

Sylvie Fiat¹, Régis Hocdé², David Varillon³

www.ReefTEMPS.science

Le Réseau

- Quoi : **Observatoire des océans côtiers** dans le sud, le sud-ouest et l'ouest du Pacifique
- Objectif : surveiller à long terme le changement climatique et ses effets sur l'état des récifs coralliens et de leurs ressources
- Création : 1958
- Observables : température, pression, salinité, conductivité, turbidité, fluorescence
- Combien : 98 sites répartis sur la zone côtière parfois très isolés
- Couverture géographique : 20 États et territoires insulaires du Pacifique Sud-ouest
- Labellisation : **Service National d'Observation (SNO)** INSU depuis 2020
- Réseau : **Infrastructure française de Recherche Littorale et Côtière (IR LICO)** depuis 2018

Enjeux du projet

- **Rendre les données in situ accessibles en temps-réel ou semi-différé** pour
 - Documenter l'intensité d'un phénomène rare
 - ex : hauteur des vagues lors du passage d'un cyclone ou d'une tempête tropicale
 - Caractériser un phénomène
 - ex : augmentation de la température de l'eau lors d'un épisode de blanchissement de coraux
 - Actualiser et prolonger les séries historiques au quotidien pour rendre accessibles les tendances et les cycles les plus récents
 - Offrir un accès à des données d'intérêt à un public plus large que les communautés de spécialistes
- **Mettre en place un système étendu, géographiquement et en nombre de capteurs, à moindre coût**

LoRaWAN®

- Protocole de télécommunication, **OpenSource** et **libre de droits**
- Communication à bas débit, par radio, d'objets à faible consommation électrique
- Communication selon la technologie de modulation des ondes radios LoRa
- Connectés à l'Internet via des passerelles
- Participe à l'**Internet des objets (IoT)**
- Distances plus longues que sur les réseaux télécoms traditionnels
- Technologie à **faible coût**
- Ouverture étendue dans les environnements extérieurs
- **Faible consommation d'énergie** au niveau des objets connectés

ReefTEMPS

- Composé de capteurs autonomes
- Capteurs immergés dans les zones lagonaires (~ 10 m de profondeur en moyenne)
- Enregistrement des données d'observation entre 6 mois et 2 ans
- Un ou plusieurs paramètres physiques enregistrés par site
- Certains sites sont éloignés à plusieurs jours de navigation et la détection de panne en temps réel permettrait d'éviter des pertes de données de plusieurs mois voire années
- Certains sites revêtent des intérêts particuliers en cas de phénomène de type cyclone
- Connexion entre le capteur et le nano ordinateur au moyen de l'interface RS232
- **Chaque plateforme du réseau est potentiellement connectable**

L'IRD a fait l'acquisition en 2020 d'une passerelle LoRaWAN déclarée sur le réseau LoRa Alliance afin de rendre son utilisation publique. Il est prévu d'acquérir d'autres antennes pour la Nouvelle-Calédonie.

Nos travaux ont permis d'explorer le déploiement d'une sonde CTD (Conductivity Temperature Depth) immergée, en milieu récifal et côtier, avec transmission en temps réel des données acquises in situ via LoRaWAN IoT.

PROTOTYPE

Le prototype que nous avons conçu pour les tests est composé d'une **bouée océanographique** (A) sur laquelle est fixée un **nano ordinateur muni d'une puce GPS** (B), installé dans une caisse étanche et chargé de la transmission des données par IoT. Le nano ordinateur est connecté, au moyen d'un **câble de transmission sous-marin** (C), à la **sonde immergée** (D) sous la bouée. Les données reçues de la sonde sont transformées pour envoi par le protocole LoRa.

Le nano ordinateur envoie les données à intervalles réguliers, la ou les passerelles LoRaWAN réceptionnant le message le transforme au format JSON (JavaScript Object Notation) et le transmet par le protocole HTTP via des web services.

Le service d'intégration des données de ReefTEMPS, positionné en mode écoute, récupère les données et procède à leur traitement avec notification des administrateurs en cas de réception d'un message d'alerte ou de dérive et intégration des données en mode nominal.



TRANSMISSION SONDE

Les sondes SBE16 émettent deux types de messages : des messages de prise de mesure à interval régulier et des messages sur l'état de la sonde à la demande.

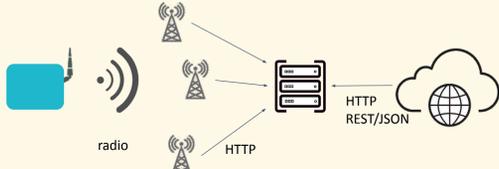
Exemple de message Test Sampling (TS) pour les données d'observation **température** et **salinité** codées sur 8 caractères hexadécimaux et précédées d'un caractère d'attention '#'
#815703DB

Exemple de message Display Status (DS) pour récupérer des informations de la sonde et dont l'état de la batterie
SEACAT v4.1b SERIAL NO. 2552 07/30/21 22:45:48.315\n
clk = 32768.219, iop = 103, vmain = 8.2, cloth = 3.5\n

TRANSMISSION LoRa & LoRaWAN

Le nano ordinateur émet les données au format LoRa en radio dans la bande de fréquences libres de 868 MHz.

Elles sont reçues par toutes les antennes LoRa à portée du signal qui les retransmettent à leur tour en HTTP au serveur LoRaWAN utilisé, en l'occurrence LoRa ALLIANCE. Le serveur LoRaWAN met ensuite les données à disposition via des web services HTTP/REST, interrogeables à la demande par nos serveurs.



PERSPECTIVES

Ajout de nouveau paramètres physiques (salinité et pression)

La première perspective d'évolution de notre prototype sera "simplement" d'ajouter l'enregistrement de plus de variables.

Comparaison de différents modèles de sonde

Une autre perspective consistera à tester la transmission des données à partir de modèles de sondes d'autres fournisseurs.

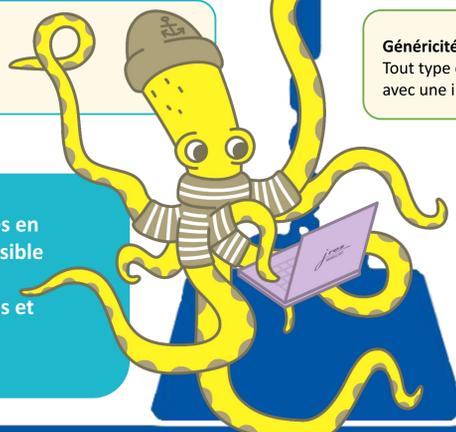
Capsule mobile d'envoi de messages

La présence d'une bouée en surface constituant une limitation forte au déploiement, une perspective de développement pour le futur consisterait à substituer le flotteur de surface par une capsule mobile capable d'effectuer des itérations entre un dispositif immergé et la surface selon une fréquence donnée, et permettant de déployer l'antenne émettrice le temps de la communication LoRaWAN.

Vers l'IoT satellitaire

L'évolution des systèmes satellitaires et l'introduction des CubeSats, famille de nanosatellites à faible altitude, comme technologie satellitaire à faible coût a rendu possible la fourniture de services de communication massifs pour les applications IoT.

Nos résultats montrent que le déploiement de capteurs océanographiques en zone côtière, isolée et éloignée, communiquant par IoT LoRaWAN est possible dès lors qu'il existe une infrastructure de réception radio. La principale limite étant la présence minimale d'antennes radio terrestres et d'une zone de couverture suffisante.



CAHIER DES CHARGES



Réalisation du prototypage - Projet porté par les étudiants du Lycée du Mont-Dore de Nouvelle-Calédonie

1. Communiquer via un port série avec une sonde de type SBE16 afin d'envoyer des commandes, recevoir des informations et les décoder
2. Communiquer avec un GPS via un port série afin de recevoir des informations et les décoder de manière à en extraire la position : latitude et longitude
3. Communiquer avec un émetteur LoRa afin d'envoyer des informations via une passerelle
4. Détecter les anomalies : le système pourra être positionné soit en mode par défaut « ACQUISITION » des données de la sonde SBE16, soit dans le mode « ALERTE » dès lors que la tension de la batterie est faible, soit dans le mode « DERIVE » dès modification des positions GPS révélant un déplacement de la bouée

TRAITEMENT SIGNAL PAR



NANO-ORDINATEUR

Le microcontrôleur ATmega 328 procède à l'analyse des messages reçus par la sonde et le GPS bi-quotidiennement

Exemple de Trame GPS RMC (Recommended Minimum Navigation Information) qui donne l'heure en UTC, la latitude, la longitude, la date, la vitesse et la route sur le fond.
\$GPRMC,053740.000,A,2503.6319,N,12136.0099,E,2.69,79.65,100106,,A*53

Puis envoie un message en utilisant le protocole LoRa suivant l'algorithme ci-dessous

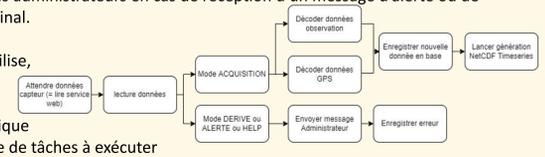
Si la position GPS est correcte et le niveau de batterie est suffisant : **MODE ACQUISITION** -> ENVOI Données d'observation
Si la tension de la batterie est faible : **MODE ALERTE** -> ENVOI du niveau de la batterie
Si la position GPS est éloignée de la plateforme : **MODE DERIVE** -> ENVOI de la position GPS
Si il manque des informations : **MODE HELP** -> ENVOI du numéro de la sonde

INTÉGRATION DES DONNÉES

Le service d'intégration des données de ReefTEMPS, positionné en mode écoute, récupère les données au format JSON et procède à leur traitement avec notification des administrateurs en cas de réception d'un message d'alerte ou de dérive et intégration des données en mode nominal.

Le système d'information du SNO ReefTEMPS utilise, pour l'intégration de ses données, le logiciel de suivi des workflow Apache Airflow.

Ce dernier permet de définir un graphique acyclique dirigé (DAG) ou pipeline qui représente une suite de tâches à exécuter



AVANTAGES & LIMITES

Déploiement possible en l'absence d'infrastructures lourdes
Le système LoRaWAN permet de suppléer à l'absence de réseau GSM ou d'infrastructures sous-marines.

Besoin d'infrastructures LoRaWAN
Le déploiement de sondes connectées nécessite une infrastructure de passerelles de réception LoRaWAN.

Faible coût
Le coût de transmission annuel par capteur, de l'ordre du millier d'euros pour le satellite, est proche de nul.

Portée des ondes radios
La limite de portée des ondes radio est dépendante de plusieurs facteurs dont le relief.

Libre
Tout est basé sur des solutions libres. Le réseau LoRaWAN déployé est public et donc ouvert à tous.

Présence d'une bouée en surface
Constitue une gêne à la navigation, c'est aussi une marque signalant le dispositif et le rendre sujet à dégradation.

Généricité
Tout type de mesure peut être envoyé, tout type de sonde avec une interface RS232 peut être utilisé.

Interface RS232
Les sondes de nouvelle génération tendent de plus en plus à utiliser une transmission électromagnétique.

Une future étape des travaux du SNO ReefTEMPS sera de pouvoir déployer des capteurs océanographiques communiquant par IoT avec une constellation de **nano-satellites en orbite basse**. A l'échelle du Pacifique Sud et plus largement, l'utilisation de ces nouvelles technologies devient une réelle perspective pour l'observation et la surveillance des milieux côtiers.