

FICHE DÉCOUVERTE - LYCEE

Technologies et instruments de mesures



© CNES - ARGOCEAN TAIARO 2023/2024





Pour comprendre le fonctionnement de Taiaro, suivre l'évolution physicochimique des eaux du lagon et vérifier si le lagon est vraiment isolé de l'océan, les scientifiques ont prévu une série d'instruments conçus, assemblés et testés à Toulouse :

- ❖ **Main Station (MS)** : station principale réalisant des mesures météorologiques avec les capteurs Wth et centralisant les mesures des autres instruments
- ❖ **Inside Buoy (IB)** : bouée avec 2 sondes Exo3 équipées de capteurs de mesure de température, salinité et chlorophylle, chargée d'étudier les eaux du lagon à 2 profondeurs (-2m et -10m).
- ❖ **Outside Buoy (OB)** : bouée avec une sonde Exo3 équipée de capteurs de mesure de température, salinité et chlorophylle, chargée d'étudier l'eau de l'océan à -2m de profondeur.
- ❖ **Water Level (WL)** : Capteur de niveau d'eau.
- ❖ **Camera (CA)** : station avec 4 caméras indépendantes programmées pour prendre des photos automatiquement tous les jours et les envoyer sur commande.



Installation des instruments à l'entrée de l'hoa étudié. Tout le monde y met de sa personne pour réussir la mission !



Page suivante, identifiez les instruments développés pour l'étude physicochimique de Taiaro.

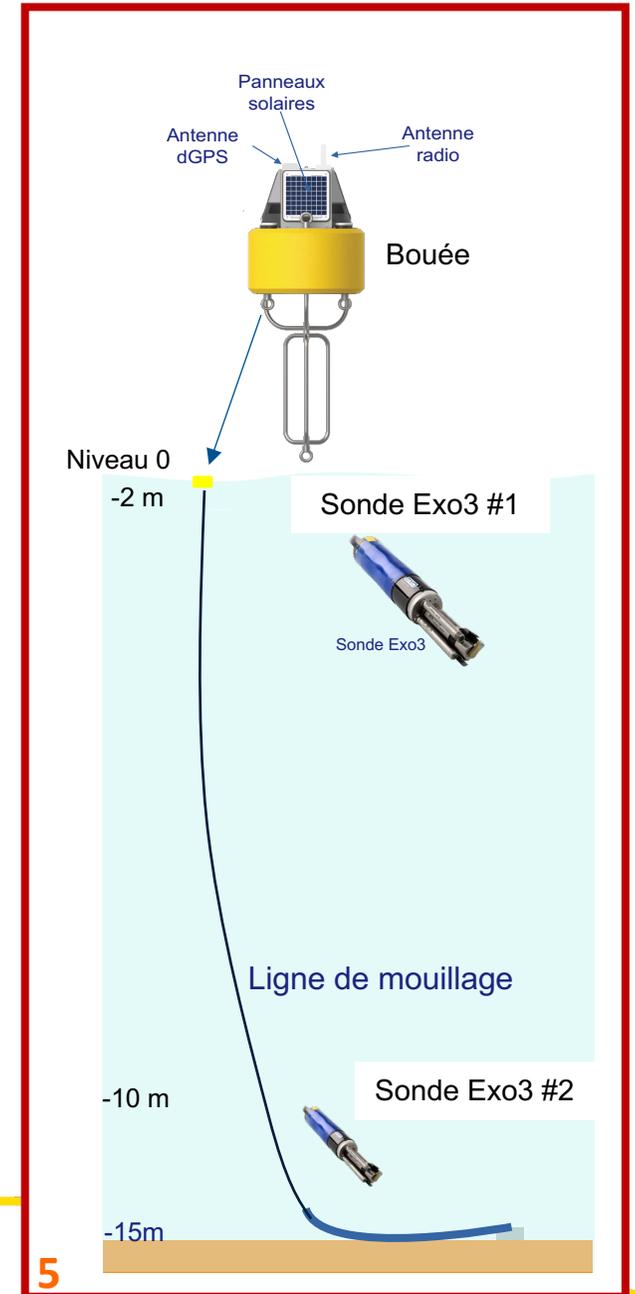
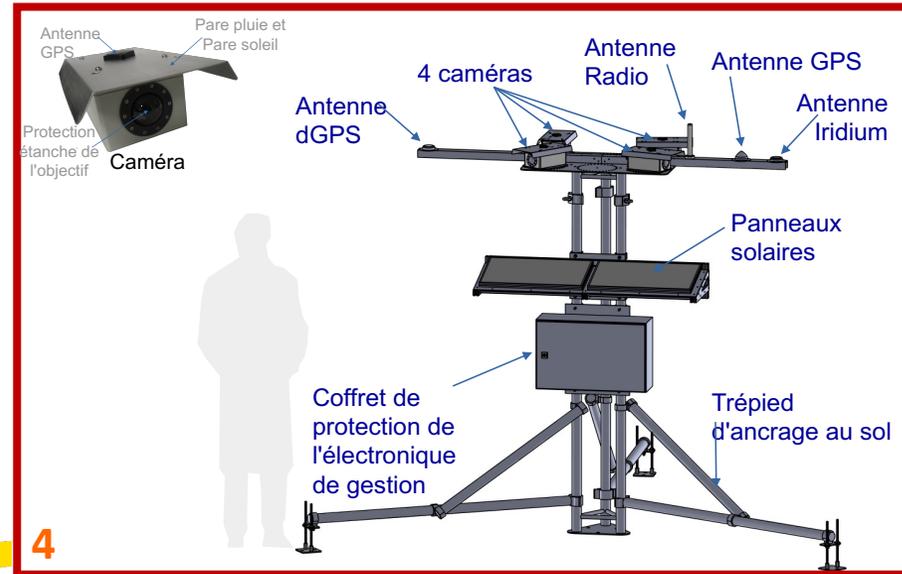
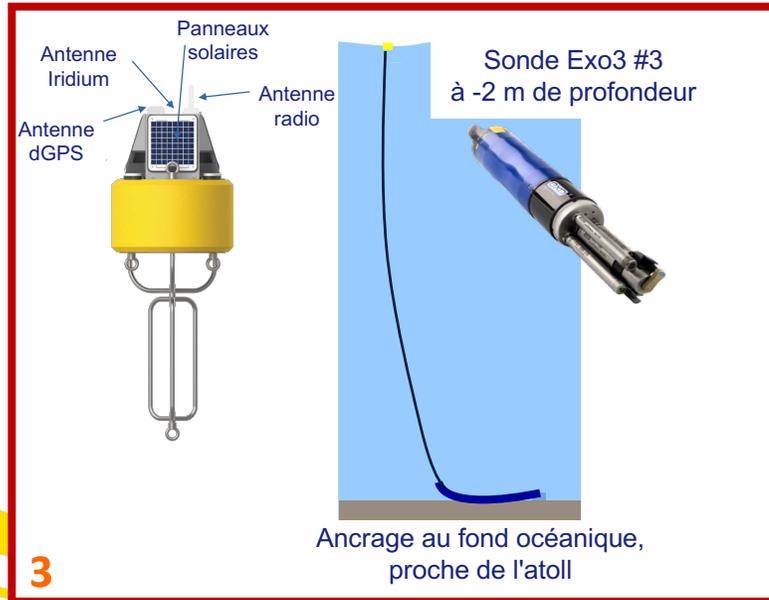
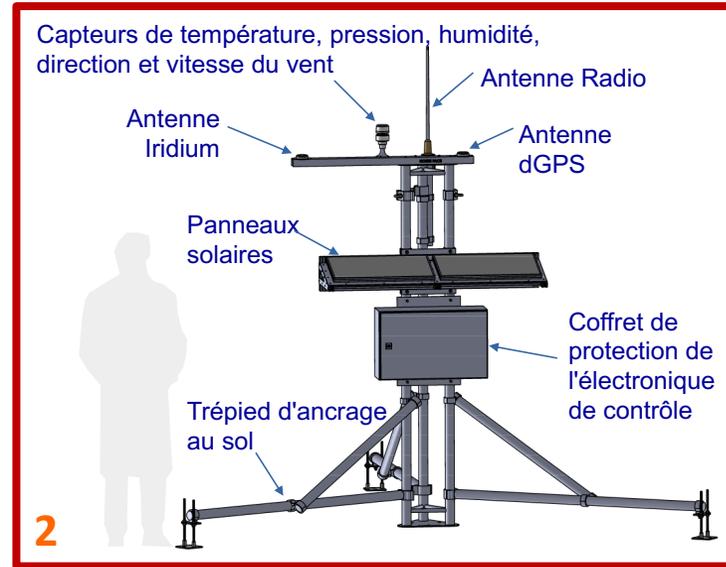
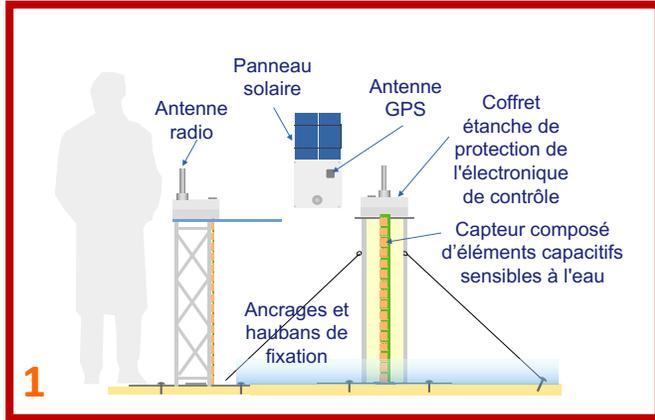


DECOUVERTE

Instrumentation pour l'étude physicochimique



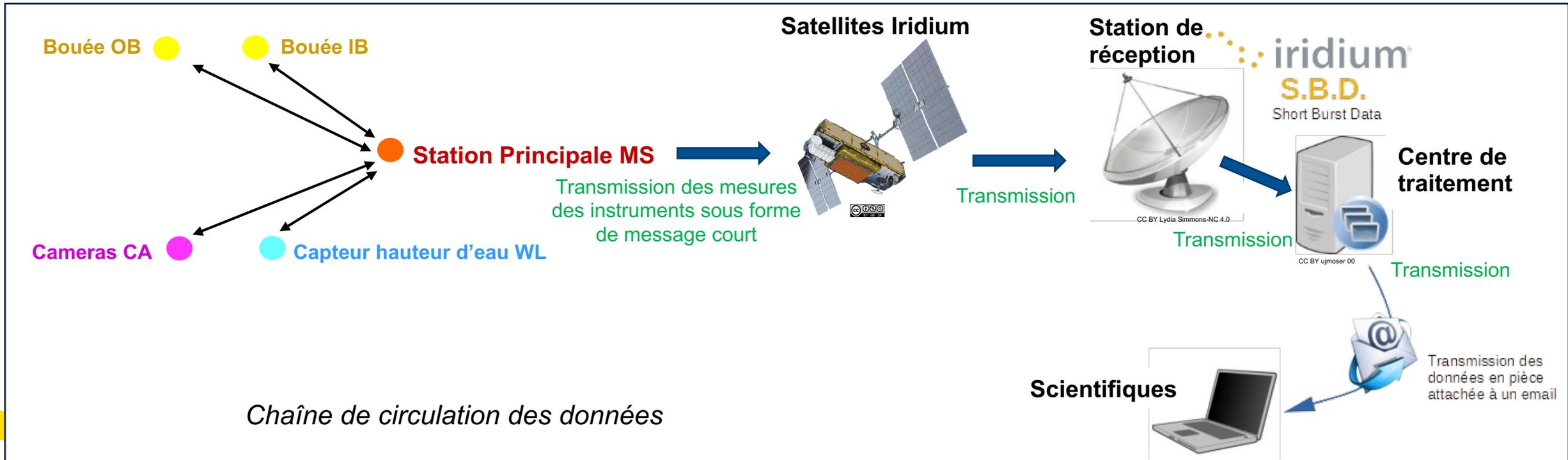
Identifiez les instruments MS, IB, OB, WL et CA





Afin d'obtenir les mesures dans leurs laboratoires pendant une année entière, les scientifiques ont prévu un fonctionnement automatique des instruments et une transmission des mesures par les satellites Iridium :

- La station principale MS récupère toutes les mesures et les transmet aux satellites sous forme d'un message
- Les satellites transmettent le message à une station de réception terrestre qui l'achemine par voie filaire à un centre de traitement où les données du message sont traitées
- Les données traitées sont envoyées par email et visualisées sur les ordinateurs des chercheurs et chercheuses.





Pour transmettre des données dans un message, mémoriser des informations, calculer..., les ordinateurs et objets numériques utilisent un système binaire bien différent du système décimal que nous utilisons dans la vie quotidienne :

Le système décimal usuel

Les nombres sont codés en puissances de 10 :

	Centaines	Dizaines	Unités
Position (de droite à gauche) :	2	1	0
Puissances de 10 :	10^2	10^1	10^0
Valeur :	100	10	1

Le système binaire

Les nombres sont codés en puissance de 2 avec deux caractères, le 0 et le 1, appelés BIT (Binary digIT). Le « décodage » des données binaires en nombre décimal se fait par l'addition des valeurs des bits 1 :

Position des BIT (de droite à gauche) :	7	6	5	4	3	2	1	0
Puissances de 2 :	2^7	2^6	2^5	2^4	2^3	2^2	2^1	2^0
Valeur :	128	64	32	16	8	4	2	1

Exemple de nombre codé en système binaire :

0	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---

Calcul de sa valeur en système décimal : $(0 \times 2^5) + (0 \times 2^4) + (1 \times 2^3) + (1 \times 2^2) + (1 \times 2^1) + (0 \times 2^0)$
 $= 0 + 0 + 8 + 4 + 2 + 0 = 14$

L'octet (suite de 8 bits) est l'unité utilisée pour mesurer la taille d'un fichier, la place restante sur un disque dur, etc...



1- Décodez la valeur décimale de cet octet (suite de 8 bits) :

1	0	0	0	1	1	1	0
---	---	---	---	---	---	---	---

2- En calculant combien de nombres décimaux un octet permet de coder (nombre de combinaisons différentes de 8 bits), expliquez pourquoi on utilise souvent des Ko (1Kiloctet=1000 octets), Mo (Mégaoctet), Go (Gigaoctet)...



Conçus à Toulouse, les instruments ont tout d'abord pris le bateau de la France pour rejoindre le CRIOBE (Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement) à Moorea, via le canal de Panama. Une fois sur place, ils ont été remontés et testés puis re-démontés, re-emballés et envoyés en bateau sur Taiaro.

Le matériel a été déposé au Nord de Taiaro, à l'endroit habituel de déchargement du gros matériel, où l'équipe de la mission a choisi d'établir son camp de base.



Photo : David Lecchini

Echanges avec le gardien de Taiaro habitant sur place avec son épouse.

Pour décider des lieux d'installation des instruments en tenant compte des contraintes locales, les scientifiques prennent conseil auprès des habitants.

« Attention aux cocotiers, quand une noix de coco tombe, elle peut casser du matériel, et même tuer un humain ! »

« Parfois, il y a beaucoup de vent qui vient de l'océan, qui déracine les arbres. »

« Au mois de juillet, c'est la saison des grandes houles qui peuvent atteindre 4 m de haut ! »

« Vers la fin de la saison des pluies, il y a parfois des grandes tempêtes sur l'océan, et elles viennent le plus souvent du Sud, Sud-Est. »



Photos : Frédéric Bouchar

Un mois de transport jusqu'à Moorea, île juste à l'Ouest de Tahiti, à 600 km de Taiaro environ.

Après deux jours de repérage, en tenant compte des contraintes et configurations locales, l'implantation a été décidée dans la partie sud de l'Atoll : un endroit abrité, pas trop proche des cocotiers, et permettant le suivi de l'hoa par lequel l'eau océanique pourrait entrer !



Taiaro - Prise de vue Pléiades du 4 novembre 2019
© CNES 2019, distribution Airbus DS



La station principale, en place sur Taiaro

Les instruments sont programmés pour suivre un cycle de fonctionnement automatique de 4 étapes principales. Le moyen utilisé pour la communication entre les instruments est la radio.

Etapes d'un cycle de fonctionnement des instruments

	Step	MS	IB	OB	WL	CAM
Start T_0	1. dGPS	dGPS Cor. send	Rec	Rec		Rec
$T_0+ 3mn$			Rel.Pos. Calc.	Rel.Pos. Calc.		Rel.Pos. Calc.
$T_0+ 5mn$	2. Sensors acquisitions	Weather sensors Mem	Sensor Mem	Sensor Mem	Sensor Mem	Mem
$T_0+ 6mn$			Req WL			Data Tr
$T_0+ 7mn$	3. Data collection	Req IB	Data Tr			
$T_0+ 8mn$		Req OB		Data Tr		
		Req CA				Data Tr
$T_0+ 9mn$		Mem Global Frame				
End of cycle $T_0+ 12mn$	4. Iridium emission	IRIDIUM Emit StBy	StBy	StBy	StBy	StBy

- Etape 1 : Position relative (**dGPS**) : la station principale MS envoie les codes correcteurs dGPS (**dGPS Cor. send**) aux instruments qui l'enregistrent (**Rec** : Record) et calculent leur position dGPS par rapport à la MS (**Rel.Pos. Calc.** : Calcul de la position relative)
- Etape 2 : Acquisition des mesures par les capteurs (**Sensors acquisitions**) : capteurs météo de la MS (**Weather sensors**), capteurs d'IB, d'OB et de WL ainsi que par les caméras CA. Chaque instrument écrit ses mesures dans sa mémoire (**Mem** : Memory storage).
- Etape 3 : Collecte des données (**Data collection**). La station principale MS demande les données (**Req** : request) aux instruments qui répondent chacun à leur tour (**Data Tr** : transmission des données). La MS écrit l'ensemble de toutes les données (appelée trame) dans sa mémoire flash (**Mem Globale Frame**).
- Etape 4 : La MS envoie un message contenant les mesures réalisées aux satellites Iridium (**Iridium Emit**) et se met en veille, comme tous les instruments (**StBy** : Stand By), jusqu'au démarrage d'un nouveau cycle.

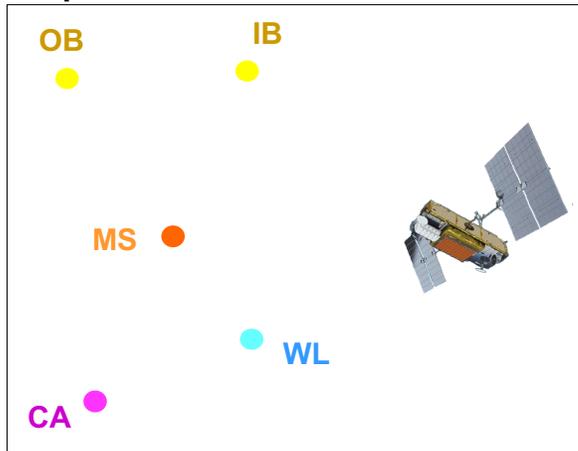
Le cycle de fonctionnement se déclenche à chaque changement d'heure (exemple : $T=0$ lors du passage de 13:59 à 14h00). Les scientifiques disposent ainsi de 24 séries de données par jour.



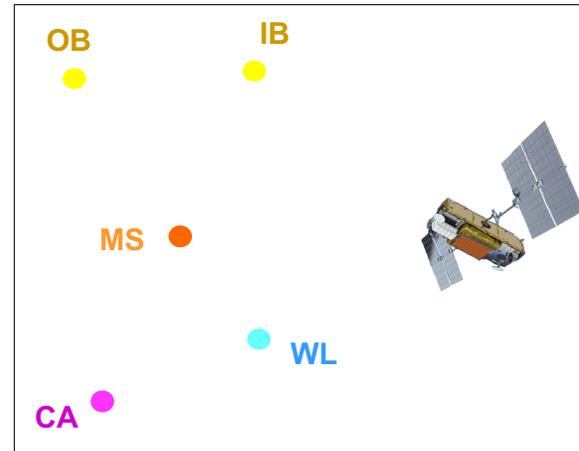
Sur les schémas ci-dessous, indiquez l'ordre et le sens de circulation des communications entre les instruments lors des 4 étapes d'un cycle de fonctionnement. Vous légenderez les signes utilisés.

	Step	MS	IB	OB	WL	CAM
Start T_0						
$T_0+ 3mn$	1. dGPS	dGPS Cor. send	Rec Rel.Pos. Calc.	Rec Rel.Pos. Calc.		Rec Rel.Pos. Calc.
$T_0+ 5mn$	2. Sensors acquisitions	Weather sensors Mem	Sensor Mem	Sensor Mem	Sensor Mem	Mem
$T_0+ 6mn$	3. Data collection	Req WL			Data Tr	
$T_0+ 7mn$		Req IB	Data Tr			
$T_0+ 8mn$		Req OB		Data Tr		
$T_0+ 9mn$		Req CA				Data Tr
		Mem Global Frame				
$T_0+ 12mn$	4. Iridium emission	IRIDIUM Emit StBy	StBy	StBy	StBy	StBy

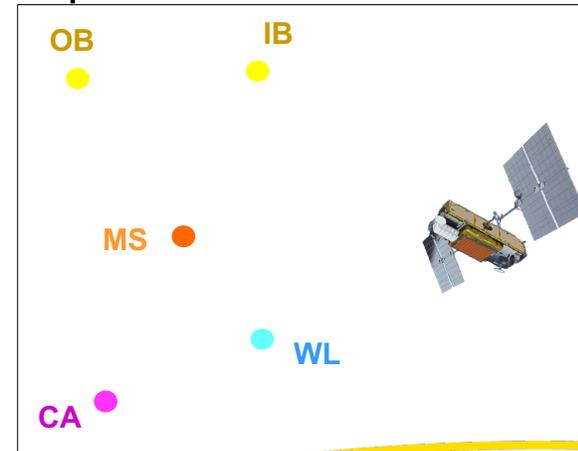
Etape 1 : Position dGPS



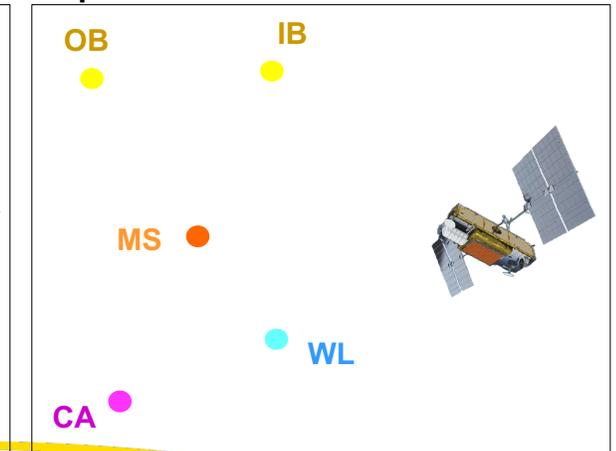
Etape 2 : Acquisition des mesures



Etape 3 : Collecte des données



Etape 4 : Envoi Iridium





À chaque fin de cycle, la station principale MS envoie par un message de 176 octets au total les mesures collectées. Les photos de l'hoa étudié sont envoyées par la station CA uniquement sur commande. Le système Iridium permet de transférer les messages vers les satellites à un débit d'environ 40 octets par seconde.

Les messages transitent par plusieurs satellites Iridium avant d'être reçus par une station de réception.

Exemple :

En rouge : Taiaro (1), satellites Iridium 4 et 5 en relais.

Les distances indiquées sur la carte sont les distances au sol, mais les satellites Iridium sont en altitude, tous sur des orbites à 666 km de hauteur.

La station terrestre Iridium de réception la plus proche est ici située à Mexico.



Après décodage, le message sera reçu à Toulouse, à 9500 km de Mexico, par email :

Email reçu par un(e) scientifique

SBD Msg From Unit: 300434065168620 12/09/2023, 00:09
SBD Msg From Unit: 300434065168620 11/09/2023, 23:09
SBD Msg From Unit: 300434065168620 11/09/2023, 22:09

De: sbdservice@sbd.iridium.com
Pour: Moi <taiaro@tenum.fr>
Sujet: SBD Msg From Unit: 300434065168620

MOMSN: 9459
MTMSN: 0
Time of Session (UTC): Mon Sep 11 20:09:09 2023
Session Status: 00 - Transfer OK
Message Size (bytes): 176
Unit Location: Lat = -15.75462 Long = -144.54913
CEPradius = 11



- 1 - Calculez le temps de transfert d'un message de données physicochimiques de Taiaro.
- 2- Calculez le temps de transfert d'une image composée de 90 Ko.
- 3- La vitesse des ondes radio étant de 300 000 km/s, combien de temps devrait mettre un message pour parvenir aux scientifiques de Toulouse? Comment expliquer le temps réellement mis (Cf. l'email reçu par un(e) scientifique)