

# Low COAST



## Technologies IoT et radio: perspectives pour l'océanographie côtière

## Cas de la bouée instrumentée IoT LoRaWAN du SNO ReefTEMPS dans le Pacifique Sud

Hocdé Régis (MARBEC), Fiat Sylvie (ENTROPIE), Varillon David (IMAGO)

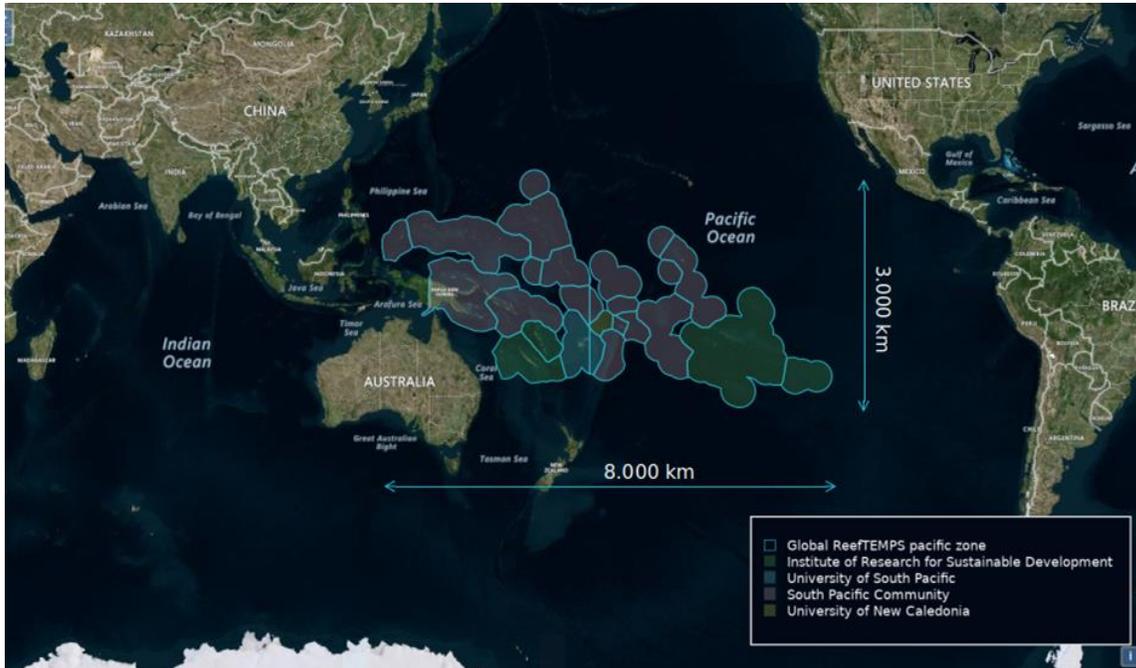
[regis.hocde@ird.fr](mailto:regis.hocde@ird.fr) – [sylvie.fiat@ird.fr](mailto:sylvie.fiat@ird.fr) – [david.varillon@ird.fr](mailto:david.varillon@ird.fr)

# Plan

1. Avantages de la transmission de données en temps réel ou semi-différé  
SNO ReefTEMPS
2. Solutions technologiques
3. Technologies IoT et radio
4. Retour d'expérience: bouée prototype ReefTEMPS
5. Perspectives

# 1 Avantages de la transmission de données en temps réel ou semi-différé

## SNO ReefTEMPS

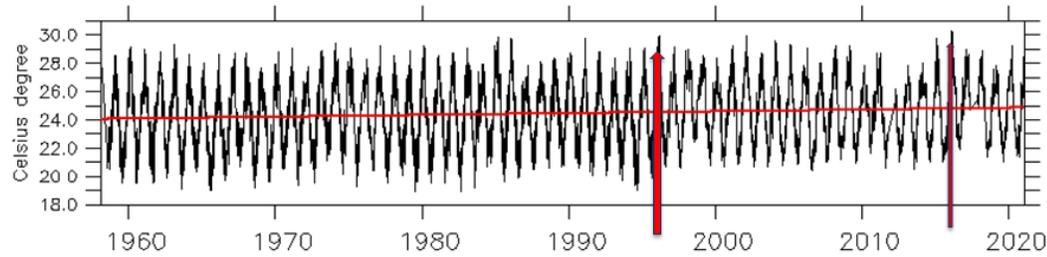


### Fiche d'identité du SNO ReefTEMPS

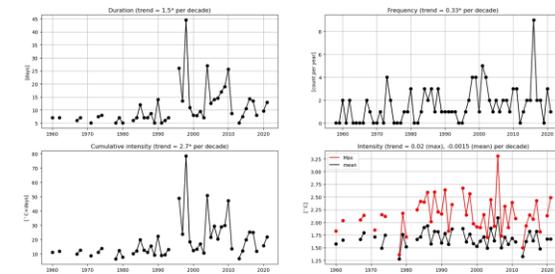
- ❑ Nom: Réseau d'observation des eaux côtières du Pacifique insulaire
- ❑ Réseau élémentaire de l'IR ILICO 
- ❑ Labellisé Service National d'Observation 2021-2025
- ❑ 7 paramètres suivi: Pression (1 Hz), Température, Salinité, Conductivité, Houle, Turbidité, Fluorescence (30 sec) (+ pH en cours)
- ❑ Profondeur: 6-60 m
- ❑ 14 pays
- ❑ 94 sites instrumentés
- ❑ Capteurs autonomes / 2 bouées en temps réel
- ❑ 350 millions de mesures par an
- ❑ Depuis 1958

# ReefTEMPS documente l'impact local du changement climatique et les paramètres qui influent sur la résilience des écosystèmes récifaux

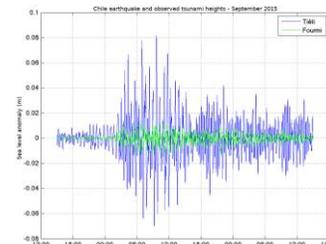
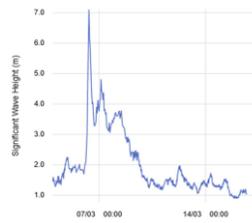
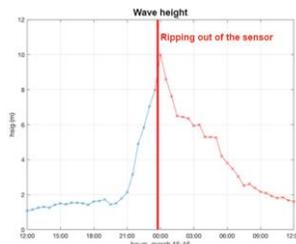
## SUIVI DE LA TEMPÉRATURE SUR LE LONG-TERME & Observation des vagues de chaleur qui peuvent entraîner le blanchissement des coraux



## VAGUES DE CHALEUR OCEANIQUES Et pour le futur ?



## CLIMAT DE LA HOULE À LONG TERME & Évènements de vagues extrêmes, tsunamis occasionnels, périodes de retour



Cf. références sur

[HTTPS://REEFTEMPS.SCIENCE](https://reeftemps.science)



Sondes autonomes – Relèves de sondes par intervention de plongeurs (6 mois – 2 ans)

Zones isolées, difficile d'accès, absence d'infrastructure

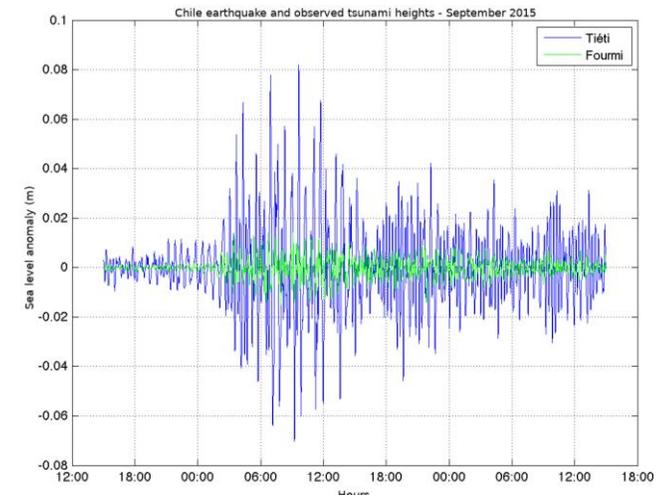
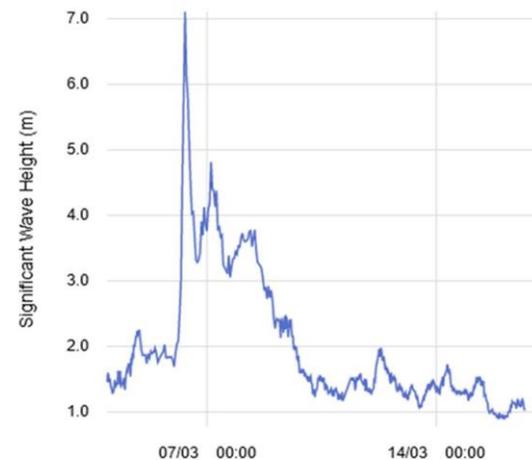
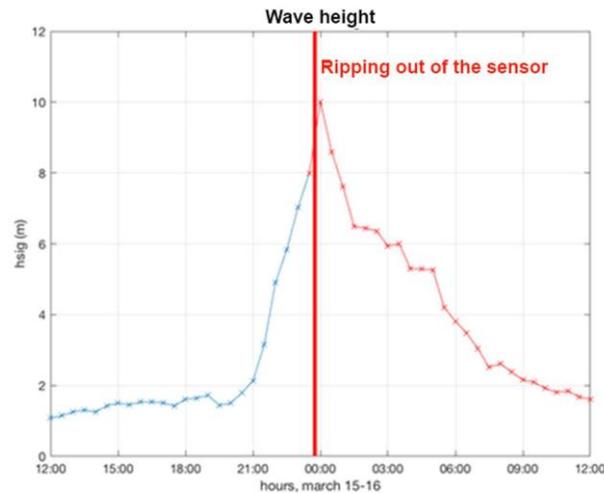
Données accessibles sans délai et sans restriction après chaque relève de sonde (décharge de mémoire, contrôles, qualification...), mais en temps différé (6 mois – 2 ans)



Déploiement de sondes (capteur pression / accéléromètre) **connectées par satellite**



permet de documenter en **direct (ou léger-différé)** des événements extrêmes: événements de vagues extrêmes, tsunamis occasionnels, périodes de retour



**Hauteur significative des vagues** enregistrées en Nouvelle-Calédonie:

a) de 10,5m le 15 mars 2020 pendant la tempête tropicale GRETEL,

b) de 7,1m pendant la tempête tropicale NIRAN le 6 mars 2021 avec une bouée connectée en temps réel et

c) anomalies de hauteur d'eau pendant le tsunami post-séisme du Chili le 16 septembre 2015.

## 2 Solutions technologiques

Pour la transmission de données / Réseau de capteurs en domaine côtier

<p><b>Connexion filaire</b> Câble sous-marin, fibre optique, alimentation en énergie et transmission de data</p> <p>✗ Nécessité d'un site adapté, proximité d'une infrastructure, coûts du déploiement/entretien d'un câble</p>	<p><b>Connexion satellite</b> Émetteur/récepteur + Abonnement</p>  <p>✗ Coûts élevés: ~1000 \$ USD / an / sonde, temps de latence parfois élevé</p>
<p><b>Connexion sans fils (acoustique / optique)</b></p> <p>✗ Ne semble pas adapté aux moyennes/longues distances</p> <p>✓ Semble adapté à des transmissions sous-marines entre capteurs ou entre capteurs et bouées</p>	<p><b>Connexion radio</b> Différentes fréquences, protocoles de communication</p> <p>✓ Adapté au milieu marin (car pas d'obstacles)</p> <p>✓ Adapté au milieu côtier (moyenne distance)</p> <p>✓ Faible coût de communications</p>

### 3 Technologies IoT et radio

LoRaWAN (Long-Range Wide Area Network)

= protocole de télécommunication, OpenSource et libre de droits

=> permet la communication à bas débit,  
par radio, d'objets

à faible consommation électrique

communiquant selon la technologie  
de modulation des ondes radios LoRa

et connectés à l'Internet via des passerelles,  
participant ainsi à l'Internet des objets (IoT)

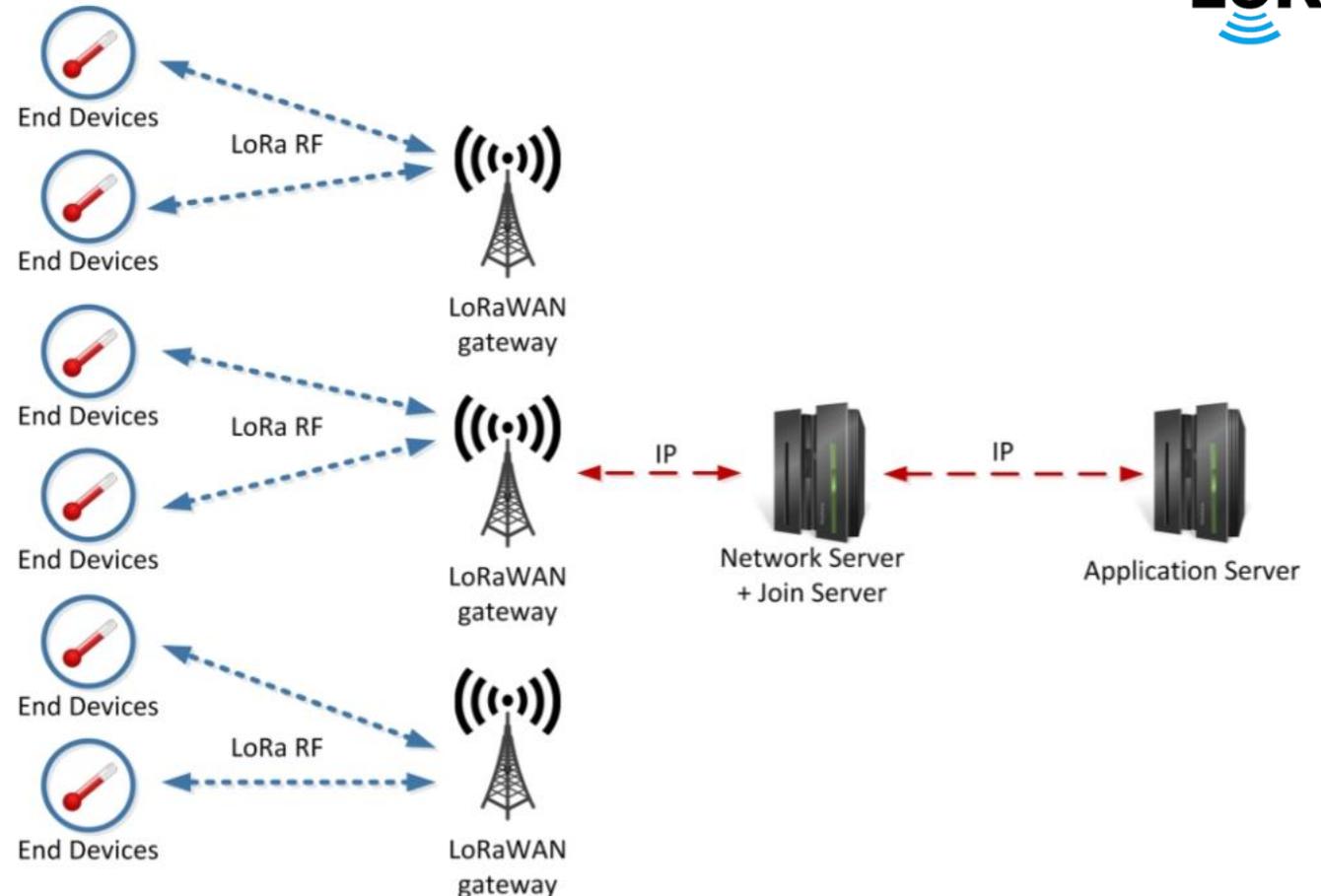
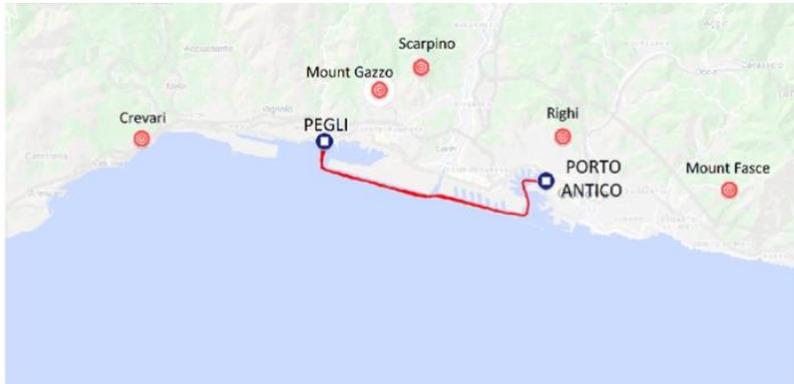


Figure 4: LoRaWAN virtual laboratory with classical scenario

# Expérimentations ou dispositifs existants en domaine côtier

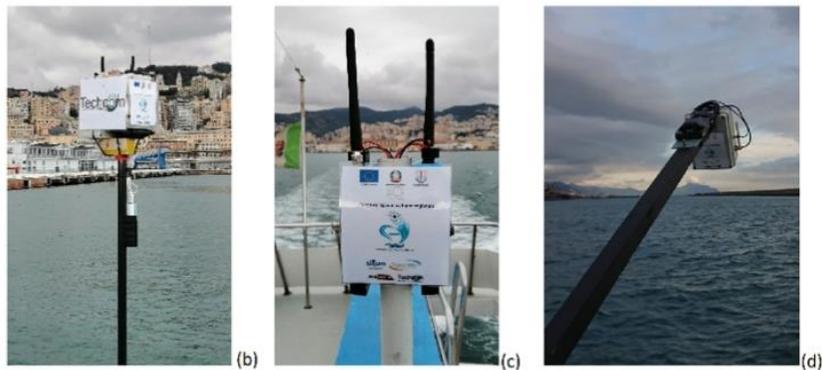
⇒ Réseau de capteurs (IoT LoRaWan)  
Ferme aquacole – Estuaire australien

Bates H. et al. 2021. Real-Time Environmental Monitoring for Aquaculture Using a LoRaWAN-Based IoT Sensor Network.  
doi:[10.3390/s21237963](https://doi.org/10.3390/s21237963)



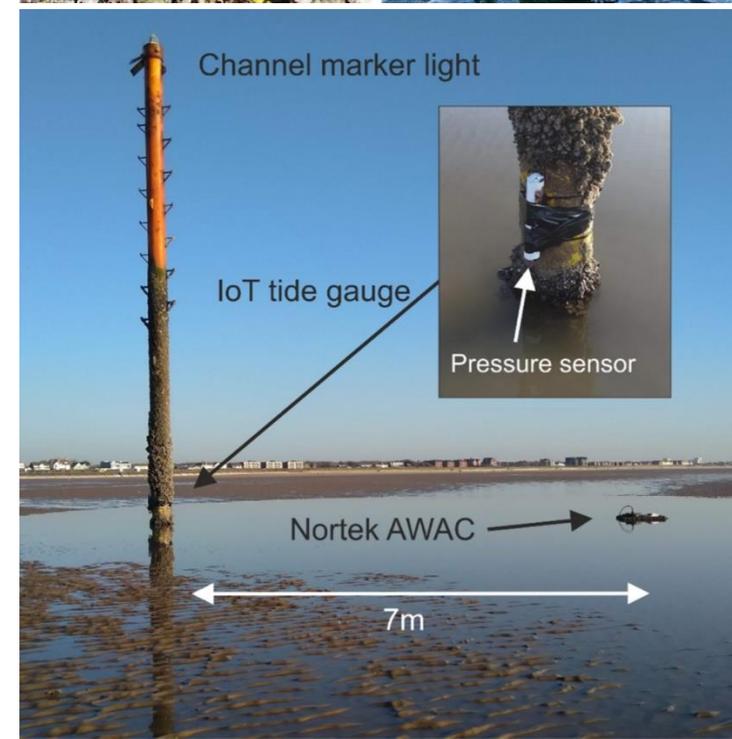
⇒ Expérimentation: connexion LoRaWan en temps réel à partir d'un navire côtier Italie

Pensieri S. et al. 2021. Evaluating LoRaWAN Connectivity in a Marine Scenario.  
doi:[10.3390/jmse9111218](https://doi.org/10.3390/jmse9111218)



⇒ Marégraphes low-cost  
Connection Sigfox IoT  
Angleterre

Knight, P. et al. . 2022. Testing an "IoT" Tide Gauge Network for Coastal Monitoring. IoT doi: [10.3390/iot2010002](https://doi.org/10.3390/iot2010002)



## 4 Retour d'expérience: bouée prototype ReefTEMPS

développée dans l'esprit 'Cost-effective / Open source / Accessible / Sustainable Technologies'

Acquisition IRD NC d'une antenne LoRa / connectée au réseau / utilisation publique donc ouverte à tous



Utilisation d'une sonde CTD Seabird SBE 16 (RS232) / avec objectif d'un déploiement



Acquisition des composants nécessaires :

- nano ordinateur, muni d'une puce GPS, avec antenne
- bouée, mouillage, caisson étanche, câble de transmission sous-marin pour relier sonde immergée et ordinateur sur la bouée.



Paramétrisation, Développement des codes

- > Rester dans l'esprit du SI ReefTemps: open source, générique, modulable, réutilisation préférentielle de composants ou solutions existantes (versus développements spécifiques)



Installation d'un mouillage avec bouée pour émission en surface au raz de l'eau

## 4 Retour d'expérience: bouée prototype ReefTEMPS

développée dans l'esprit 'Cost-effective / Open source / Accessible / Sustainable Technologies'



Prototype fonctionnel et opérationnel

## Avantages et limites des communications radio LoRaWan IoT



### Faible coût

Coût évité des transmissions satellites (~1K€/an/sonde)



### 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.



### Libre

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



### Généricité

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



### Faible consommation électrique



### Sustainable Technologies



### Besoin d'infrastructures radio, de type LoRaWan

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



### Portée des ondes radios

Limite de portée des ondes radio (dépendante de plusieurs facteurs dont le relief)



### Présence d'une bouée en surface

Gêne à la navigation, risque de dégradation

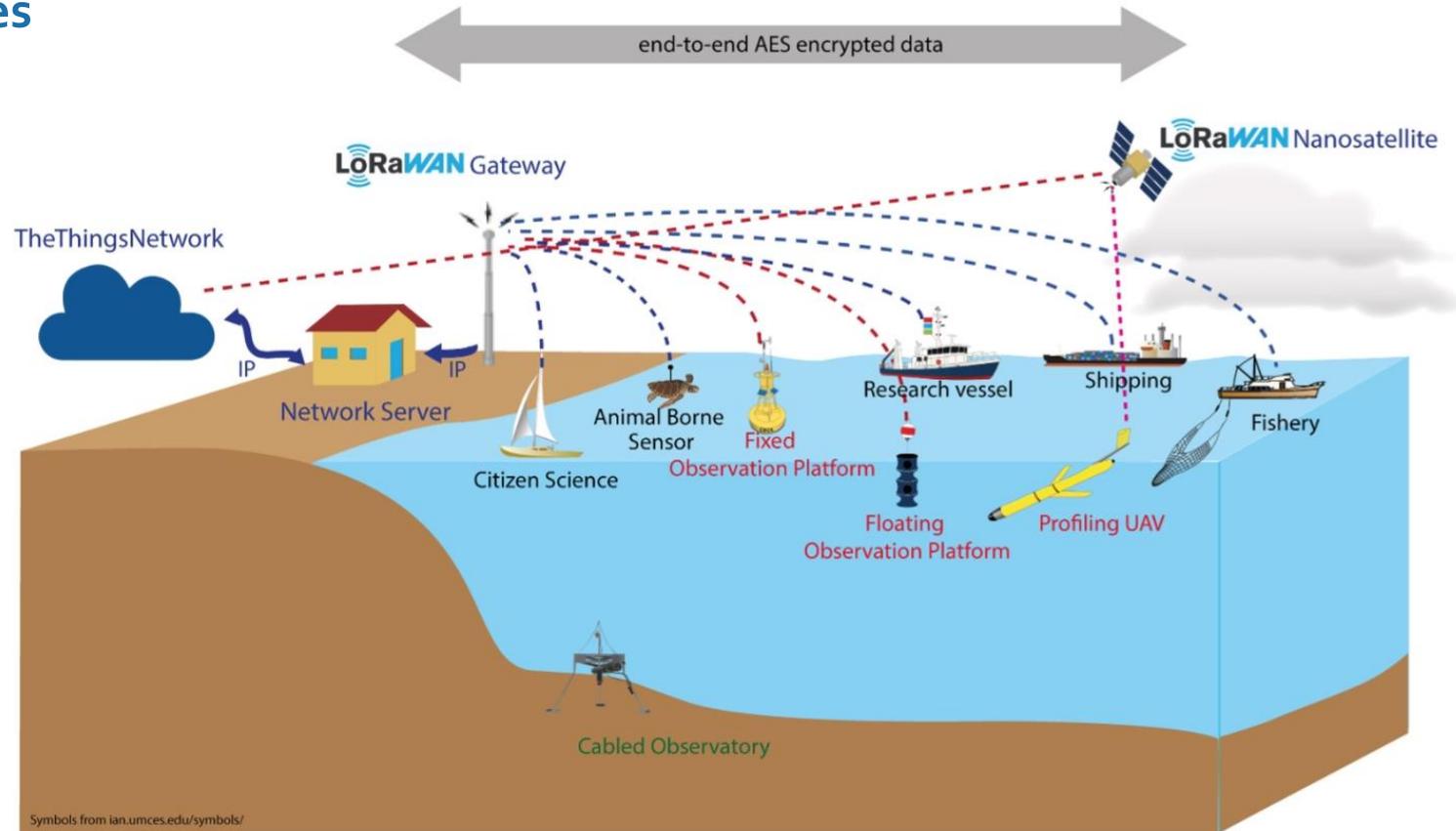


### Interface RS232

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

## 5 Perspectives

- ❑ Capsule mobile d'envoi des messages  
(suppression bouée surface)
- ❑ Vers l'IoT satellitaire  
(Nanosatellites)
- ❑ Liaison WireLess acoustique  
entre sonde et bouée en surface  
(suppression de la connexion filaire)

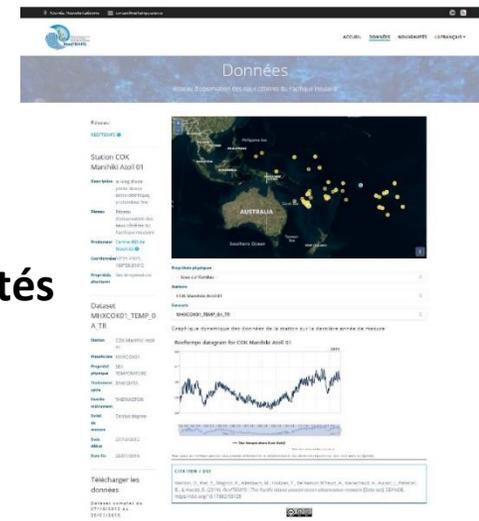
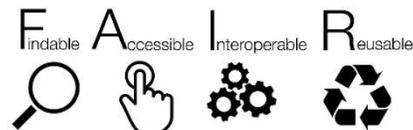


Mariani P. et al. 2021. Collaborative Automation and IoT Technologies for Coastal Ocean Observing Systems.  
Doi: [10.3389/fmars.2021.647368](https://doi.org/10.3389/fmars.2021.647368)

# [Pour info] Data Management – Dissémination des données - FAIR

Également

- ✓ Accessible
- ✓ Open source



## Open Data Données accessibles librement Différents services web => diversité besoins / communautés

Dans l'esprit de l'open data et du FAIR, toutes les données ReefTEMPS sont librement accessibles via des services web pour la visualisation, l'accès et le téléchargement, sous licence libre Creative Commons "Attribution-Share alike" (CC-BY-SA): <http://www.reeftemps.science/donnees/>.

Hocdé R., Fiat S., Varillon D., Aucan J. (2021). ReefTEMPS: the Pacific Insular Coastal Waters Observation Network. **9th EuroGOOS International Conference** – Advances in Operational Oceanography: Expanding Europe's ocean observing and forecasting capacity, May 3-5 2021

## IR DATA TERRA – Pôle ODATIS – SEANOE Archives intégrales semestrielles - DOI

Un jeu de données contenant toutes les séries temporelles disponibles est également publié semestriellement sur le portail de données SEANOE <https://doi.org/10.17882/55128>.

### How to cite

Varillon David, Fiat Sylvie, Magron Franck, Allenbach Michel, Hoibian Thierry, de Ramon N'Yeurt Antoine, Ganachaud Alexandre, Aucan Jérôme, Pelletier Bernard, Hocdé Régis (2022). **ReefTEMPS : The Pacific Island coastal ocean observation network**. SEANOE. <https://doi.org/10.17882/55128>

