



Généralités

Manchot royal : un oiseau intimement lié à l'Océan et auxiliaire de la recherche grâce aux satellites.

Les manchots royaux vivent dans l'environnement austral subantarctique, leur vie s'organise entre déplacements dans l'océan où ils se nourrissent et périodes sur les îles antarctiques (Crozet, Kerguelen,...). Le suivi par satellite montre que les trajets marins des manchots s'étendent sur plusieurs centaines de kilomètres et que leurs proies sont trouvées lors de plongées à grande profondeur, dans la zone du front polaire.

Lors des plongées des manchots, les enregistreurs d'activité associés à la pose des balises Argos recueillent également des données difficiles à obtenir par ailleurs, comme les variations de température l'eau avec la profondeur... Ces paramètres océanographiques contribuent à déterminer l'action du réchauffement sur la distribution des proies des manchots dans l'océan Austral.

Des données satellites pour une démarche d'investigation en classe

Le suivi satellitaire d'un manchot royal renseigne précisément sur son trajet au cours du temps : direction, vitesse, ... et permet d'établir des relations avec sa biologie, son comportement. Les satellites permettent également de recueillir des données océanographiques globales de surface (température, vents, courants, ...) des zones fréquentées.



Droits réservés CNRS, CEBC - C. Bost



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

- Quelles sont les caractéristiques des trajets parcourus ?
- Quels impacts ont les paramètres océaniques (courants, vents, ...) sur ces trajets ?
- Quelles informations sur l'Océan apporte le suivi des manchots ?
- Quelles conséquences ont les anomalies climatiques sur les manchots ?

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

Document réalisé avec l'aimable contribution de Charles-André Bost, Directeur de recherches, CEBC CNRS.

Pourquoi suivre des manchots royaux ?

Un manchot 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 par satellites permet aux biologistes de mieux connaître la vie de cette espèce, les zones fréquentées...

De plus, le suivi des manchots par capteurs associés aux balises permet de collecter, lors de leurs longs trajets et plongées à grande profondeur, des données océanographiques et climatologiques importantes difficilement récupérables par ailleurs: les observations satellites de l'Océan austral sont difficiles, en lien avec les nuages et la banquise (effet « miroir »).

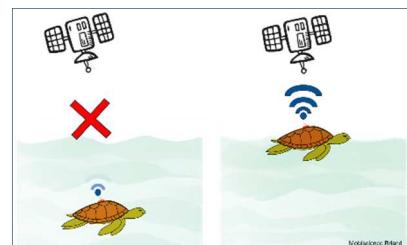


Comment fonctionne le suivi satellite par Argos?

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 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 manchot d'une balise ?

Pour équiper un manchot, on le capture avec précautions quand il a été relayé par son conjoint sur l'œuf ou le poussin. On lui recouvre la tête d'un capuchon pour qu'il ne s'effraie pas et on le maintient au sol, sur le ventre. On fixe la balise sur les plumes en mettant une petite touche de colle de fixation instantanée et des colliers de serrage. La balise est positionnée en bas du dos, avec l'antenne d'émission orientée vers le haut quand le manchot est en position de nage.



La manipulation ne dure pas plus de 10 mn. On en profite pour le peser, mesurer son bec et son aileron et effectuer un prélèvement sanguin.

La balise peut rester en place plusieurs mois, elle tombe à la mue et peut être parfois récupérée et réutilisée. Plus des 9/10 des balises posées sont retrouvées.

Combien de manchots sont suivis ? Qui suit les manchots ?

De nombreuses équipes de recherche suivent des manchots par satellite. L'équipe du Centre d'Etudes Biologiques de Chizé (CEBC) du Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) partage ses données de déplacement des manchots équipés par ses soins avec le programme d'Argonautica. Chaque année, de 8 à 13 manchots sont suivis.

Depuis 1994, le CEBC a réalisé des dizaines de suivis par satellites autour des archipels de Crozet et de Kerguelen.



Comment expliquer le déplacement des manchots ?

Les scientifiques partent de l'idée simple que les animaux passent plus de temps dans les endroits qui leur sont favorables que dans ceux qui leur sont défavorables. La mise en parallèle entre les observations et les connaissances sur la biologie de l'espèce favorise l'interprétation des déplacements.

Les allers retours des manchots observés entre zones océaniques et terrestres correspondent à deux besoins différents : se nourrir et se reproduire.

Le suivi par satellite permet de préciser leurs trajets effectués dans l'océan, les zones de nutrition des manchots selon la localisation des fronts océaniques et le déroulement des périodes où l'on observe leur reproduction et leur mue sur les îles antarctiques (Crozet, Kerguelen, ...).

Quelles informations apportent le suivi des manchots ?

Durant l'été de l'hémisphère sud (janvier-février), les manchots royaux font de longs trajets marins de plusieurs centaines de km vers une zone particulière où se rencontrent les eaux subantarctiques (froides) et les eaux polaires (très froides).



Importante frontière climatique, cette zone encerclant le continent antarctique est nommée front polaire ou encore convergence antarctique; elle correspond à la limite d'influence des eaux antarctiques et est considérée comme une limite approximative de l'océan Austral.

Le long trajet des manchots dans cette zone s'explique par l'existence de ressources plus importantes à cet endroit qu'en d'autres lieux : arrivés dans cette zone, ils effectuent de nombreuses plongées pour se nourrir à moindre profondeur qu'ailleurs.

Le retour d'un manchot sur son île de départ correspond soit à une période de mue et de reproduction, soit à la nécessité de relayer l'adulte qui couve l'œuf pour lui permettre d'aller se nourrir à son tour en mer, soit de nourrir son petit manchot qui jeûne à terre en l'attendant.

L'activité d'alimentation et l'activité de reproduction des manchots sont en effet complètement dissociées : les manchots se reproduisent et nichent à terre (où il n'y a pas de nourriture pour eux) et rejoignent le grand large pour se nourrir. À terre, les manchots qui couvent et les jeunes poussins ne vivent que sur leurs réserves pendant plusieurs mois. Le cycle de reproduction du manchot royal s'étend sur 16 mois, généralement, il se reproduit 2 fois tous les 3 ans.

Le suivi des manchots par satellite a permis d'observer que le front polaire s'est déplacé : auparavant à environ 400 km au sud de Crozet, il se situe maintenant certaines années à 600 km au sud de Crozet. Ce déplacement correspond à un réchauffement des eaux de l'océan Antarctique. À terme, ce réchauffement pourrait devenir un élément déterminant dans la dynamique de cet océan et du fonctionnement de ses chaînes alimentaires.

Ces anomalies ont un impact notamment sur les manchots royaux, fortement dépendants de l'Océan : leurs trajets pour se nourrir sont rallongés de 400 km supplémentaires aller-retour, avec comme conséquence une dépense énergétique augmentée et une fréquence de nourrissage du poussin moins importante et des chances de survie en diminution.

Les cartes satellites environnementales montrent que la zone de convergence antarctique est marquée par de nombreux tourbillons océaniques de 100 à 200 km de diamètre qui influencent l'activité des manchots. Comment les manchots s'orientent reste encore une énigme.

Pourquoi suivre des manchots en classe avec Argonautica ?

Argonautica vous propose, avec le suivi des manchots, de développer une démarche d'investigation où les élèves sont acteurs et impliqués dans un projet vaste et attrayant. Avec les données fournies, des recherches et analyses, les élèves feront de nombreuses découvertes et développeront des compétences variées.

Ils verront que de nombreuses questions se posent :

Où vont les manchots ? Pourquoi... ? Suivent-ils tous le même trajet ? A quelle vitesse nagent-ils ? Nagent-ils le jour et la nuit ? Quelle est l'influence des facteurs environnementaux ? Quelles informations apportent leurs plongées sur les zones profondes ?... Et que la recherche scientifique doit encore se poursuivre !

Autour du suivi des manchots, 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 manchots.



C.Bost

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...

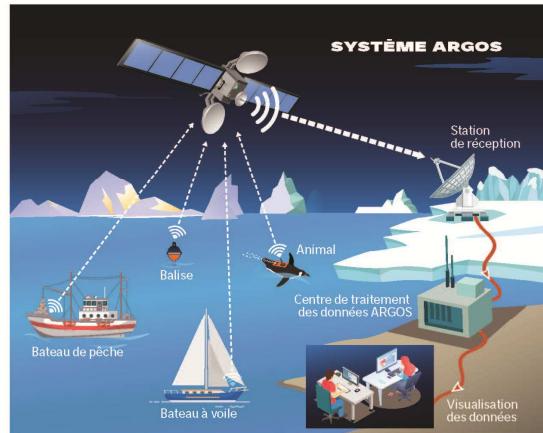
Argos est exploité par CLS (Collecte Localisation Satellites), filiale du CNES basée à Toulouse et utilisé par de nombreux pays.

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 $401.650 \text{ MHz} \pm 30 \text{ kHz}$ 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.



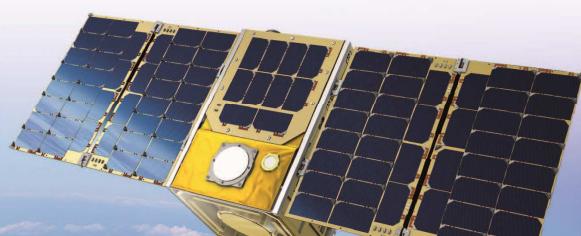
Balises MAR YX pour les bateaux et balises pour équiper des tortues marines. © MobiScience.Briand

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).



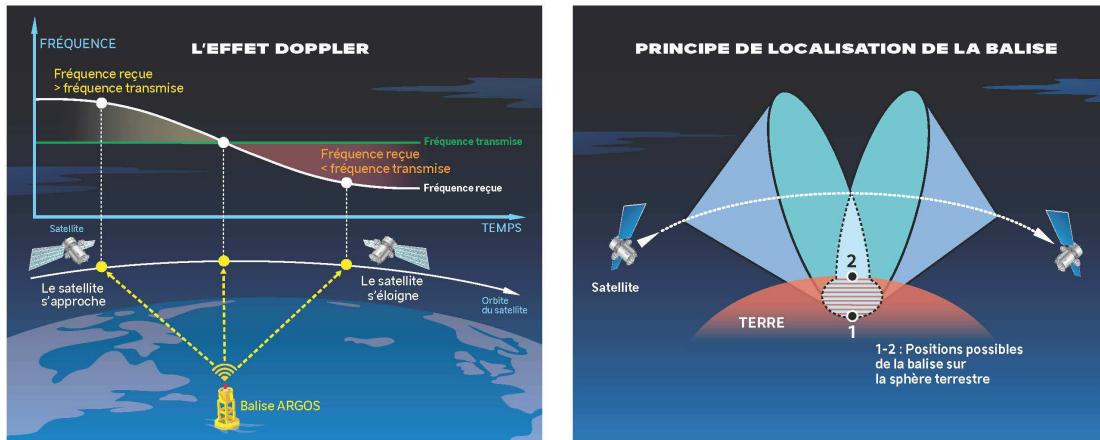
Module de la Charge Utile de l'instrument Argos-4.



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

