



Argonimaux

Suivi des tortues marines par satellites



Généralités

Les tortues marines : des espèces à protéger.

Les satellites... un outil pour la recherche !

Actuellement, 6 des 7 espèces de tortues marines sont menacées d'extinction, principalement en raison des activités humaines : pêche non sélective, trafic maritime, destruction des zones d'alimentation ou de ponte, pollutions ...

Les satellites permettent de recueillir le déplacement des tortues marines grâce aux balises du système ARGOS.

D'autres satellites nous fournissent également des données environnementales globales de surface : température, vents, courants ... En plus de préciser les trajets des tortues marines au cours de leurs différents stades de vie, le suivi satellitaire permet ainsi d'étudier également l'influence des conditions environnementales sur leur comportement.

Le suivi des tortues marines, permettant de mieux connaître et comprendre leurs déplacements, est important pour définir les mesures de protection adéquates et des lois internationales pour permettre à leurs populations de se reconstituer sont votées.



© COUTANT (Aquarium La Rochelle)



Des données satellites pour une démarche d'investigation en classe

Argonautica permet aux élèves, à l'instar des scientifiques, de pratiquer une démarche d'investigation sur des problématiques concernant les tortues marines, la dynamique océanique et la pollution des océans, par les plastiques notamment. En effet, les autopsies réalisées sur des tortues marines échouées révèlent l'ingestion de déchets plastiques et le contenu stomacal des tortues marines est considéré

comme un indicateur d'impact environnemental des déchets marins. La pollution des océans par les plastiques, problématique environnementale actuelle importante, pourra également être abordée en classe à partir du suivi des tortues marines.

Avec Argonimaux, les élèves pourront ainsi tenter de résoudre plusieurs questions telles :

- Quels sont les déplacements des tortues marines ?
- Quels sont les facteurs environnementaux qui influencent leurs trajets ?
- Quelles sont les caractéristiques des milieux marins traversés ?
- D'où proviennent les déchets marins, que deviennent-ils ?

En étudiant le suivi des tortues marines, les élèves se sensibilisent également aux enjeux de la protection de l'environnement et à ses difficultés.

Pourquoi suivre des tortues marines ?

La protection des tortues marines, menacées notamment par les activités humaines, implique la conservation d'habitats clés sur les zones de reproduction (à terre) et une réduction des mortalités lors des trajets migratoires vers des aires d'alimentation (océaniques) où les tortues stockent les réserves nécessaires à leur reproduction.

Les tortues marines équipées de balises Argos poursuivent leur vie sauvage en toute liberté : leurs déplacements correspondent à des **déplacements naturels**, guidés par les conditions environnementales et par leurs **besoins vitaux** au cours du temps.

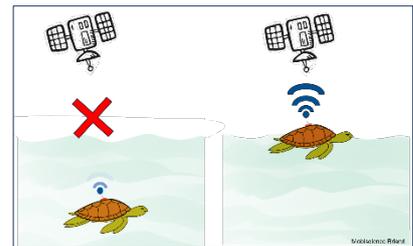


Le suivi des tortues marines permet de découvrir quels trajets effectuent les tortues marines dans l'océan et d'établir ainsi des mesures de protection sur ces trajets et leurs zones de vie.

Comment fonctionne le suivi satellite par Argos ?

Une **balise ou émetteur satellitaire Argos** émet des **signaux** vers les **satellites** de la constellation Argos qui retransmettent l'information vers les **centres de traitement** des données. Les centres calculent alors la position de la balise avec une précision de 150 m environ. Les données de position, calculées en longitude et latitude, sont obtenues avec une heure de délai.

Chaque satellite repasse au-dessus du même endroit tous les jours à peu près aux mêmes heures. Le nombre de localisations journalières peut atteindre 10, mais cela varie en fonction du passage d'un satellite au-dessus de la tortue quand elle n'est pas en plongée lorsque l'émetteur sort de l'eau.



Lors des plongées, la transmission est coupée pour économiser l'énergie de la pile. Une balise fonctionne en général pendant 6 à 8 mois.

Argos est devenu un outil courant pour les biologistes qui suivent plusieurs milliers d'animaux d'espèces différentes.

Voir Annexe 1, Page 5

Comment les scientifiques équipent une tortue marine d'une balise ?

La balise est fixée par une résine époxy à prise rapide sur la zone la plus haute de la carapace : la balise sortira de l'eau lors de la respiration de la tortue marine et permettra l'émission du signal vers les satellites. Avant collage, la carapace est nettoyée et dégraissée (papier de verre et acétone) pour retirer les éventuels épibiontes et optimiser la surface de collage. Une fois la résine durcie (45 minutes à 1h30 environ), la tortue est remise à l'eau. Éventuellement certains scientifiques recouvrent sa tête d'un tissu opaque humide pour protéger ses yeux du soleil et limiter son stress.

Le plus souvent, la tortue est également baguée sur les membres antérieurs, mesurée, sexée (possible uniquement pour les adultes), pesée et photographiée. Les balises se décollent de la carapace avant un an.



Voir Annexe 2, Page 7

Combien de tortues marines sont suivies ? Qui suit les tortues marines ?



Plusieurs milliers de tortues marines ont été équipées de sondes et de balises Argos. De nombreuses **équipes de recherche** étudient les données, par exemple, en France : l'IPHC.CNRS (Institut Pluridisciplinaire Hubert Curien- Centre National de Recherche Scientifique-), l'IFREMER (Institut Français de Recherche pour l'Exploitation de la Mer), le Réseau Tortues Marines (Guadeloupe, Martinique ...), le CESTM (Centre d'Études et de Soins pour les Tortues Marines de l'Aquarium La Rochelle), le CESTMED (Centre d'étude et de sauvegarde des Tortues Marines de Méditerranée) ...

Les déplacements visibles sur la plateforme Argonautica sont partagées par des scientifiques qui ont équipés les tortues pour leurs programmes de recherches.

© COUTANT (Aquarium La Rochelle)

Quelles informations apportent le suivi des tortues marines ?

Même si les tortues marines viennent pondre sur les plages, elles passent la plus grande partie de leur vie en mer. Le suivi des tortues apporte des renseignements sur leurs déplacements océaniques.

Quelques observations permises grâce au suivi par satellite de tortues :

- Tortues imbriquées ayant pondu en Martinique : ces tortues ne sont pas restées près des côtes et sont parties dans 2 directions, vers l'ouest ou le sud (près des côtes du Nicaragua, aux Grenadines et à Grenade).

- Tortues vertes immatures dans les *Anses d'Arlet* de Martinique : comportement sédentaire des tortues sur cette zone d'alimentation avec herbiers marins, mais certaines ont quitté la Martinique vers des horizons opposés (Floride, îles Caïmans, côtes brésiliennes, côtes du Gabon ou du Venezuela). Cela pose des questions sur la dispersion de tortues encore immatures.

- Tortues vertes aux îles de Polynésie française : les femelles ayant pondu effectuent un trajet migratoire en direction des îles du Pacifique (Fidji, Tonga, Nouvelle-Calédonie) où se situent des aires d'alimentation. Les tortues vertes juvéniles resteraient dans des aires d'alimentation en Polynésie française.

- Tortues Luth venues pondre en Guyane française : mouvements migratoires importants effectués dans l'océan atlantique traversant des zones de pêche industrielle, au large des côtes d'Amérique du sud ou des Etats-Unis notamment, avec risques d'accident. Les trajets semblent liés aux courants marins créant des zones riches en développement planctonique et donc pour toute la chaîne alimentaire (phénomène d'upwelling).

- Tortues Luth sub-adultes et adultes : migration à travers les branches nord du Gulf Stream ou du courant Nord Atlantique vers les zones d'alimentation situées dans l'hémisphère nord (jusqu'en Norvège !), principalement dans les eaux tempérées plus riches en proies.

- En été, l'Atlantique Nord-Est (péninsule ibérique et golfe de Gascogne) constitue une zone d'alimentation importante pour certains individus.

- D'autres tortues Luth, après ponte sur plages du Costa Rica à la Colombie et de Guyane française, traversent le détroit de Gibraltar et s'alimentent en Méditerranée (mer Alboran et Golf de Gabès). De rares pontes ont été observées en Israël et sur la côte sud de la Sicile.

Pourquoi suivre des tortues marines en classe avec Argonautica ?

Les suivis de tortues marines montrent que les sub-adultes et adultes semblent suivre les courants marins, utiliser certains corridors biologiques sous-marins et effectuer de grandes migrations avant retour sur le lieu de reproduction. Les analyses restent à approfondir car les déplacements sont liés à l'âge, l'espèce, le lieu de reproduction... Les suivis réalisés doivent être suffisamment nombreux pour conclure de façon précise pour les différents cas. Il est tout de même possible en classe de faire des observations et proposer des hypothèses sur le trajet des tortues étudiées.

Le CNES avec Argonautica vous propose, avec le suivi des tortues marines, de développer une démarche d'investigation où les élèves sont acteurs et impliqués dans un projet attrayant et vaste, faisant appel aux TICE.

Avec les données fournies, des recherches et analyses, les élèves feront de nombreuses découvertes et développeront des compétences variées. Ils verront que nombreuses questions sont posées : *Quels sont les trajets océaniques des différentes espèces de tortues marines ? Pourquoi restent-elles dans certaines zones ? Les trajets migratoires sont-ils toujours les mêmes ? Quelle est l'influence des facteurs environnementaux sur les déplacements ? Quels sont les impacts de la pollution plastique sur les océans ? Comment peut-on protéger l'environnement ?...* Et que la recherche scientifique doit encore se poursuivre !

Autour du suivi des tortues marines, de nombreuses thématiques peuvent être développées : milieu marin, fonctionnement des satellites, se repérer sur le globe, adaptation des êtres vivants, réseaux trophiques, pollution des océans par les plastiques, impact des activités humaines sur l'environnement, écologie ...

Cette richesse permet de développer une approche pluridisciplinaire : géographie, mathématiques, arts visuels, sciences, français, technologie... toutes les matières peuvent être impliquées à partir du suivi des tortues.



© Shutterstock - CLS Argos/CNES/CAUQUIL Alain, 2007

Retrouvez ce dossier ainsi que ses compléments : fonds de cartes, journaux de bord, portraits de scientifiques ... sur le site Argonimaux !



<https://cnes.fr/education/argonautica/argonimaux>



Le système ARGOS

Créé en 1978 par une coopération franco-américaine entre le CNES et la NASA/NOAA, le système Argos (Advanced Research and Global Observation Satellite) permet la localisation et la collecte de données issues de balises en liaison avec des satellites.

Les informations récupérées via ce système permettent de nombreuses applications dans le suivi de l'environnement et de la biodiversité.

Les applications du système Argos sont variées : mesure des variations de température, de courants et de salinité des océans, de l'évolution des glaces, de l'activité des volcans, suivi des migrations animales, gestion du transport maritime et des activités de pêche...

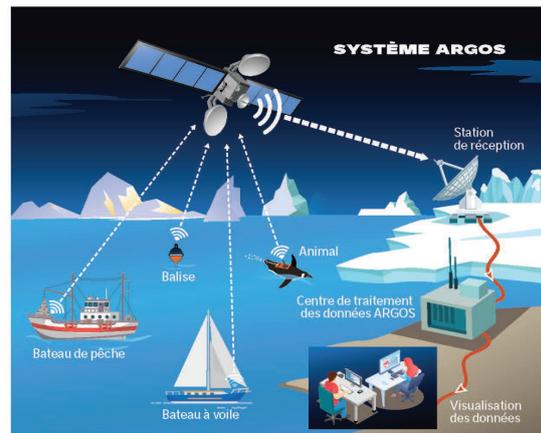
Argos est exploité par CLS (Collecte Localisation Satellites), filiale du CNES basée à Toulouse et utilisé par de nombreux pays.

FONCTIONNEMENT GÉNÉRAL DU SYSTÈME ARGOS

Argos repose sur un système de **balises Argos** dotées d'émetteurs radio qui équipent des bateaux, des bouées ou des animaux. Les signaux émis par ces balises sont captés par les **instruments Argos embarqués à bord de satellites** en orbite autour de la Terre.

Quand ils passent au-dessus de **stations de réception terrestres**, ces satellites renvoient les signaux. Ces messages sont alors retransmis à un **centre de traitement** pour être décodés : la position des balises et les autres données sont alors récupérées par internet (sites Web et serveurs Argos, mails, etc.) et exploitées par les utilisateurs.

Le système Argos permet aux utilisateurs de localiser et de récupérer des données de balises du monde entier.



BALISES ARGOS

Chaque balise Argos est caractérisée par un numéro d'identification et émet ses messages à une fréquence d'émission stable de 401.650 MHz \pm 30 kHz permettant sa localisation (calcul basé sur l'effet Doppler).

L'intervalle de temps entre deux envois de messages consécutifs (période de répétition) varie de 90 à 200 secondes selon les balises et les données transmises.

La durée de transmission d'un message est inférieure à une seconde, permettant un suivi en temps quasi réel.



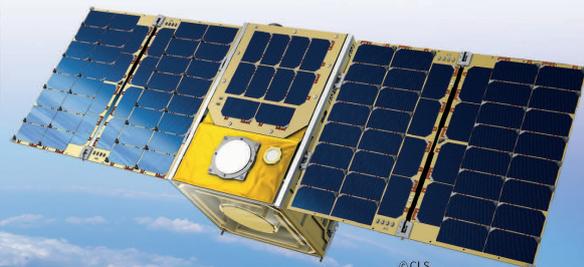
Balises MAR YX pour les bateaux et balises pour équiper des tortues marines. © MobiScience.Briand

INSTRUMENTS EMBARQUÉS

Plusieurs générations d'instruments Argos embarqués sur les satellites se sont succédées : Argos 1, 2 et 3 et en 2020, Argos 4. Les nouveaux instruments Argos sont en voie de miniaturisation (Argos Neo, Argos-4-NG).



Module de la Charge Utile de l'instrument Argos-4.

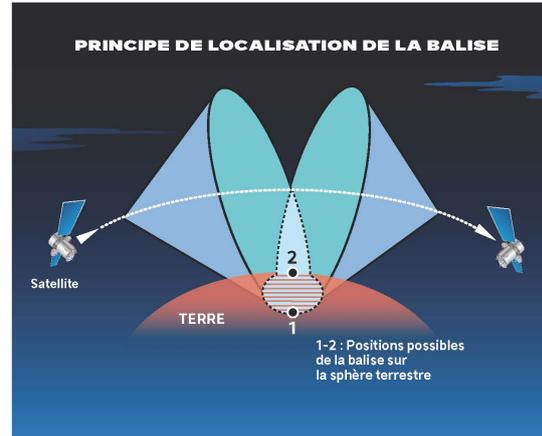
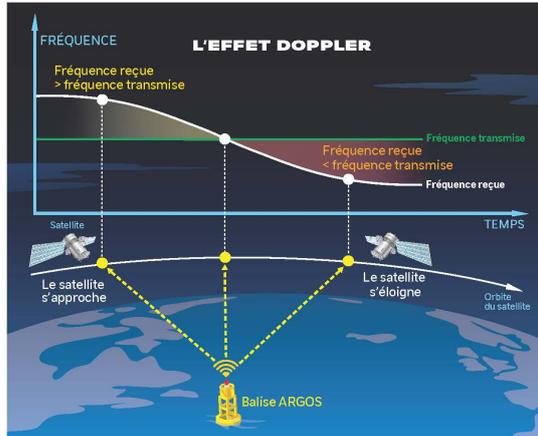


© CLS

LOCALISATION DES BALISES BASÉE SUR L'EFFET DOPPLER

Le système Argos permet aux utilisateurs de connaître la position des balises, à la différence d'autres systèmes de positionnement par satellite (GPS,...) où ce sont les balises elles-mêmes qui connaissent leur position. En effet, la localisation des balises terrestres Argos est calculée sur le principe de l'effet Doppler, à partir des mesures de la fréquence et des intervalles temporels chaque fois qu'un message est reçu par le satellite.

Les avantages de la localisation Doppler sont une faible consommation d'énergie de l'émetteur et une localisation quasi instantanée.



Un calcul de la localisation basée sur l'effet doppler

Lorsque le satellite se rapproche de la balise, la fréquence mesurée par l'instrument Argos embarqué est supérieure à celle réellement émise. Inversement quand le satellite s'éloigne de la balise.

Pour chaque message reçu par le satellite, les positions possibles de l'émetteur sur la base du décalage Doppler se répartissent sur un cône, avec le satellite au sommet et une ouverture qui dépend de l'écart entre fréquence reçue et fréquence réelle.

À partir des cônes issus de divers messages à des temps différents, on peut trouver l'unique solution en combinant les positions possibles.



Argos-Néo, modèle miniaturisé de l'instrument Argos-4.

Premier instrument Argos miniaturisé, Argos-Néo a été testé en 2019 sur le nanosatellite ANGELS (Argo Neo on a Generic Economical and Light Satellite) précurseur de la constellation de nanosatellites KINEIS prévue dès 2023.

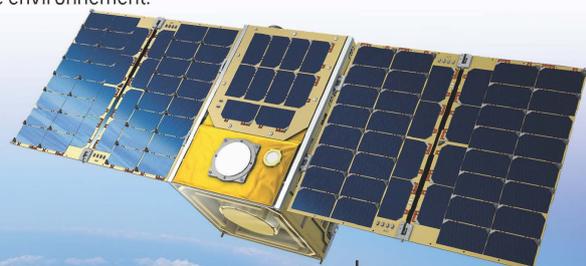
Avec 2 kg, Argos-Néo pèse 10 fois moins et consomme 3 fois moins d'énergie que les instruments Argos précédents et assurera une communication bidirectionnelle ainsi qu'une transmission accrue des données.

Argos-Néo ouvre la voie d'une nouvelle génération d'instruments à bas coût et fortement miniaturisés.

Aujourd'hui 20 000 balises Argos sont exploitées. En 2030, elles seront plusieurs millions, contribuant au développement du monde de l'Internet des Objets (IoT) et ouvrant des perspectives face aux enjeux actuels de surveillance scientifique et environnementale pour mieux protéger et comprendre notre environnement.

POUR EN SAVOIR PLUS :

- o <https://earth.esa.int/web/eoportal/satellite-missions/a/argos>
- o <https://www.argos-system.org/fr/>
- o <https://argos-mission.cnes.fr/fr/>
- o <https://esero.fr>
- o <https://enseignants-mediateurs.cnes.fr/fr>
- o www.esa.int/Education



ANNEXE 2

Photos d'un équipement de tortue en ordre chronologique. Le chercheur ou la chercheuse met une balise sur la tortue avant de la relâcher à la mer.



1. DANS SON BASSIN



2. LA MESURE



3. PREPARATION DE LA
CARAPACE



4. LA BALISE



5. SUR LE SABLE



6. A LA MER