



Argonimaux

Suivi des éléphants de mer par satellites



Généralités

Eléphant de mer : un bio indicateur.
Les satellites...un outil pour la recherche

Les éléphants de mer, situés en haut de chaînes alimentaires, sont un bioindicateur important des écosystèmes où ils vivent et fournissent notamment des informations en relation avec les variations climatiques. Ainsi, l'éléphant de mer du sud (*Mirounga leonina*) permet de recueillir des informations sur l'environnement subantarctique : l'océan où il se nourrit et les îles (Malouines, Kerguelen, Crozet, Heard) où il se reproduit.

Chassé intensément au cours du 19^{ème} siècle et dans une moindre mesure jusqu'au milieu du 20^{ème}, les éléphants de mer ont été menacés d'extinction. Les effectifs se sont aujourd'hui en partie reconstitués mais connaissent des fluctuations encore inexpliquées.



Droits réservés CNRS CEBC C. Guinet B. Picard

Des données satellites pour une démarche d'investigation en classe

Le suivi satellitaire d'éléphants équipés de balises Argos permet de connaître leurs trajets au cours du temps, d'avoir des indications sur leurs comportements, leur biologie ainsi que des informations océanographiques in situ sur les courants, les tourbillons...

Ses compétences de plongeur permettent également de recueillir certaines informations difficiles à obtenir par ailleurs, comme les variations de température et de salinité de l'eau avec la profondeur...

Les satellites permettent également de recueillir des données environnementales globales de surface : température, vents, courants, ... des zones fréquentées.

En mettant ces deux types de données, Argonautica permet aux élèves, à l'instar des scientifiques, de pratiquer une démarche d'investigation sur des problématiques concernant les éléphants de mer, les océans et les changements environnementaux.

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

- Quels sont les déplacements des éléphants de mer ?
- Quels sont les facteurs environnementaux qui influencent leurs trajets ?
- Quelles sont les caractéristiques des milieux marins traversés ?
- Quelles conséquences ont les variations climatiques sur les éléphants de mer ?

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

Pourquoi suivre des éléphants de mer ?

Un éléphant de mer équipé de balise Argos poursuit sa vie sauvage en toute liberté : ses déplacements observés correspondent à des déplacements naturels, induits par les conditions environnementales et ses besoins vitaux au cours du temps.

Le suivi des éléphants de mer permet aux biologistes de mieux connaître la vie de cette espèce et son comportement de prospection alimentaire.

Le suivi est également essentiel pour compléter les informations océanographiques et climatologiques sur l'Océan austral. Les données depuis l'espace, essentielles pour son observation, sont toutefois rendues difficiles par la présence de nuages, ainsi que la banquise et son effet « miroir ».

Les éléphants de mer sont équipés de balises Argos qui embarquent également des capteurs de pression, température, salinité et parfois de fluorescence (pour estimer les concentrations en phytoplancton) ou d'oxygène dissout dans l'eau. Ces équipements constituent un auxiliaire précieux pour les scientifiques : les données collectées au cours de plus de 300 000 plongées d'éléphants de mer permettent de mieux comprendre la dynamique de l'Océan austral et son rôle fondamental dans la régulation du climat de notre planète.

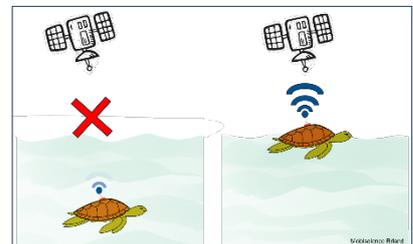


Comment fonctionne le suivi satellite par Argos?

Une **balise ou émetteur satellite 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 l'animal quand il 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 un éléphant de mer d'une balise ?

Pour équiper un éléphant de mer, on lui recouvre la tête d'un sac pour éviter des coups de mâchoire et on injecte rapidement un anesthésiant. La pose d'une balise Argos se fait alors par collage avec de la résine sur les poils. Elle est placée sur le haut de la tête, seul endroit qui sortira à l'air libre lors de la respiration de l'éléphant de mer en pleine mer et permettra l'émission du signal vers les satellites.

La balise tombe à la mue, elle est souvent récupérée et réutilisée.



Combien d'éléphants de mer sont suivies ? Qui suit les éléphants de mer ?



Depuis 2004, de nombreuses équipes de recherche ont étudié les données de plus de 1000 éléphants de mer équipés de sondes et de balises Argos : le SMRU (Sea Mammal Research Unit, université de St Andrews, Ecosse), le CEBC CNRS (Centre d'Etudes Biologiques de Chizé – Centre National de Recherche Scientifique - France). Le CEBC CNRS partage les données de déplacement des éléphants de mer équipés par ses soins avec le programme d'Argonautica.

Des programmes de recherche internationale ont vu le jour, tel le Seaos (Southern Elephant Seals as Oceanographic Samplers) mené par l'Australie, les États-Unis, la France et le Royaume-Uni. En plus des biologistes, le suivi des éléphants de mer qui passent 90 % du temps sous l'eau et peuvent aller dans la zone des glaces bordant le continent Antarctique intéresse particulièrement la communauté des océanographes. Environ 300 000 profils de températures et de salinités de ces régions où les données étaient jusque-là très rares ont été rendues publiques sur le portail MEOP (Marine Mammals Exploring the Oceans Pole-to-pole).

Quelles informations apportent le suivi des éléphants de mer ?

Les éléphants de mer séjournent chaque année plusieurs semaines consécutives « à terre » avec des déplacements courts et limités aux besoins reproductifs (rejoindre un partenaire, s'accoupler...) et de mue.

L'observation « in situ » permet de collecter des informations sur les effectifs, la caractérisation des sites de reproduction, le comportement des éléphants de mer selon leur sous-population (Atlantique sud, sud de l'Océan Indien ou Pacifique sud).



Dans l'eau, les éléphants de mer sont de véritables sous-marins et leurs déplacements se font autant sur de grandes distances que de grandes profondeurs (parfois à plus de 1 500 m de profondeur), à la quête de nourriture.

Le suivi par satellite permet de déterminer exactement les itinéraires parcourus et montre différentes zones d'alimentation des éléphants de mer :

- bordure du continent antarctique pour les populations des océans Indien et Pacifique (les mâles se nourrissent dans les zones de banquises-icebergs alors que les femelles restent dans des zones océaniques)
- au nord du front polaire pour la population de Géorgie du Sud.

Leurs déplacements durent plusieurs semaines avec 60 plongées par jour à 500 m de profondeur en moyenne pour refaire leur stock de graisse.

Le suivi des éléphants de mer a permis également de recueillir de nombreuses informations sur l'Océan Austral, peu accessible en raison de son isolement géographique et des conditions climatiques qui y règnent. Les données collectées (température, salinité, ...) variables avec la profondeur et le lieu, permettent d'étudier les courants marins qui se créent et circulent autour du globe, de découvrir les processus hydrographiques associées à la formation de la banquise antarctique saisonnière.

L'objectif pour les océanographes et climatologues est de préciser les répercussions des changements climatiques sur cette région du monde et sur le globe en général.

Pourquoi suivre des éléphants de mer en classe avec Argonautica ?

Argonautica vous propose, avec le suivi des éléphants de mer, de développer une démarche d'investigation où les élèves sont acteurs et impliqués dans un projet attrayant et vaste. 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 : *Pourquoi les éléphants de mer se nourrissent ils dans des zones différentes selon les sous populations et selon le sexe ? Pourquoi les proies sont-elles plus nombreuses dans certaines zones ? Le trajet d'un éléphant de mer donné est-il toujours le même ? Quelle est l'influence des facteurs environnementaux sur les déplacements ? Comment le réchauffement climatique impacte-il sur la vie des éléphants de mer ?...* Et que la recherche scientifique doit encore se poursuivre !

Autour du suivi des éléphants de mer, de nombreuses thématiques peuvent être développées : milieu marin, fonctionnement des satellites, se repérer sur le globe, adaptation des êtres vivants, réseaux trophiques, découverte historique de l'antarctique... Cette richesse permet de développer une approche pluridisciplinaire : géographie, mathématiques, arts visuels, sciences, français... toutes les matières peuvent être impliquées à partir du suivi des éléphants de mer.



Droits réservés CNRS CEBC C. Guinet B. Picard

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...

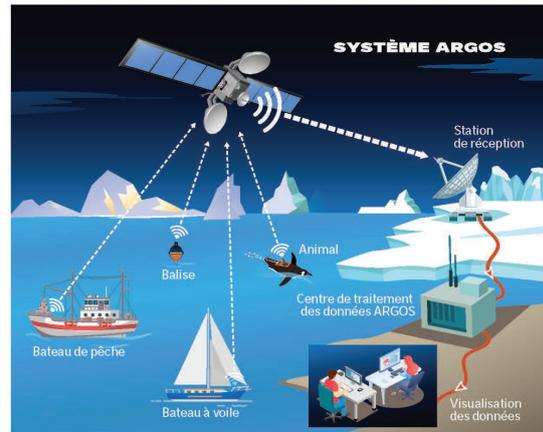
Argos est exploité par CLS (Collecte Localisation Satellites), filiale du CNES basée à Toulouse et utilisé par de nombreux pays.

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 ± 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.



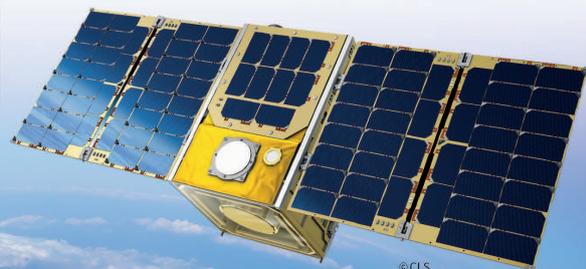
Balises MAR YX pour les bateaux et balises pour équiper des tortues marines. © MobiScience.Briand

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.

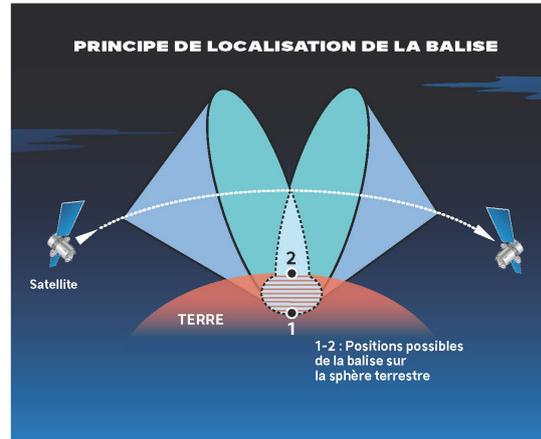
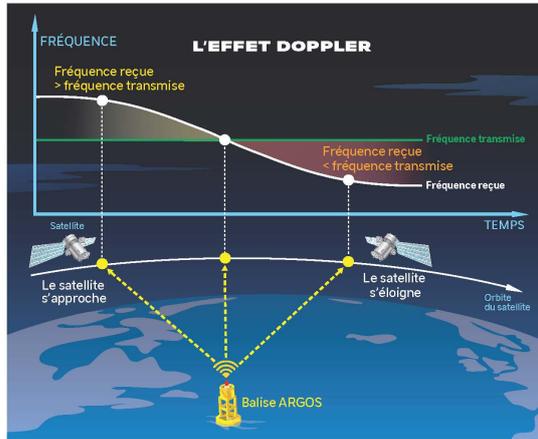


© CLS

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

