus notamment à la tectonique des plaques.

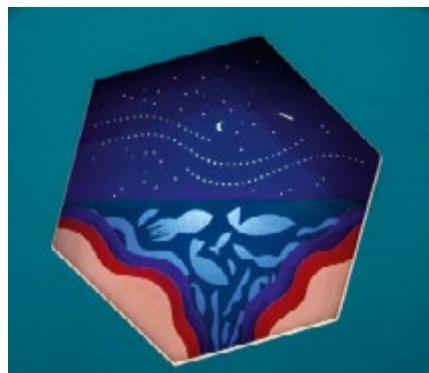


Limite des 15 plaques tectoniques principales (extrait d'Open Geology)

Un tremblement de terre, ou séisme, est une libération brutale et soudaine d'énergie accumulée par les mouvements entre les plaques à l'échelle mondiale. Celle-ci est due à des mouvements relatifs entre des blocs de lithosphère à l'échelle régionale, ou entre des terrains de part et d'autre d'une faille à l'échelle locale. La plupart du temps, les scientifiques observent un décalage vertical et/ou horizontal de la surface du sol lors d'un séisme.

En accord avec les principes fondamentaux de la théorie de la tectonique des plaques, les frontières de plaques (dorsales, zones de subduction, failles transformantes...) sont des zones de déformations préférentielles, recensées par l'activité sismique et volcanique, qu'elles soient aériennes ou sous-marinnes. Les mouvements relatifs engendrent des forces (extensives, compressives et/

ou coulissantes) qui se reflètent par des structures géomorphologiques visibles dans la topographie ou la bathymétrie, comme la vallée axiale d'une dorsale ou un arc volcanique. Ces structures tectoniques sont dites actives lorsqu'une activité sismique y est recensée. La détection des mouvements tectoniques liés à une faille, une remontée magmatique sous un volcan, ou un glissement de terrain permet d'élargir notre compréhension des mécanismes et des processus physiques à leur origine (géométrie, taille, direction, énergie, etc.).



Le suivi des mouvements relatifs des plaques tectoniques requiert un système de positionnement précis afin d'extraire une localisation d'au moins un ou plusieurs points du globe et d'analyser leurs déplacements les uns par rapport aux autres.

À terre, les points sont positionnés par mesures satellitaires, via le GNSS (Global Navigation Satellite System – nom générique pour les systèmes tels que le GPS qui est américain) ; ce type de positionnement est basé sur des ondes électromagnétiques. Les ondes électromagnétiques ne se propagent pas sous l'eau, en revanche les ondes acoustiques se propagent très bien. Le positionnement de points en fond de mer peut se faire en combinant des ondes acoustiques pour

la partie sous-marine et des ondes électromagnétiques (GNSS) pour la partie aérienne. PAMELi est utilisé comme relais entre l'eau et l'air: il est équipé d'un système de positionnement GNSS au niveau de ses mâts et d'un système de positionnement acoustique sous sa coque.

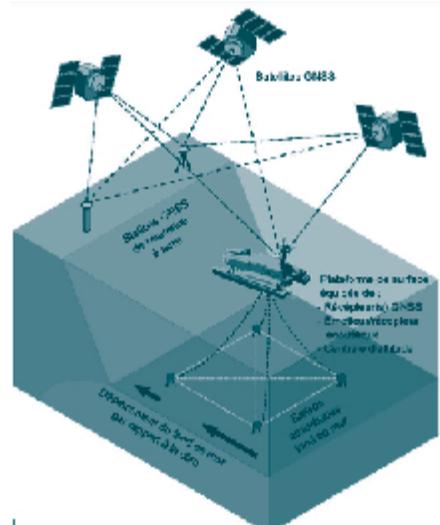


Schéma du principe de positionnement GNSS/acoustique faisant intervenir PAMELi pour la mesure de déformations de la Terre au fond des océans

PAMELi a ainsi été utilisé pour des missions sur les pentes de l'Etna en Sicile, pour quantifier le mouvement d'une faille sous-marine en lien avec le volcan et la subduction calabraise. Pour les 6èmes, un exemple de mission de surveillance peut être présenté dans cette vidéo du CNRS.

Déroulement

Recueil des représentations des élèves

► À votre avis, comment peut-on expliquer l'apparition de séismes en milieu marin ? Les échanges permettront probablement de faire émerger l'idée qu'il y a des mouvements à la surface de la Terre, qui ont lieu au fond des océans.

► La majorité des séismes est d'origine tectonique, c'est-à-dire le long de failles (situées aux limites de plaques tectoniques ou au sein de zones déformées intraplaques). Les mouvements des plaques engendrent des accumulations locales de forces (extensives, compressives et/ou coulissantes), provoquant des déformations géologiques des terrains autant à l'échelle locale que régionale, crustale que lithosphérique. Au-delà d'un seuil de résistance lié à la nature des roches, il y a rupture sur la faille et libération d'énergie par les ondes sismiques (ondes de pression) : c'est le séisme. Le déplacement observé en surface, ou mesuré via un système de positionnement précis, se relie à la quantité de glissement sur le plan de faille et à l'énergie libérée.

Phases

Le visage de la planète Terre change: c'est en partie le résultat d'une dynamique interne

La fondation La main à la pâte propose différentes ressources pédagogiques pour le cycle 3 sur la thématique des risques naturels (séismes, tsunamis).

En compléments, des extraits vidéos de C'est pas sorcier et de l'Esprit sorcier permettent de mettre en évidence les mouvements des plaques tectoniques.

Comment PAMELi contribue-t-il à l'étude des mouvements horizontaux sous-marins de la croûte terrestre ?

Le système de mesure utilisé dans ce cas est le GNSS/acoustique. Il consiste à positionner un ensemble de balises sur le fond de la mer. PAMELi sert alors de relais entre le positionnement par GNSS en milieu aérien et le positionnement par acoustique en milieu sous-marin.

Le drone PAMELi participe à des missions en Sicile, sur les pentes de l'Etna pour la surveillance des structures tectoniques sous-marines actives, susceptibles de générer des séismes. Pour les 6èmes, un exemple de mission de surveillance peut être présentée dans [cette vidéo du CNRS](#).



Connaissances ciblées

Les plaques sont mobiles les unes par rapport aux autres et leurs mouvements transforment la surface du globe. A raison de quelques centimètres par an, les plaques s'écartent et se forment dans l'axe des dorsales. Elles se rapprochent et s'enfoncent au niveau des fosses océaniques.

La collision des continents engendre des déformations.



Propositions bibliographiques

► Documentaire

De Wever, P. et Duranthon, F. *La valse des continents*. Edp sciences, 2015. Lien vers le document en ligne

► Albums jeunesse

Mizielinska, A. et Mizielinski, D. *Sous terre, sous l'eau*. Rue du monde, 2015.

Francesconi, M. et Manillier, C. *Mini-secousses et grands tremblements*. Editions du Ricochet, 2016.



Pour aller + loin

- Avec les 6^{èmes} : Consulter avec les élèves les documents relatifs au projet [MARMOR](#), qui développe un observatoire sous-marin à Mayotte pour la surveillance des risques sismiques. Les laboratoires LIENSs et L3i participent à ce projet, avec le développement d'une flottille de drones marins.

Étape 5 :

PAMELi contribue à la cartographie des reliefs marins en zone littorale

Objectifs

- ▶ Comprendre les contraintes d'exploration d'un milieu extrême.
- ▶ Découvrir l'histoire des explorations sous-marines en lien avec l'avancée des technologies.
- ▶ Comprendre que le fond marin n'est pas une surface plane.

Matériel

- ▶ Ordinateur et vidéo projecteur
- ▶ Feuilles et matériel de dessin



Eléments de contexte pour les enseignants

- ▶ L'étape 5 porte sur 2 dioramas du module Fenêtres sur mer.

À l'aide de différentes nuances de bleu, inspirées des cartes marines, Anouck Boisrobert a illustré les reliefs sous-marins ainsi que ceux présents à la surface des océans.

Positionné à la surface de l'océan, en relais entre le fond de mer et les satellites, le drone PAMELi peut contribuer à l'étude des reliefs sous-marins de façon directe, à l'aide d'un sondeur bathymétrique ou indirecte via la cartographie du niveau marin. L'artiste illustre dans ce diorama l'interaction entre ciel et mer.

Un sondeur bathymétrique est un instrument qui envoie et récupère des ondes acoustiques lui permettant de déterminer la profondeur du fond sous-marin depuis la surface grâce au temps de trajet de l'onde. PAMELi peut être équipé, au choix, d'un sondeur mono- ou multifaisceaux. Dans le cas du sondeur monofaisceau, les mesures sont faites une par une sous la coque et l'on obtient donc une ligne de profondeurs sous le trajet de PAMELi, tandis que le sondeur multifaisceaux permet, grâce à la mesure sur de nombreux faisceaux à la fois, d'obtenir directement une carte à mesure que PAMELi avance (voir schéma ci-contre).

Les sondeurs bathymétriques multifaisceaux permettent d'obtenir des cartes précises des fonds sous-marins mais ne couvrent que de petites zones à la fois, zones d'autant plus petites que la profondeur est faible (pour un cône d'ouverture des faisceaux identique). Couvrir l'ensemble des océans, et même uniquement des zones côtières est totalement impossible en un temps raisonnable avec le nombre de navires et de drones actuels; c'est pour cela que les fonds des océans sont bien moins bien connus que la surface de la Lune ou de Mars, car on ne les voit pas directement.

Heureusement, il existe une méthode indirecte qui, bien que moins précise, permet d'obtenir une carte des fonds marins de l'ensemble du globe ; cette méthode est basée sur les variations de hauteur du géoïde, surface proche du niveau moyen de la mer. En effet, le niveau moyen des mers n'est pas une surface plane mais a des

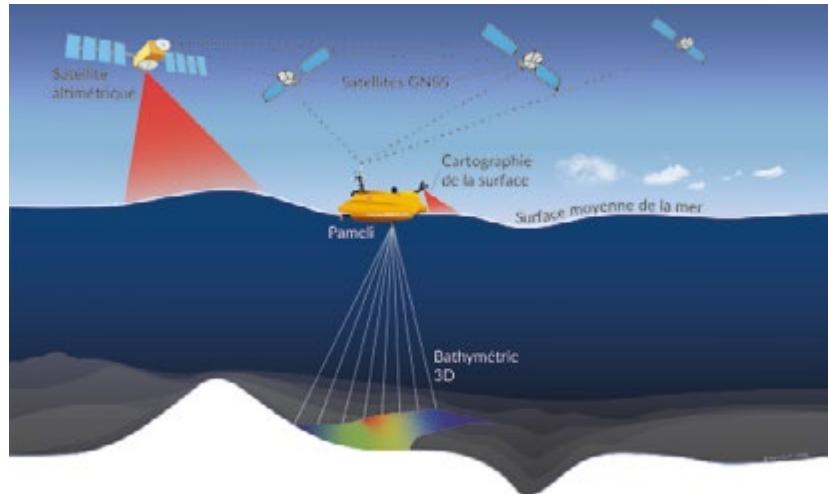


Schéma illustrant le fonctionnement de PAMELi ©Thierry Guyot, LIENSs

creux et des bosses qui, en raison de l'attraction gravitationnelle, reflètent les creux et les bosses du fond de la mer (voir schéma). Les satellites altimétriques effectuent un suivi en continu du niveau des océans à l'échelle mondiale, ils permettent donc indirectement d'obtenir des cartes des fonds marins. Toutefois, les mesures altimétriques près des côtes sont très altérées, voir inutilisables, pour différentes raisons liées à la mesure elle-même ainsi qu'aux corrections liées à la traversée de l'atmosphère qui sont moins précises. C'est là que PAMELi peut encore intervenir.

PAMELi est équipé d'un instrument appelé Cyclopée qui permet de mesurer précisément la hauteur du niveau marin. PAMELi peut ainsi aider dans l'étude des variations du géoïde de deux façons: soit en faisant directement une carte de la surface de la mer, par exemple dans les zones côtières où les mesures des satellites altimétriques ne sont pas bonnes, soit en fournissant des données précises sur certaines zones survolées par les satellites, permettant ainsi de valider et d'ajuster leurs observations.

Les satellites effectuent une surveillance continue du niveau des océans à l'échelle mondiale, on parle de satellites altimétriques. Toutefois, les mesures altimétriques près des côtes sont très altérées, voire inutilisables, à proximité des côtes pour différentes raisons liées à la mesure elle-même ainsi qu'aux corrections liées à la traversée de l'atmosphère qui sont moins précises.

En plus des ondulations de la surface moyenne des océans décrits plus haut par les variations du géoïde, la surface des mers et des océans est aussi agitée par les vagues, les courants, la houle, les marées. Le niveau de l'eau varie selon plusieurs échelles de temps : en quelques heures sous l'effet des marées, en quelques mois selon les saisons, sur plusieurs années sous l'effet des variations climatiques. Les satellites permettent de mesurer ces variations spatiales et temporelles de la topographie de surface des océans.

Déroulement

Recueil des représentations des élèves

▶ Proposer aux élèves de réaliser un dessin du fond d'un océan, tel qu'ils l'imaginent. Préciser que l'objectif est de représenter avec le plus de détails possibles le plancher (le « sol ») au fond de l'océan, et non les animaux dans l'océan. Les dessins sont ensuite affichés et discutés pour mettre en évidence les représentations des élèves sur le relief sous-marin. Ces dessins pourraient être comparés avec d'autres réalisés en fin d'étape pour observer si les représentations ont évolué.

Mise en situation

Les 4 premières minutes de la vidéo « Tout sur ta mer : l'exploration des fonds marins » présente l'évolution des instruments scientifiques d'exploration des fonds marins, et décrit la bathymétrie.

Phases

Pour les enseignants: PAMELi est équipé d'un capteur appelé Cyclopée qui combine une antenne GNSS et un capteur altimètre acoustique. L'équipement de PAMELi permet de mesurer le niveau de la mer sous les traces de satellites altimétriques: il permet de comparer la mesure du satellite avec la mesure in-situ. Les données recueillies par PAMELi sont stockées dans une base de données globale pour faciliter leur utilisation.

Les principes de mesure du niveau des océans reposant sur l'altimétrie sont trop complexes pour être étudiés en Cycle 3. Il est néanmoins possible d'expliquer aux élèves que les fonds marins ne sont pas uniformes et que cela se traduit par des variations du géoïde.

La Terre n'est en effet pas une sphère parfaite, elle est légèrement aplatie aux pôles et élargie à l'équateur. Elle présente également des bosses et des creux à la surface qui reflètent la répartition des masses en profondeur (ondulations du géoïde). Par exemple, les montagnes sous-marines créent une bosse de la surface de l'eau, tandis que les fosses sous-marines entraînent un creux du niveau marin. La représentation ci-dessous donne une représentation exagérée des déformations de la sphère terrestre (géoïde).

Un exemple peut être donné aux élèves, en présentant une carte du plancher océanique: pour comprendre les dorsales et zones de subduction.

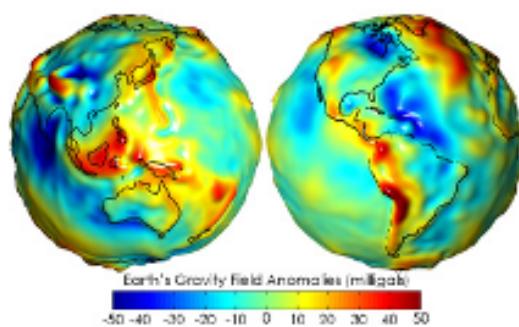
Il est possible suite à cette présentation de demander aux élèves de réaliser un nouveau dessin du plancher océanique tels qu'ils se le représentent désormais.

Connaissances ciblées

PAMELi mesure avec précision le niveau de la mer tout au long de son parcours. La hauteur de l'eau est influencée par de nombreux facteurs: marées, courants, vents, vagues, mais aussi par la forme des fonds marins. Par exemple, les montagnes sous-marines provoquent une bosse de la surface de l'eau, tandis que les fosses sous-marines entraînent une baisse du niveau marin.

Ainsi, la surface de nos océans est localement déformée et loin d'être uniforme. Grâce à ses mesures, le drone PAMELi nous permet de mieux comprendre ces variations.

La projection de la vidéo réalisée par le Blob permet de présenter l'utilisation de PAMELi dans la mesure du niveau du niveau de la mer.



Le géoïde est la forme réelle de la surface de la Terre

Étape 6 :

PAMELi contribue à l'étude des risques de submersion en zone littorale

Objectifs

- ▶ Montrer qu'habiter les littoraux, c'est habiter des espaces qui sont exposés à des risques naturels liés au climat, par exemple le risque de submersion marine.
- ▶ Relier certains phénomènes naturels à des risques pour les populations.

Matériel

- ▶ Ordinateur et vidéo projecteur

Eléments de contexte pour les enseignants

- ▶ Cette étape porte spécifiquement sur le diorama présentant le risque de submersion.



Le risque de submersion est un des risques auxquels font face de nombreux littoraux de faible altitude. Le nombre et l'ampleur des submersions pourraient augmenter avec la montée du niveau marin ou si le nombre de tempêtes et leur force augmentent. Mieux évaluer le risque de submersion est donc un fort enjeu pour les zones littorales.

Pour mieux prévoir localement le risque de submersion, il est nécessaire d'avoir des cartes bathymétriques locales et précises, ainsi qu'une bonne connaissance des différents paramètres locaux (orientation et force des vents, courants, marées, conditions météorologiques, etc.)

Les méthodes d'étude et de mesure de la bathymétrie et de l'altimétrie décrites dans l'étape 5 sont également utilisées pour mieux comprendre le risque de submersion, afin de le limiter ou de s'y adapter.

Les données collectées par le drone PAMELi sont ainsi essentielles pour comprendre les impacts du changement climatique, notamment l'augmentation du niveau de la mer. Dans cette scène, l'artiste met en lumière un risque majeur amplifié par ces phénomènes : la submersion. Avec l'élévation du niveau marin, les sociétés littorales seront de plus en plus confrontées aux épisodes où la mer déborde les côtes et inonde nos espaces de vie.

Déroulement

Recueil des représentations des élèves

Projeter des [photos de lieux touchés](#) en Charente Maritime et en Vendée en 2010 par la tempête Xynthia.

- ▶ À votre avis, à quoi sont dues les inondations que vous voyez sur ces photos ?
- ▶ Noter les propositions des élèves.
- ▶ Xynthia a frappé plusieurs pays européens entre le 26 février et le 1^{er} mars 2010. Avec des

vitesses de vent d'environ 160km/h sur le littoral, cette tempête ne présente pas de caractère exceptionnel mais elle a donné lieu à une submersion marine occasionnant d'importantes inondations. Le phénomène de submersion est dû à la conjonction de vents violents et de fortes marées (coefficient de 102), qui a conduit à une surcote d'1m50 sur le littoral. La courte vidéo [«1 jour, 1 question»](#) permet une première présentation des causes de la submersion marine lors de cette tempête.

Phases

Le phénomène de submersion marine est dû à la conjonction de plusieurs facteurs

A partir de l'exemple de la tempête Xynthia, il est possible de commencer à identifier les facteurs impliqués dans le phénomène de submersion marine : tempête, grande marée, vents forts. La projection de l'extrait de [C'est toujours pas sorcier](#) sur les submersions permet de souligner ces 3 facteurs.

Le risque de submersion marine

Selon vous, quels sont les éléments qui font varier le risque (risque faible, modéré, élevé) pour les populations lors d'une submersion marine ?

- ▶ Le risque pour les populations dépend de leur degré d'exposition aux inondations causées par la montée du niveau de l'eau. Les réponses attendues sont donc : l'intensité du phénomène de submersion, l'altitude des habitations par rapport au niveau de la mer, la concentration de population (zone très peuplée/peu peuplée), les enjeux (présence d'infrastructures à risques comme une centrale nucléaire ou un port industriel par exemple), la capacité des populations à faire face au problème (mesures d'alerte et de protection à disposition des populations).

Les protections contre le risque de submersion marine

L'extrait vidéo de [C'est toujours pas sorcier](#) présente les digues mises en place à Venise et le barrage de l'Escaut oriental aux Pays-Bas. Le phénomène de submersion peut néanmoins se produire malgré la présence de digues :

- Par rupture : les digues cassent sous la force de l'eau ;
- Par franchissement : lorsque certaines vagues passent par-dessus la digue ;
- Par subverse : lorsque le niveau de la mer dépasse la hauteur de la digue.

► Le risque de submersion concerne déjà de nombreuses zones du littoral français, dont la plupart des grandes villes portuaires. Une part importante de la population est concernée : 10% des Français habitent sur le littoral qui représente seulement 4% de la surface du pays. Outre l'exposition des personnes aux risques, de nombreuses activités économiques du littoral se trouveront menacées : notamment celles liées au tourisme et aux zones portuaires (transport maritime et industries pétrochimiques avec, pour celles-ci, des risques d'accidents). Les collectivités territoriales disposent de différents outils de gestion du risque pour les aider à revoir l'occupation et l'usage de certains territoires littoraux.

Connaissances ciblées

► Pour mieux prévoir du risque de submersion il est nécessaire d'utiliser des cartes bathymétriques précises, ainsi que d'avoir des connaissances locales sur les conditions (marées, vents, courants, etc.)

► Les submersions marines sont des inondations rapides et de courte durée (de quelques heures à quelques jours) de la zone côtière par la mer, dues à une conjonction de facteurs : tempête, grande marée, vents forts. Les effets d'une submersion marine sur les populations littorales dépendent de l'intensité du phénomène, mais aussi des mesures de protection mises en place.



Annexes

Synthèse des connaissances et compétences travaillées (BOEN 30/07/2020 et BOEN 22/06/2023)

Sciences et technologie

Les objets techniques en réponse aux besoins des individus et de la société

Les objets techniques en réponse aux besoins des individus et de la société

En CM: Identifier le lien entre des besoins de la société et des réponses apportées par les objets techniques.

En 6^e: Les actions humaines peuvent avoir des conséquences positives ou négatives sur l'environnement. On pourra identifier des solutions technologiques permettant de répondre aux besoins de la société tout en préservant les ressources de la planète.

Description du fonctionnement et de la contribution d'objets techniques

Distinguer un besoin et les fonctions techniques réalisées par un objet technique. Identifier les fonctions assurées par un objet technique.

La Terre, une planète singulière et active

La Terre, une planète active qui abrite la vie

En CM: Réaliser ou exploiter des mesures météorologiques en utilisant des capteurs (thermomètre, pluviomètre, anémomètre). Identifier des indices de l'activité interne ou externe de la Terre (séismes, volcans, vents, courants océaniques, etc.). Identifier un risque naturel à partir d'un exemple au choix (séisme, volcan, érosion littorale, etc.) et les modalités de prévention associée.

En 6^e: Décrire quelques conséquences du réchauffement climatique récent sur le peuplement des milieux. Citer des stratégies d'atténuation ou d'adaptation au réchauffement climatique.

Ecosystèmes : structure, fonctionnement et dynamique

Ecosystème

En CM: Caractériser, à partir d'un exemple, un écosystème par son milieu de vie, l'ensemble des êtres vivants et les interactions en son sein.

En 6^e: Décrire les effets d'une perturbation naturelle sur un écosystème (chablis, incendie, etc.) et son évolution au cours du temps.

Place des êtres vivants dans les chaînes alimentaires

En CM: Représenter les liens alimentaires entre les êtres vivants par des chaînes formant un réseau.

En 6^e: Justifier la place des végétaux dans les chaînes alimentaires par leur propriété de production primaire.

Arts plastiques

La matérialité de la production plastique et la sensibilité aux constituants de l'œuvre

La réalité concrète d'une production ou d'une œuvre: le rôle de la matérialité dans les effets sensibles que produit une œuvre ; faire l'expérience de la matérialité de l'œuvre, en tirer parti, comprendre qu'en art l'objet et l'image peuvent aussi devenir matériau.

Les qualités physiques des matériaux: caractéristiques des matériaux (matériaux de récupération, matériaux non transformés), sur la pratique plastique en deux dimensions (transparences, épaisseurs, mélanges homogènes et hétérogènes, collages, etc.) sur l'invention de formes ou de techniques, sur la production de sens.

Les effets du geste et de l'instrument: les qualités plastiques et les effets visuels obtenus par la mise en œuvre d'outils, de médiums et de supports variés ; par l'élargissement de la notion d'outil – la main, les brosses et pinceaux de caractéristiques et tailles diverses, les chiffons, les éponges, les outils inventés, etc. – ; par les dialogues entre les instruments et la matière – touche, trace, texture, facture, griffure, traînée, découpe, coulure, etc. – ; par l'amplitude ou la retenue du geste, sa maîtrise ou son imprévisibilité.

La matérialité et la qualité de la couleur: la découverte des relations entre sensation colorée et qualités physiques de la matière colorée (pigments, substances, liants, siccatisifs, etc.), des effets induits par les usages (jus, glacis, empâtement, couverture, aplat, plage, giclure, etc.), les supports, les mélanges avec d'autres médiums ; la compréhension des dimensions sensorielles de la couleur, notamment les interrelations entre quantité (formats, surfaces, étendue, environnement) et qualité (teintes, intensité, nuances, lumière, etc.).

Se repérer dans les domaines liés aux arts plastiques, être sensible aux questions de l'art: repérer, pour les dépasser, certains a priori et stéréotypes culturels et artistiques ; identifier quelques caractéristiques qui inscrivent une œuvre d'art dans une aire géographique ou culturelle et dans un temps historique, contemporain, proche ou lointain.

**Le projet NANOmusée est développé par La Rochelle Université,
dans le cadre du label Science Avec et Pour la Société**

Marie Pons: Responsable cellule Science et Société

Lucie Steven: Médiatrice référente

Agustin Ramos Anzorena: Ingénieur en technologies créatives
et documentation en accès ouvert

Ninon Roulin: Chargée de communication

Clément Mauduit: Responsable médias

Sur une idée originale de **Diego Jarak**, Maître de conférences, Habilité à Diriger des Recherches,
La Rochelle Université

L'équipe du NANOmusée tient à remercier pour leur participation à la conception et
à la rédaction du guide enseignant **Valérie Marchal-Gaillard**, et **Eléna Mahé**, conseillère pédagogique
départementale en arts plastiques.

Financements du projet NANOmusée



Ce travail a bénéficié d'une aide de l'État
par l'Agence Nationale de la Recherche
au titre du Plan France 2030, portant
la référence ANR-21-EXES-0010

Design et fabrication du NANOmusée



Laboratoires d'accueil pour la conception de Fenêtres sur Mer



