

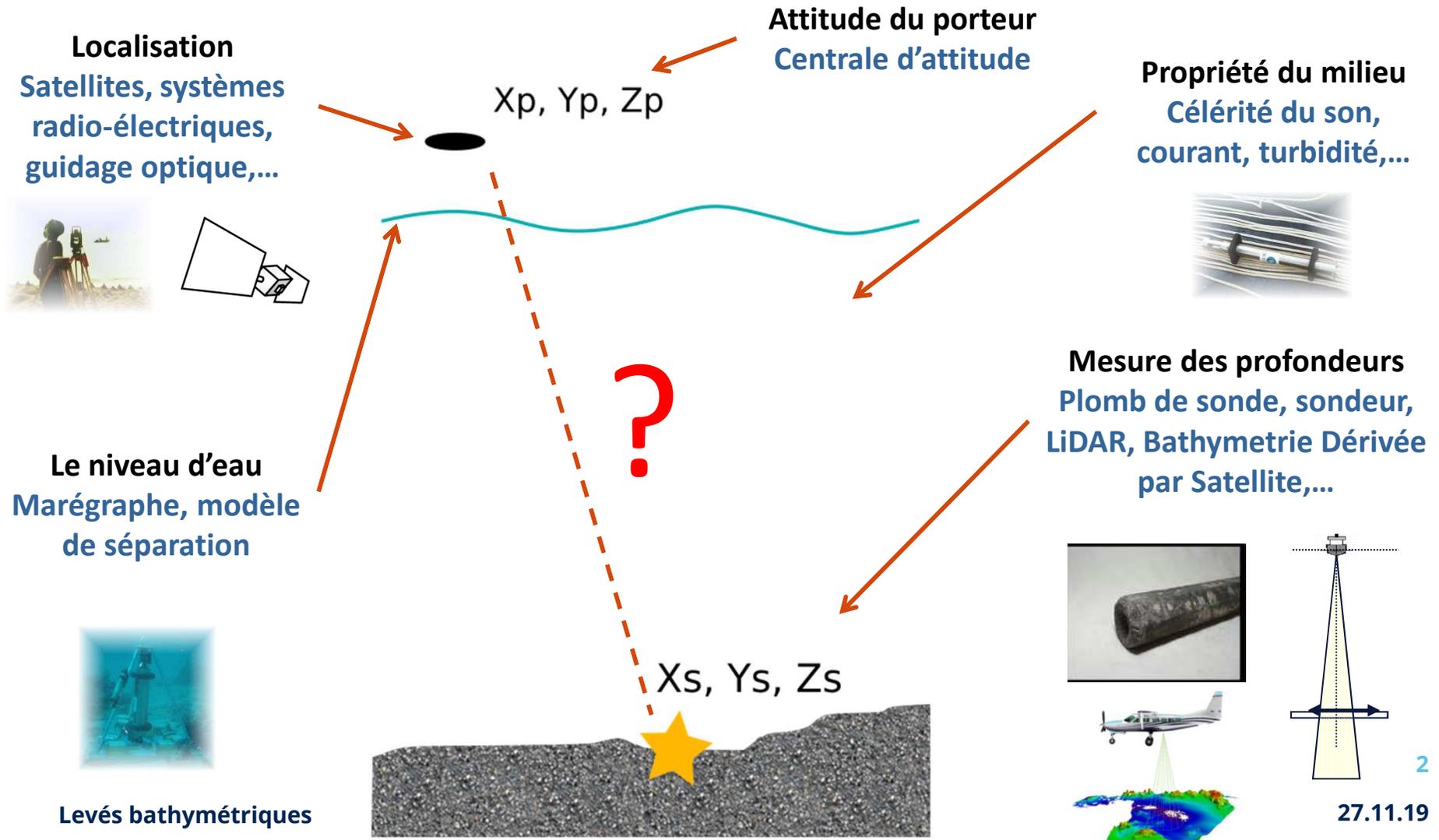


Les levés bathymétriques

27.11.19

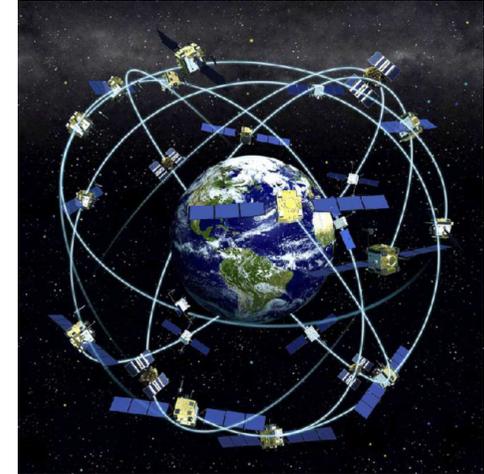
DÉFINITIONS

Levé bathymétrique: levé permettant de calculer la profondeur du fond en un point donné

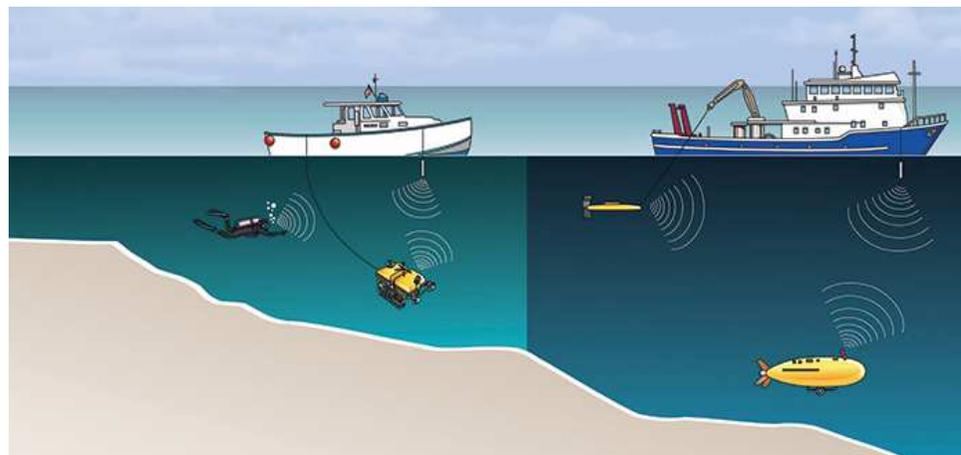


LOCALISATION À LA MER

- GNSS (GPS / GLONASS / GALILEO / ...)
 - naturel : aucune correction
 - SBAS : corrections sur le code C/A du GNSS - système d'augmentation par satellite
 - RTG (PPP) : correction sur la phase des signaux GPS et GLONASS – satellite géostationnaire
 - RTK : correction sur la phase des signaux GNSS – station de référence positionnée sur un point connu
 - Post-traitement : rejeu de l'acquisition avec des données précises (éphémérides, station de référence du RGP,...)



- Positionnement acoustique
 - USBL
 - LBL



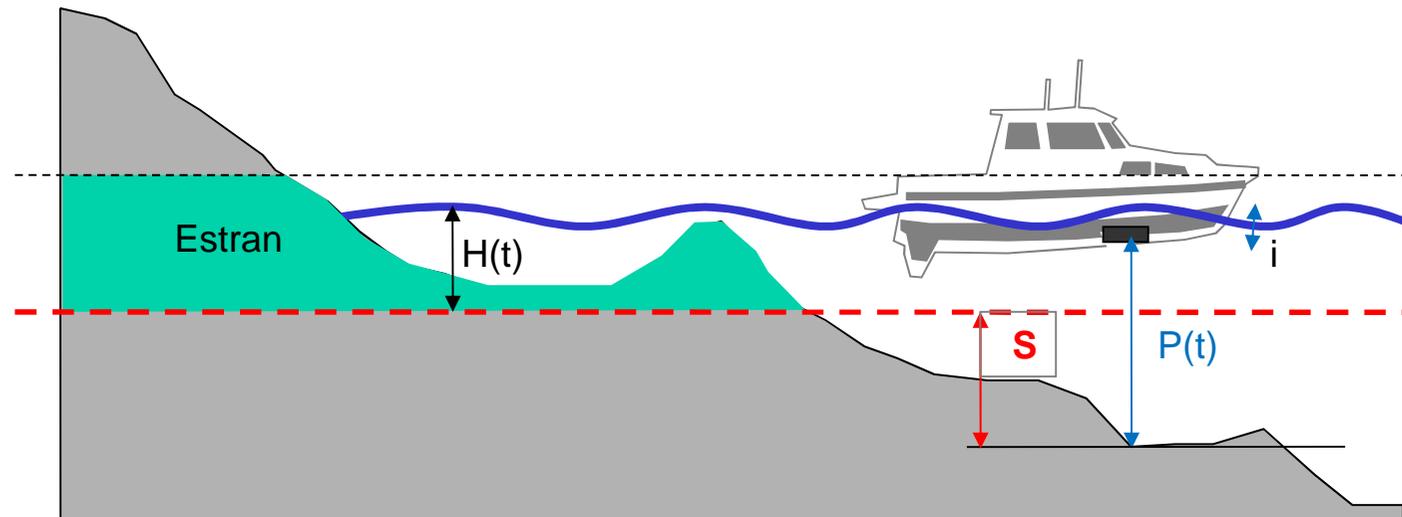
Levés bathymétriques

@Coherent Chronicle

LOCALISATION À LA MER

Type de positionnement	Système géodésique	Compatibilité ordre OHI	Précision horizontale adoptée	Précision verticale
Naturel	WGS84 –G1762 (la plupart des systèmes sont assimilables)	2	20m (ou valeur cible)	30m
RTK (non biaisé)	Celui de la position de la station de référence	Dépend de la précision du point de référence	Somme quadratique de la précision de la station de référence et de « l'éloignement »	
SBAS	Assimilable Systèmes Géodésiques locaux (WGS84, ITRFxx@yyyy,...)	1a	3m	5m
RTG	Celui des stations à terre (ITRFxx@yyyy pour MarineSTAR)	OS	15cm	30cm
Post-traitement	Celui de la position de la station de référence	Dépend de la précision du point de référence	Donné par le post-traitement	
Station libre	Celui des points visés	/	10cm	
Polygonation	Celui du point connu	/	10cm	
Nivellement	/	OS	/	1cm

LE NIVEAU D'EAU PAR RAPPORT AU ZÉRO HYDROGRAPHIQUE



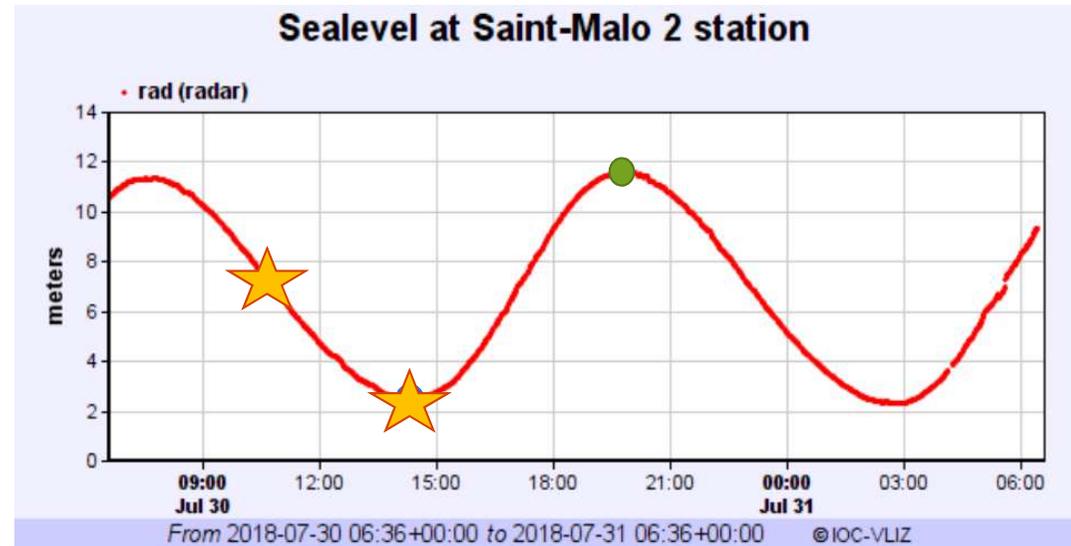
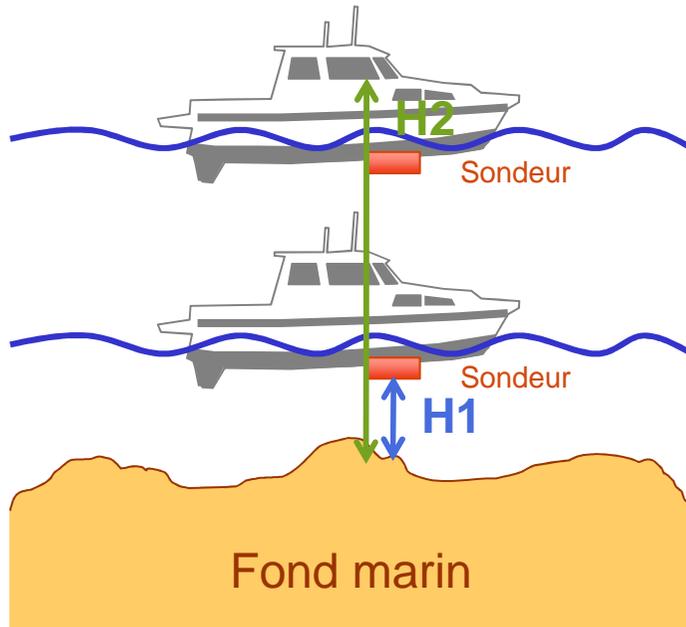
S est la sonde rapportée au zéro hydrographique. Elle se déduit de :

- ✓ la profondeur $P(t)$ mesurée à l'instant t ;
- ✓ la hauteur d'eau à l'instant t , $H(t)$;
- ✓ l'immersion de la base sous la ligne de flottaison, i ,

Par la formule : $S = P(t) - H(t) + i$

LE NIVEAU D'EAU PAR RAPPORT AU ZÉRO HYDROGRAPHIQUE

- Observations directes



*Evolution du niveau d'eau à Saint-Malo
(24 heures)*

- Dérivée de la position GPS
- Prédictions

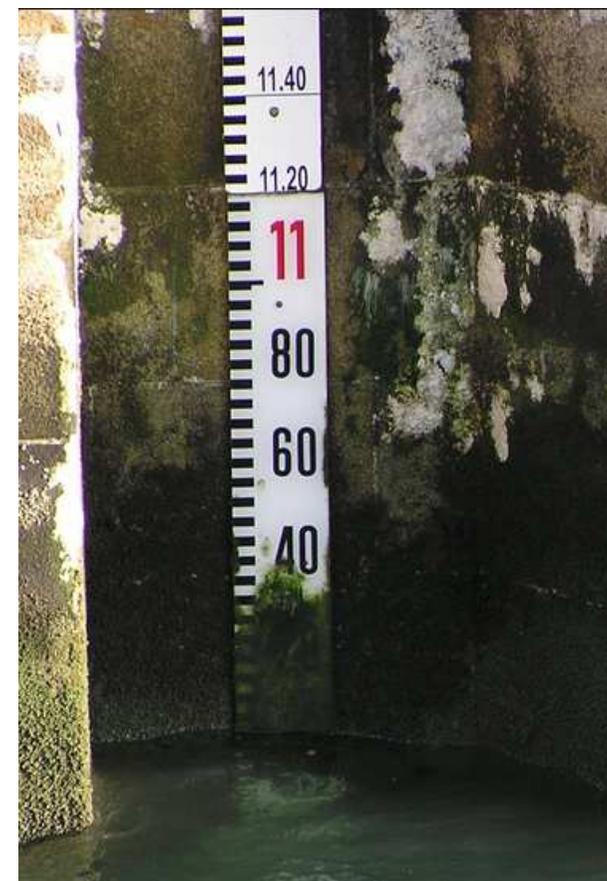
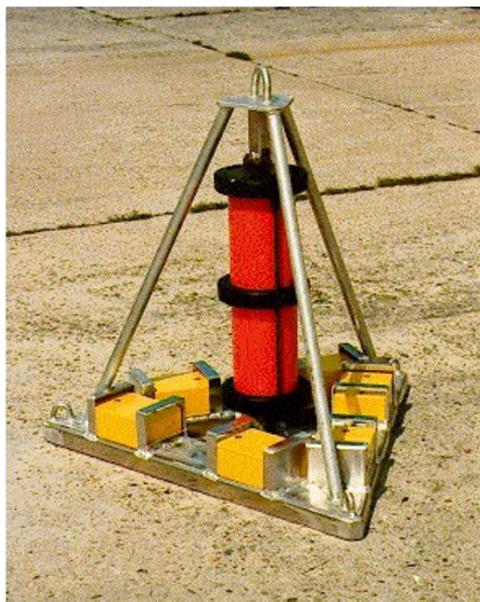


LE NIVEAU D'EAU PAR RAPPORT AU ZÉRO HYDROGRAPHIQUE

MCN (Marégraphe côtier numérique) : Marégraphe permanent installé sur le littoral (données disponibles sur data.shom.fr)

Marégraphe plongeur : Mouillé sur cage ou attaché.

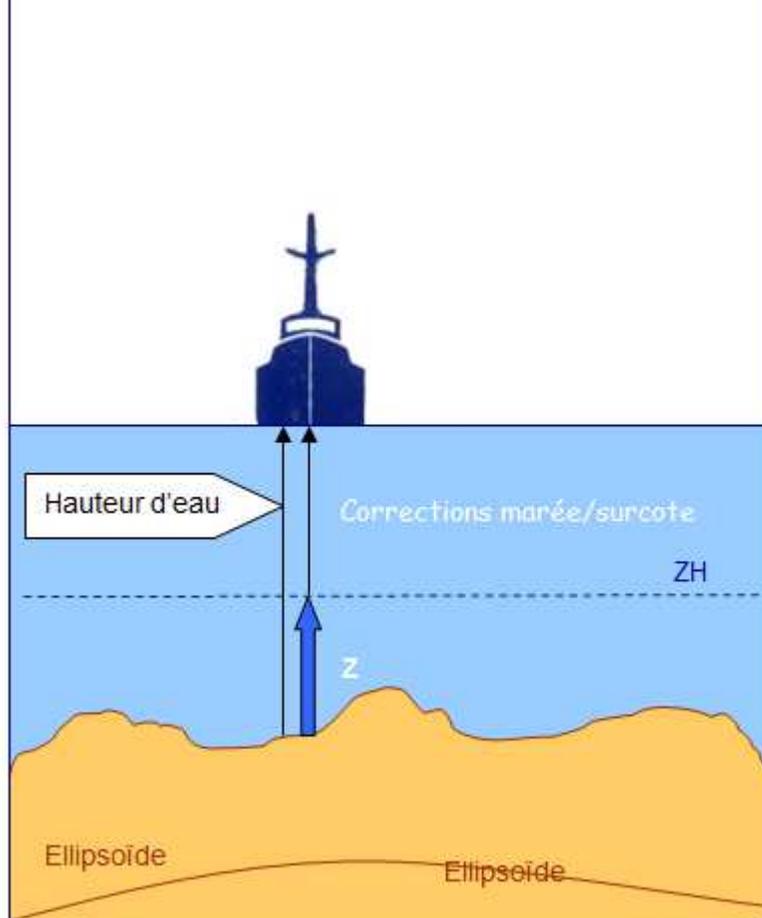
Echelle de marée : Souvent disponible dans les ports.



LE NIVEAU D'EAU PAR RAPPORT AU ZÉRO HYDROGRAPHIQUE

Levé classique

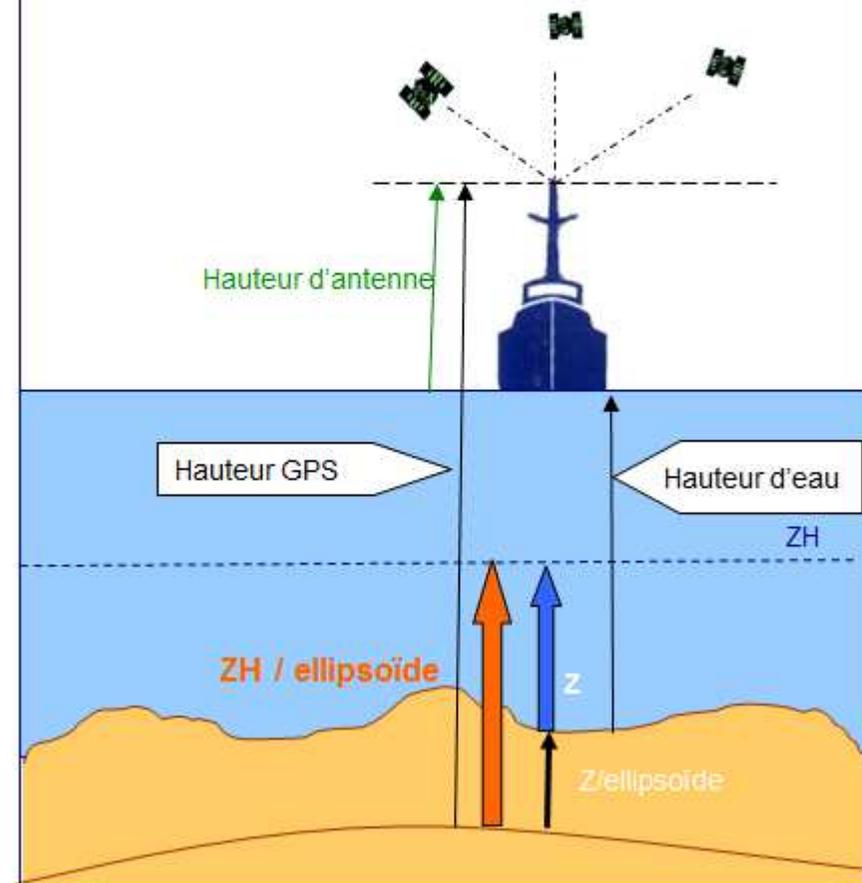
$$Z = \text{Hauteur d'eau} - \text{Marée} - \text{Surcote}$$



Levé GPS

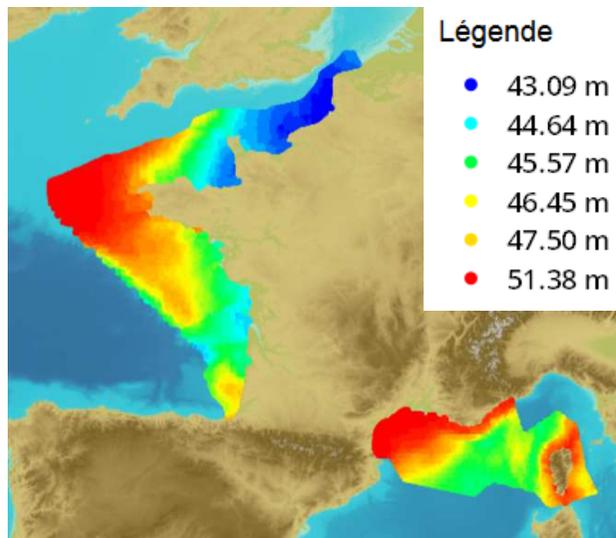
$$Z/\text{ellipsoïde} = \text{Hauteur GPS} - \text{Hauteur d'antenne} - \text{Hauteur d'eau}$$

$$Z = Z/\text{ellipsoïde} - ZH/\text{ellipsoïde}$$

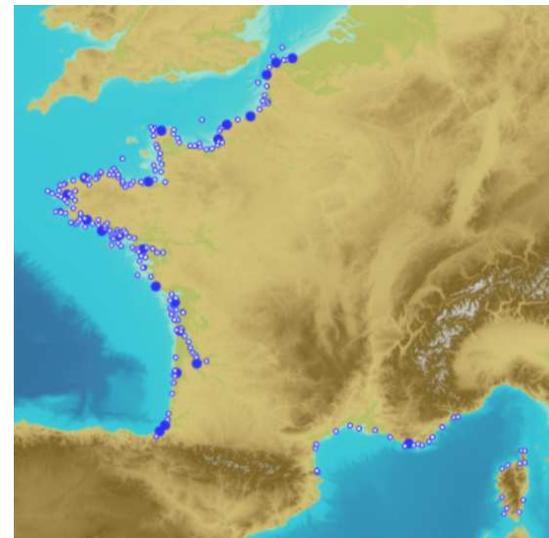


LE NIVEAU D'EAU PAR RAPPORT AU ZÉRO HYDROGRAPHIQUE

- ZH/Ellipsoïde:
 - Valeur ponctuelle : utilisation du RAM en métropole (disponible sur diffusion.shom.fr) (ellipsoïde/ZH ou IGN69/ZH) ou RAM + grille RAF de l'IGN (ellipsoïde/IGN69)
 - Surface : utilisation du modèle Bathyelli (disponible sur data.shom.fr)
- Attention :
 - La solution ponctuelle est valable sur une faible zone autour du port concerné
 - La solution surfacique est un modèle avec ses imperfections !



Levés bathymétriques



ATTITUDE DU PORTEUR

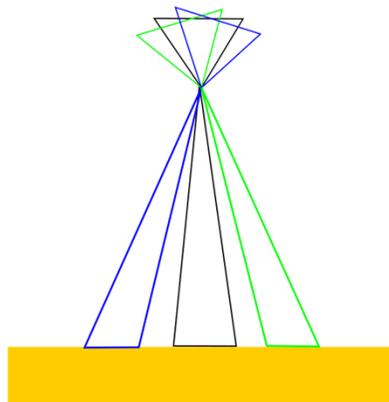
- Inclinomètre



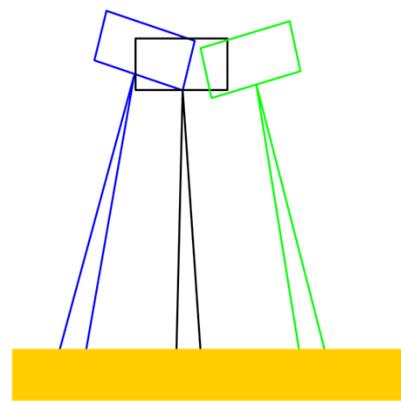
- Centrale inertielle
- Centrale inertielle hybridée avec GPS



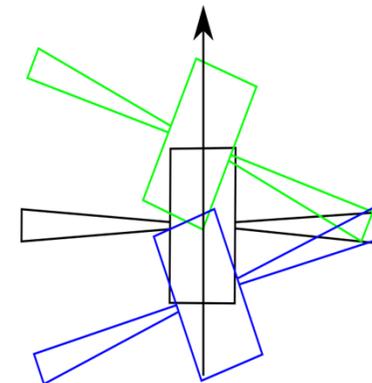
Roulis



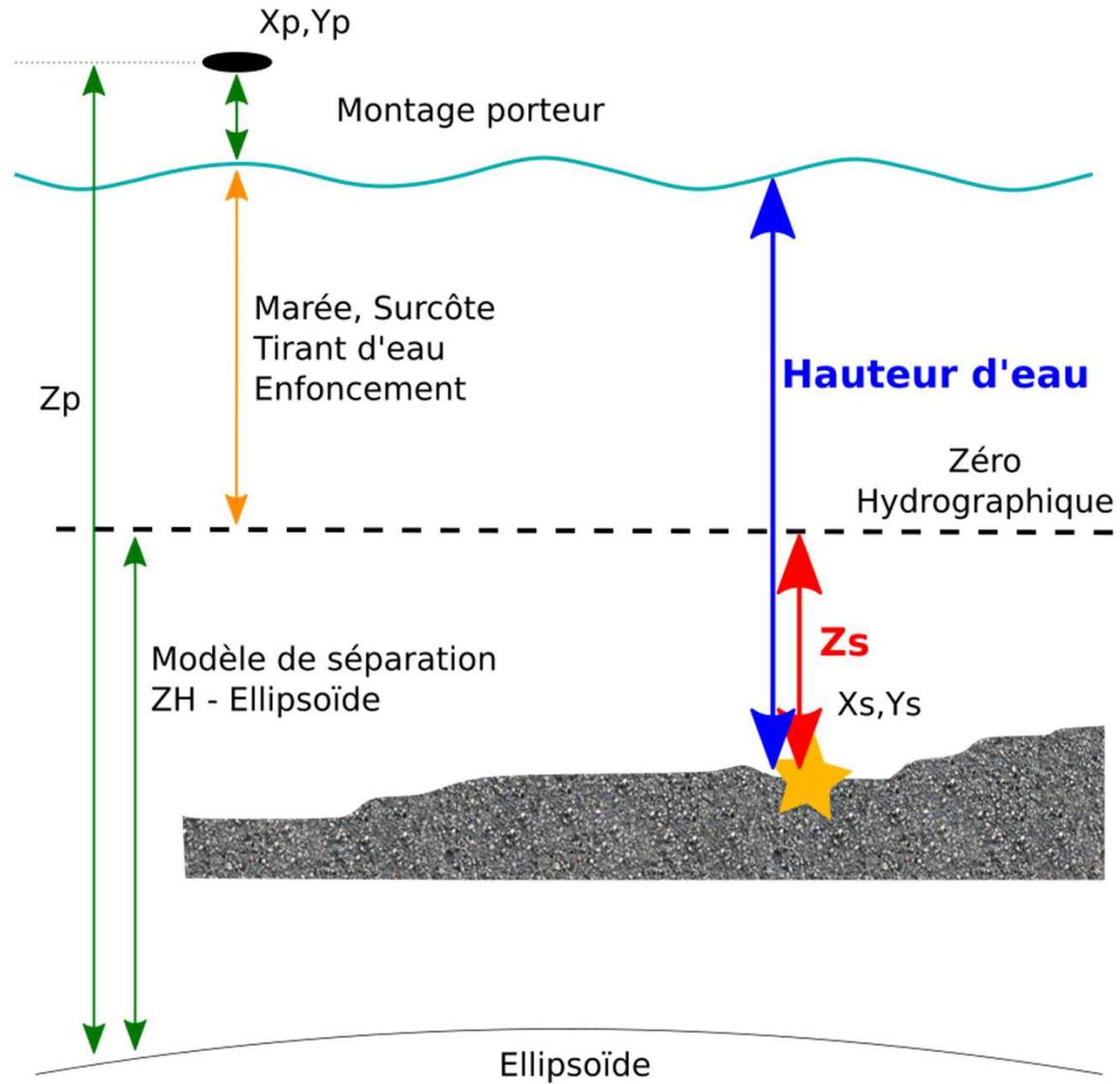
Tangage



Lacet

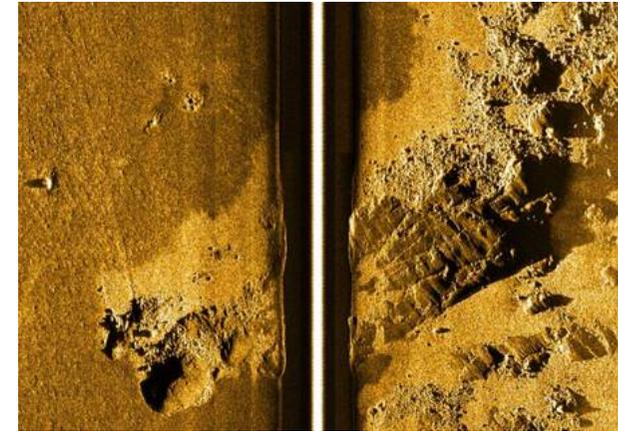
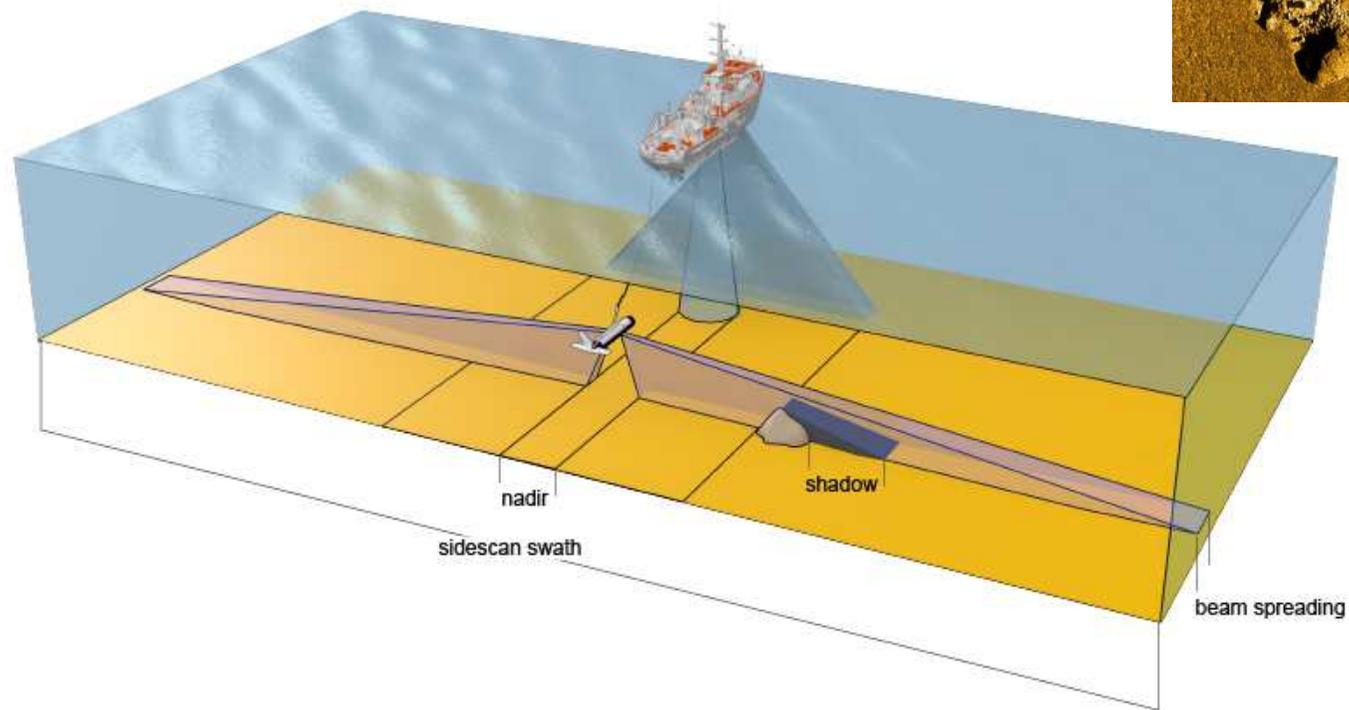


MESURE DE LA HAUTEUR D'EAU



NE MESURE PAS LA HAUTEUR D'EAU

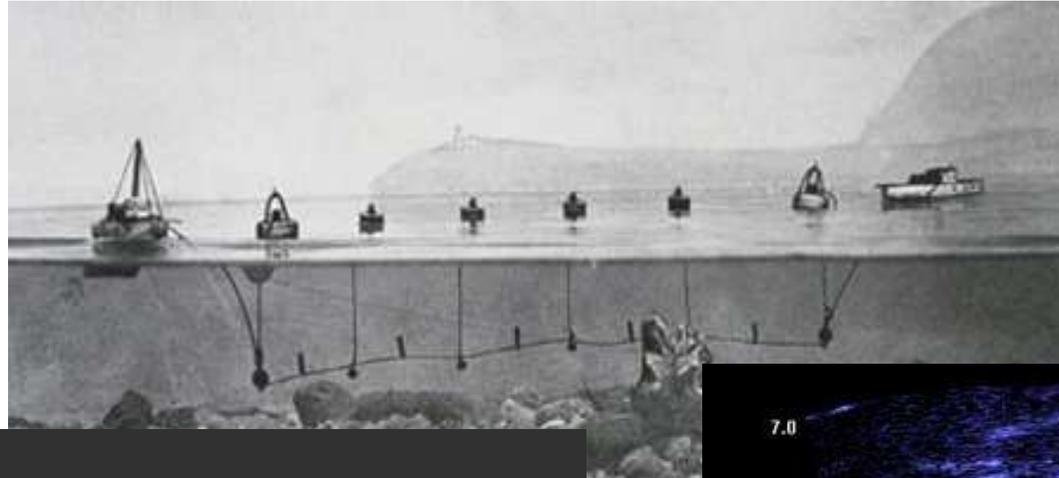
- Le sonar à balayage latéral



@Australian Government

NE MESURE PAS LA HAUTEUR D'EAU

- « Wire drag »
- Photogrammétrie
- Caméra acoustique

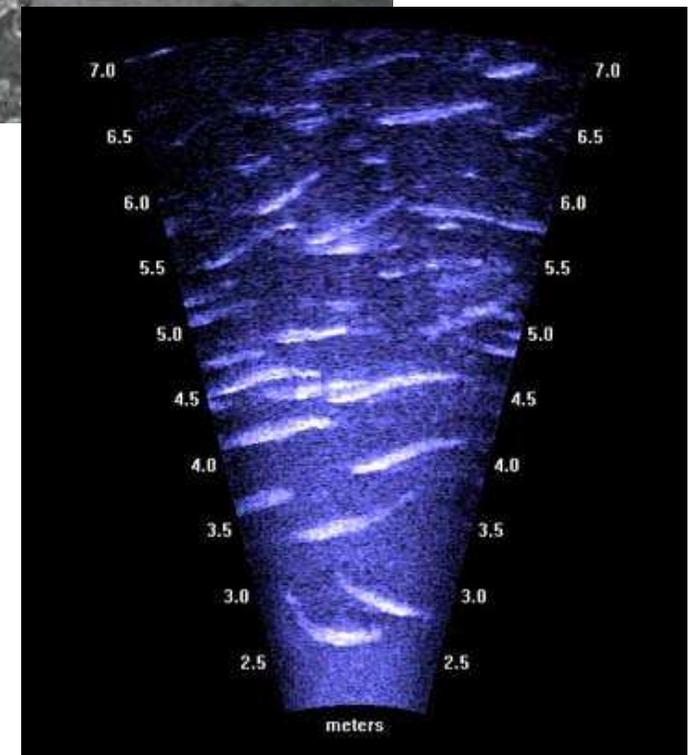


@NOAA



Levés bathymétriques

@photogrammetry.studio

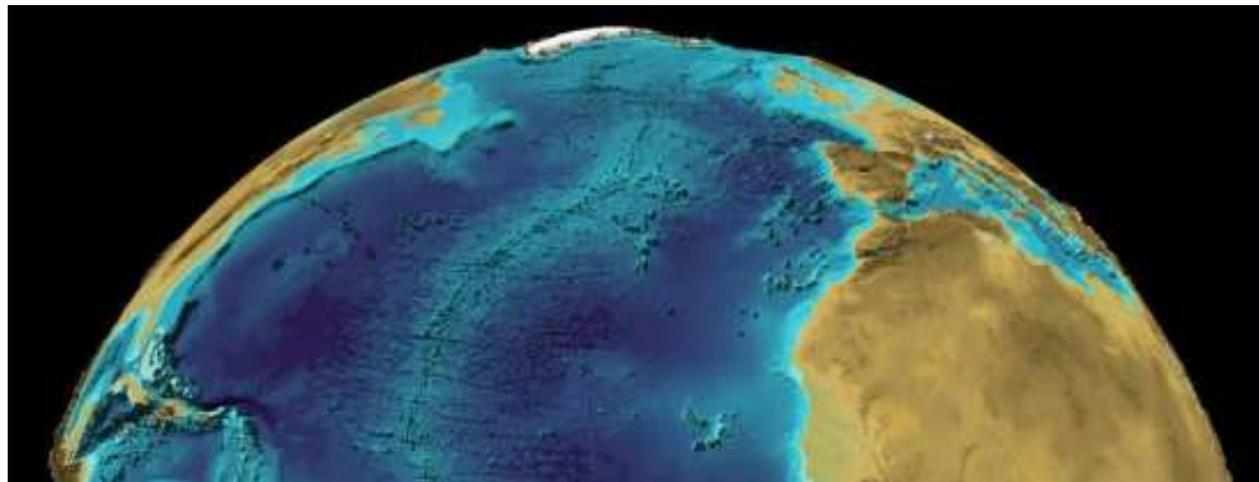
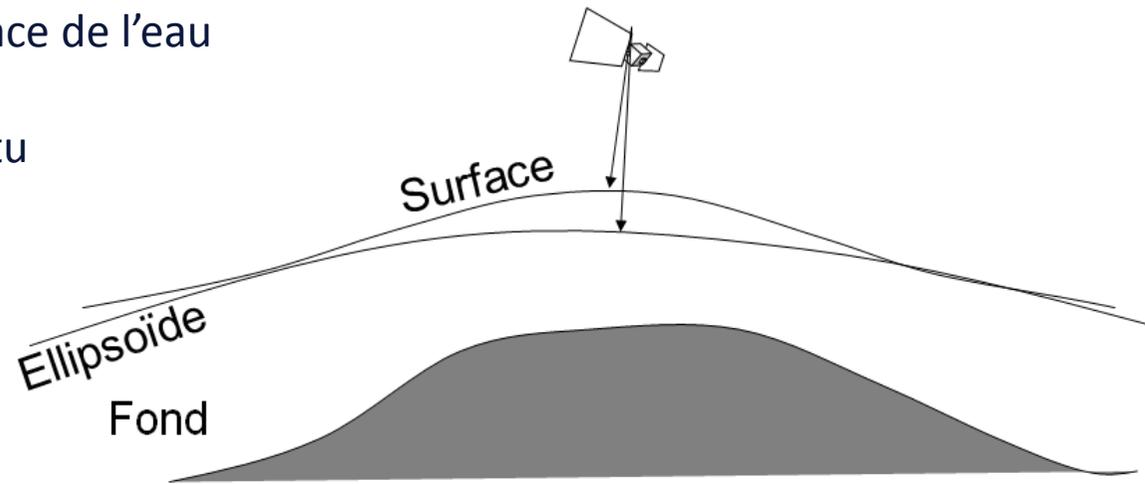


@DIDSON

27.11.19

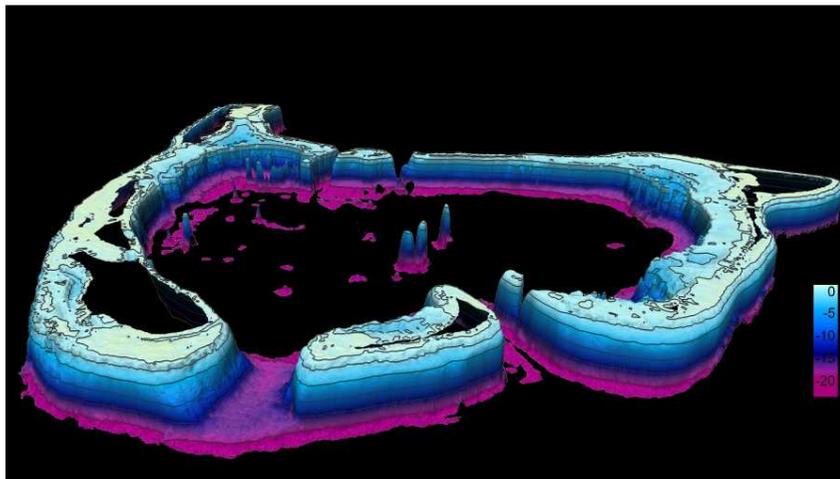
ESTIMATION DE LA HAUTEUR D'EAU: ALTIMÉTRIE SATELLITAIRE

- Modélisation de la topographie du fond à partir de la déformation de la surface de l'eau
- Calage sur des mesures in situ
- Exemple: GEBCO

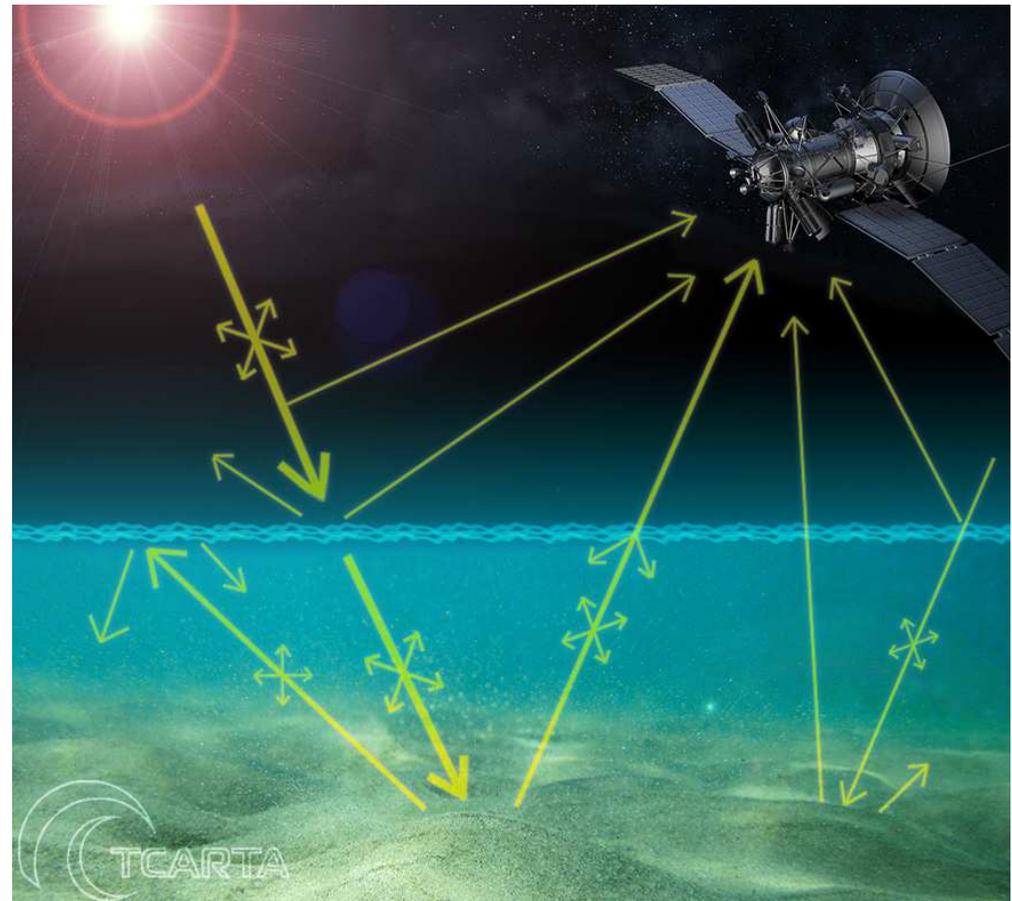


ESTIMATION DE LA HAUTEUR D'EAU: BATHYMÉTRIE DÉRIVÉE PAR SATELLITE

- Modélisation de l'absorption de la lumière par la colonne d'eau et inversion de modèles
- Calage ou non sur des mesures in situ
- Les profondeurs atteintes dépendent des propriétés de la colonne d'eau



Atolls de Tuvalu - EOMAP



MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES DIRECTES

- **Plomb de sonde**

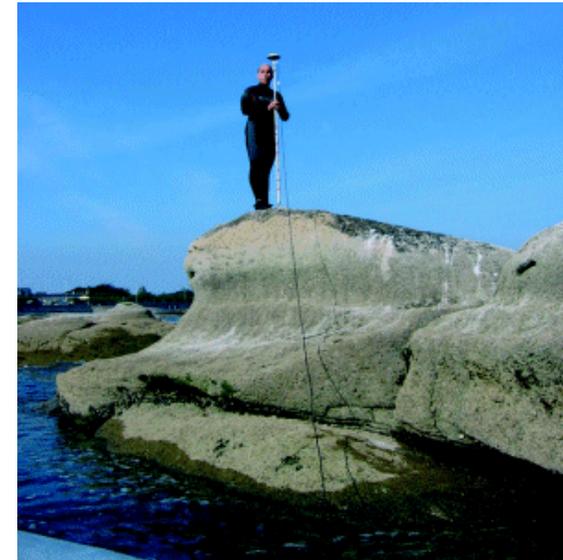


@NOAA



Levés bathymétriques

- **Perche topographique**



- **Plongeur**

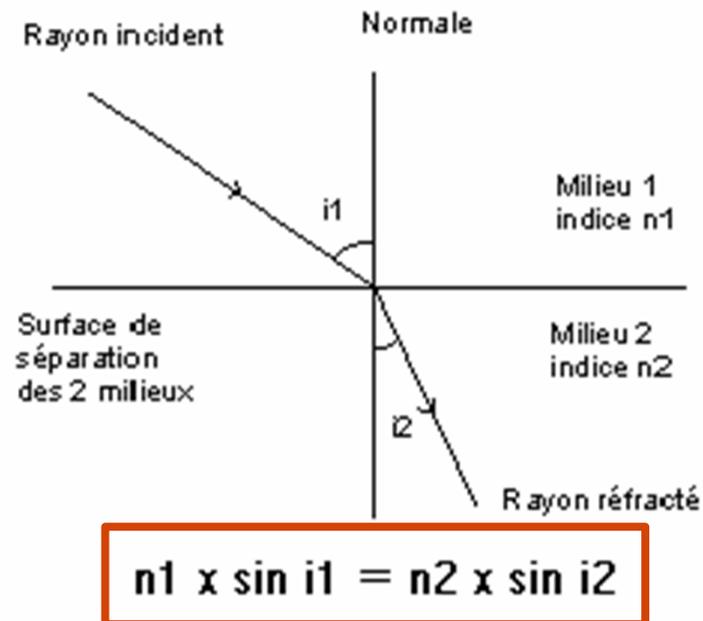


16

27.11.19

MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES – POINT DE PHYSIQUE

- Les ondes et le changement de milieu – Snell Descartes



- Calcul d'une distance à partir d'un temps

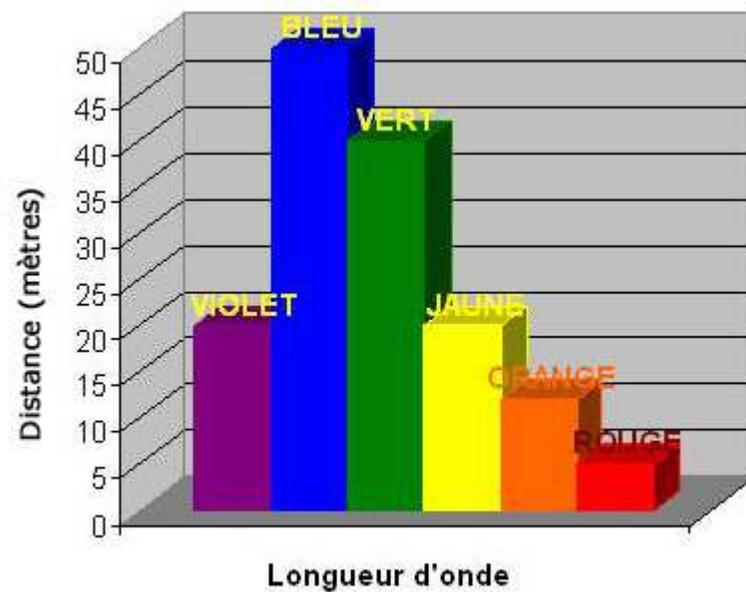
$$\text{Distance} = \text{Temps} \times \text{Vitesse}$$

MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES OPTIQUES

Forte dépendance aux propriétés de la colonne d'eau

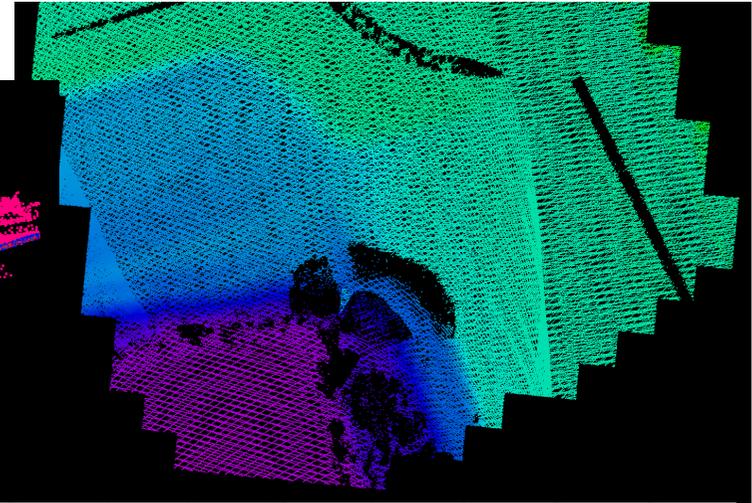
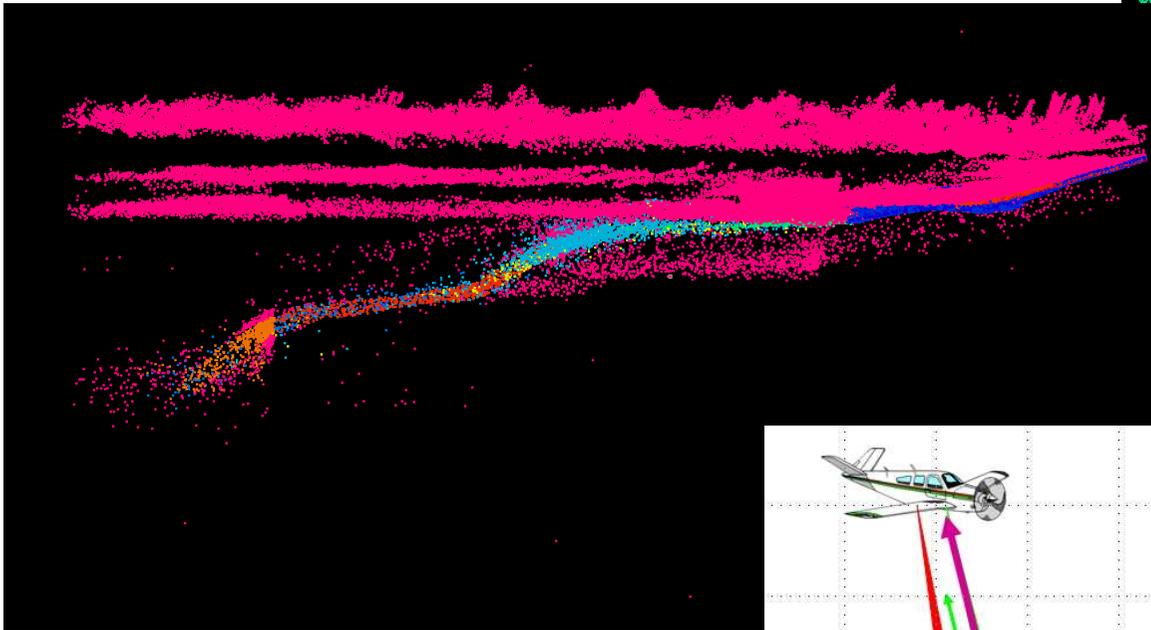
=> absorption importante par le milieu

=> turbidité



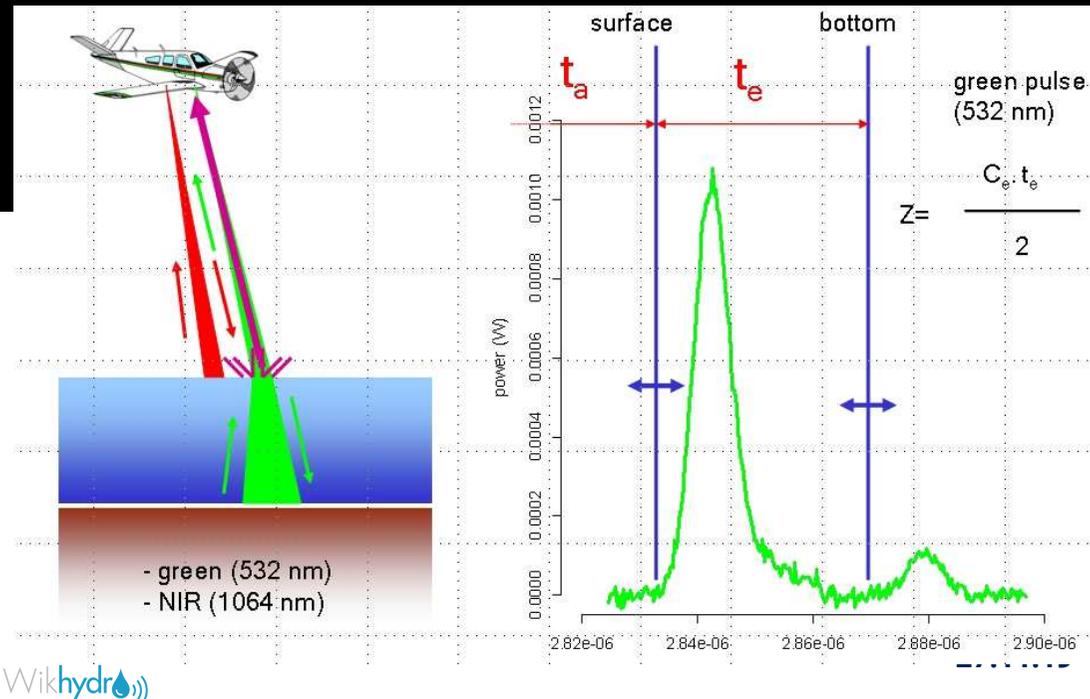
MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES OPTIQUES

• Le LiDAR bathymétrique



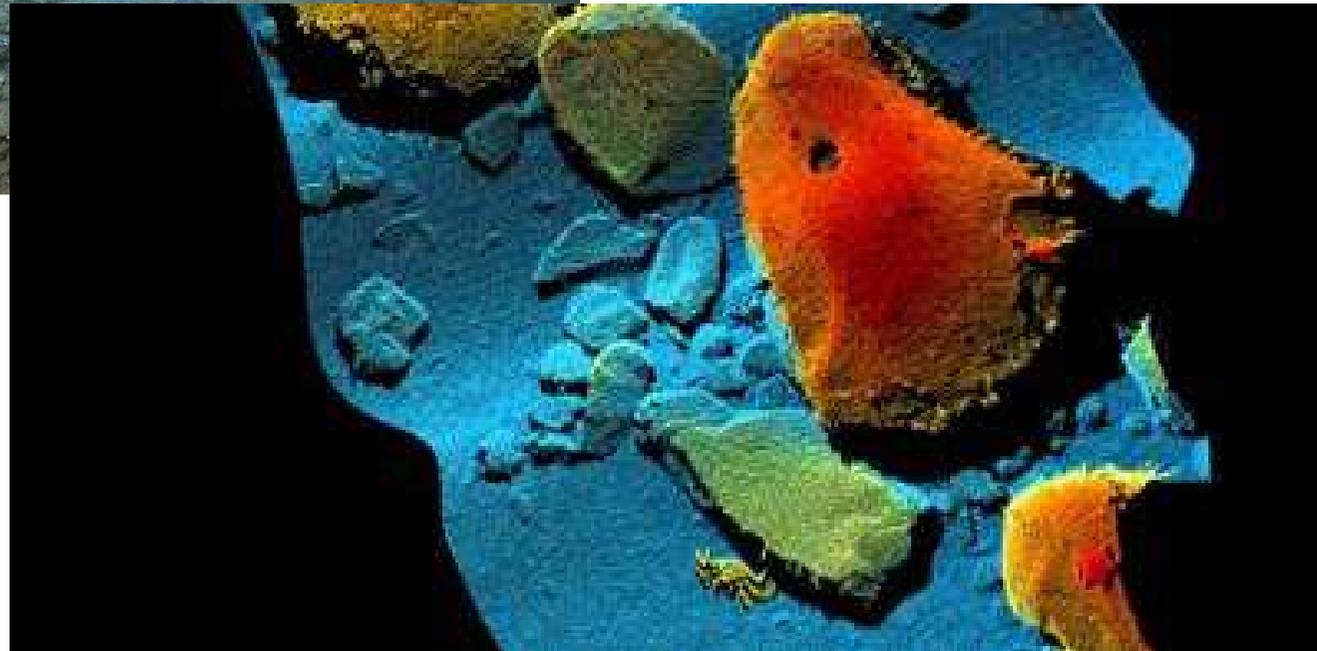
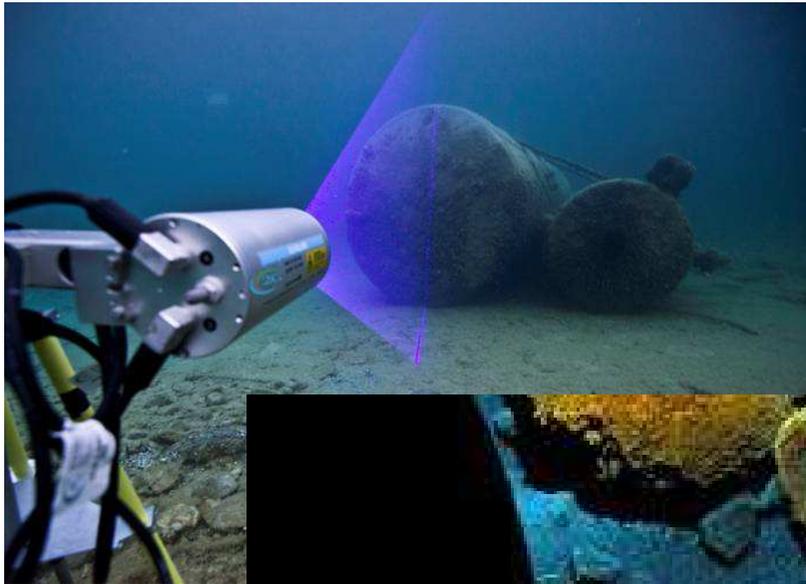
- Pied de faisceau plus ou moins important (jusqu'à 3m environ)
- Longueur d'impulsion importante

Levés bathymétriques



MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES OPTIQUES

- Le Laser sous-marin

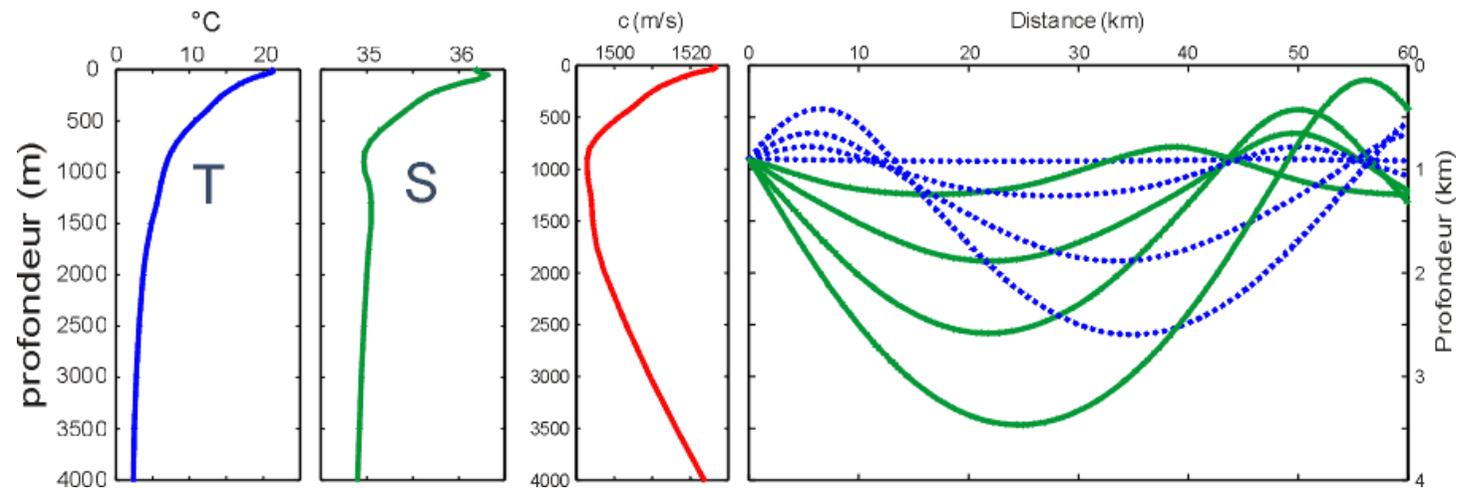
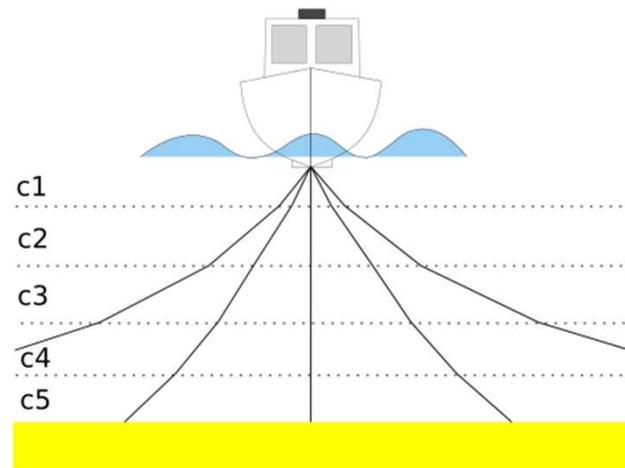


Levés bathymétriques

MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES ACOUSTIQUES

Forte dépendance à la vitesse du son dans l'eau (célérité) qui varie en fonction de:

- la température
- la pression
- la salinité



Levés bathymétriques

MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES ACOUSTIQUES

Bathycélérimètre : Système qui effectue directement une mesure de la célérité pour une onde de haute fréquence sur une distance parfaitement calibrée (typiquement 10 cm). Parallèlement, le système est équipé d'un capteur de pression, afin de déterminer la profondeur.

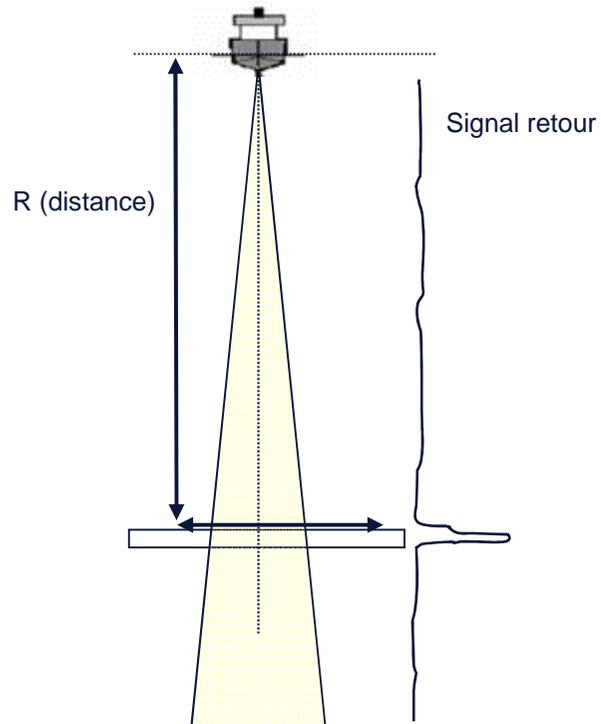
Sondes perdables : XBT => mesure de la température

XCTD => mesure de la température et de la conductivité

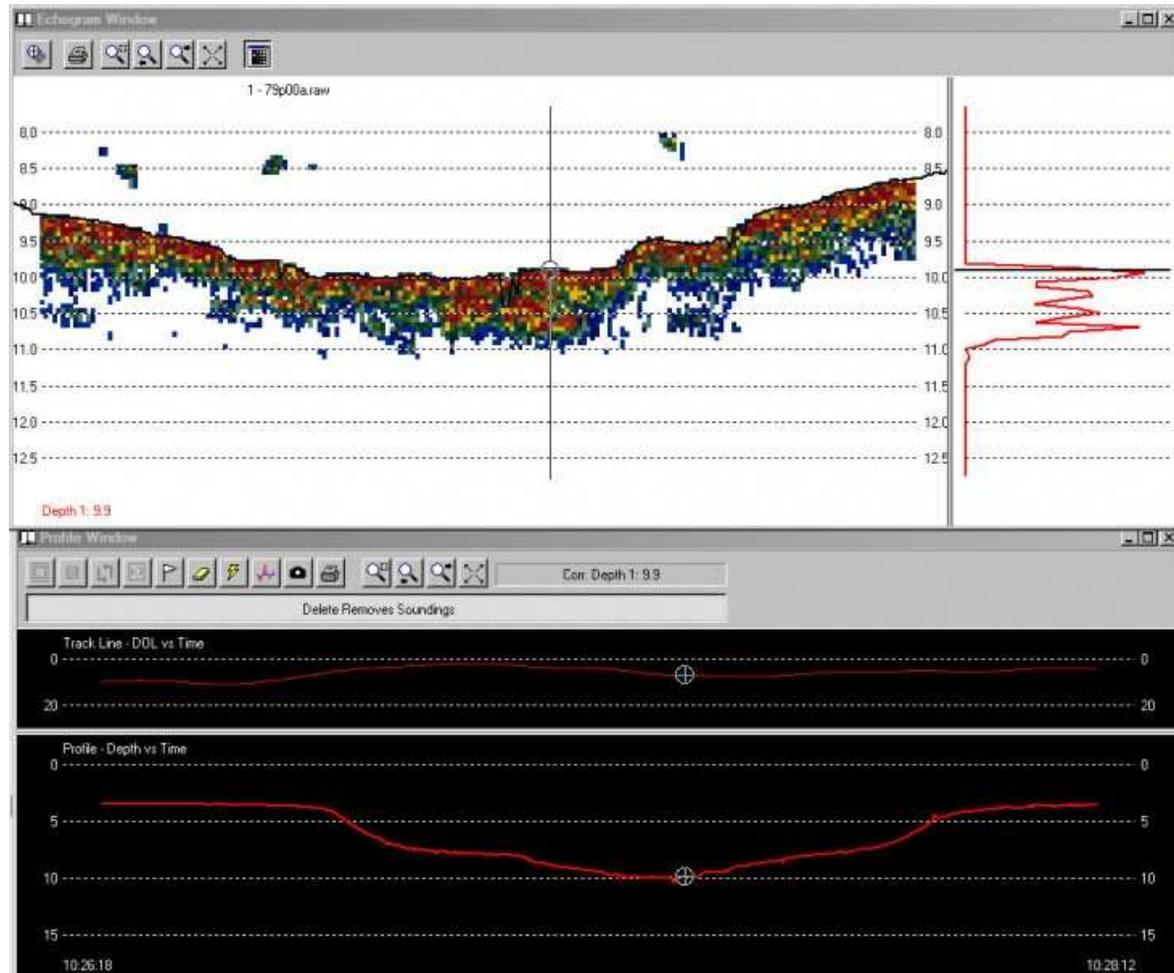


MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES ACOUSTIQUES

- Le sondeur monofaisceau



- Faisceau large
- Uniquement à la vertical du porteur

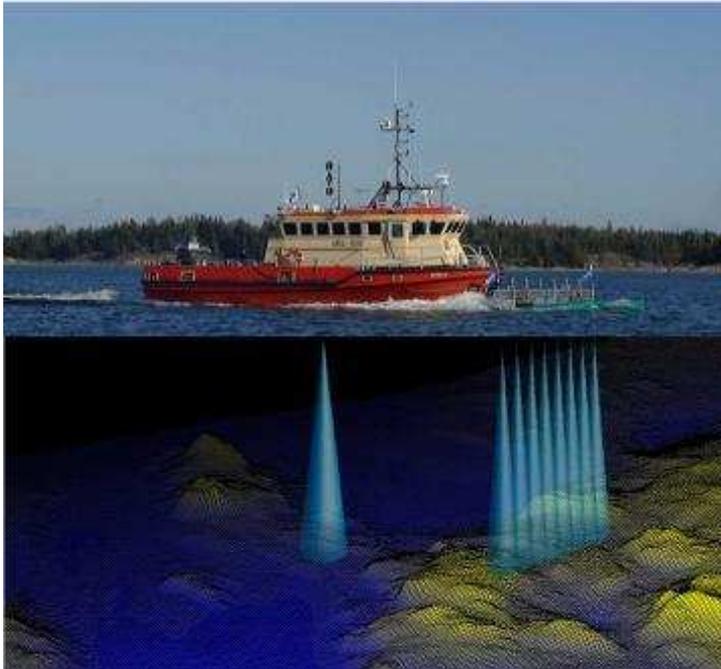


@HYPACK

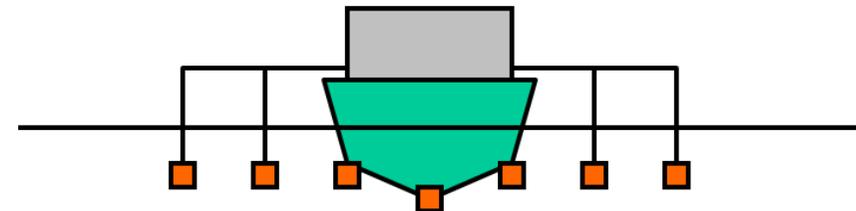
23

MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES ACOUSTIQUES

- Le système multi-transducteurs

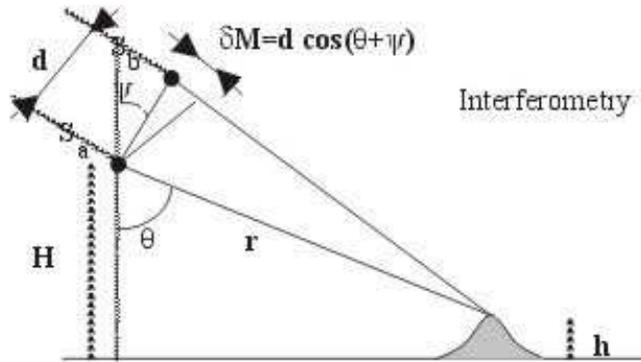


- Faisceau large
- Positionnement des capteurs
- Synchronisation

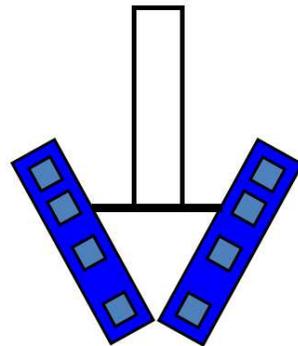


MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES ACOUSTIQUES

- Le sondeur interférométrique

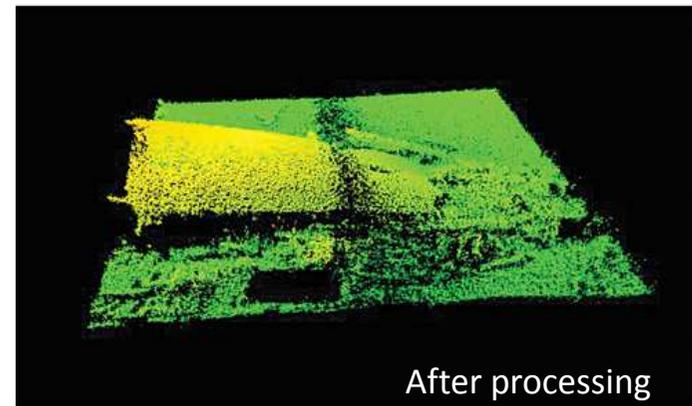
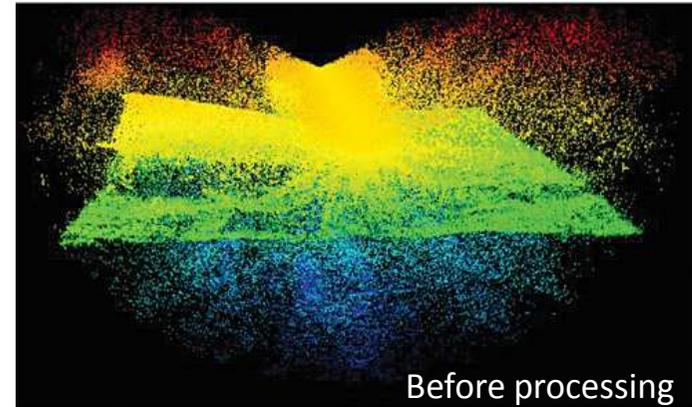


Submetrix 2000



Port side:
4 linear antennas

Starboard side:
4 linear antennas

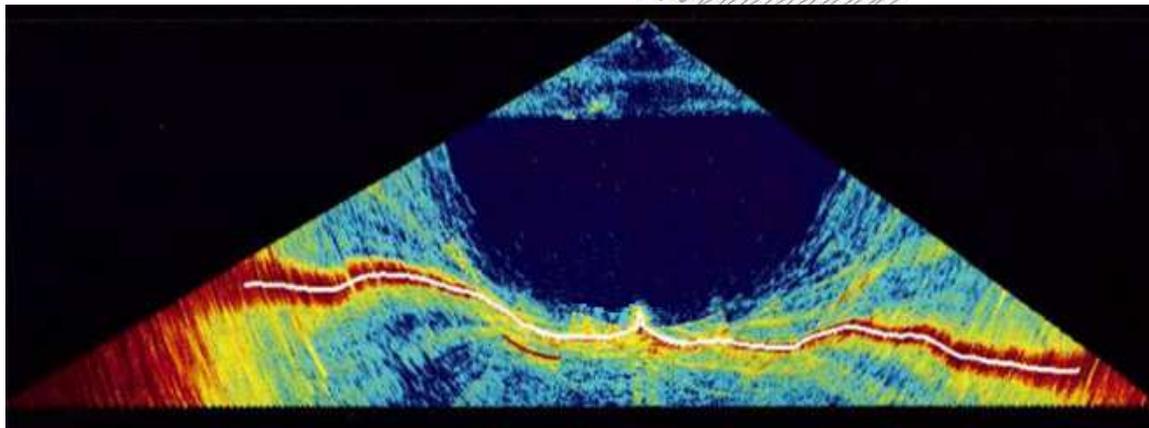
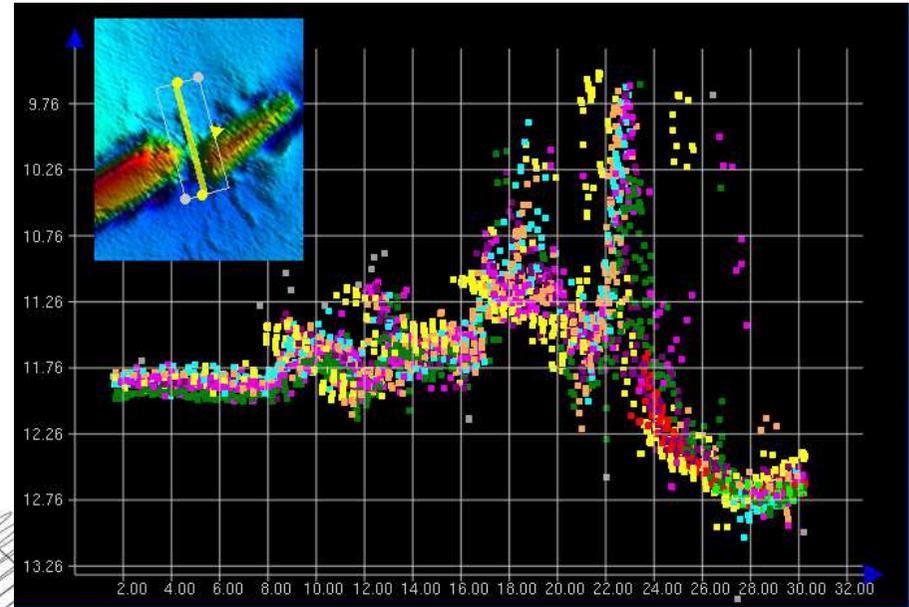
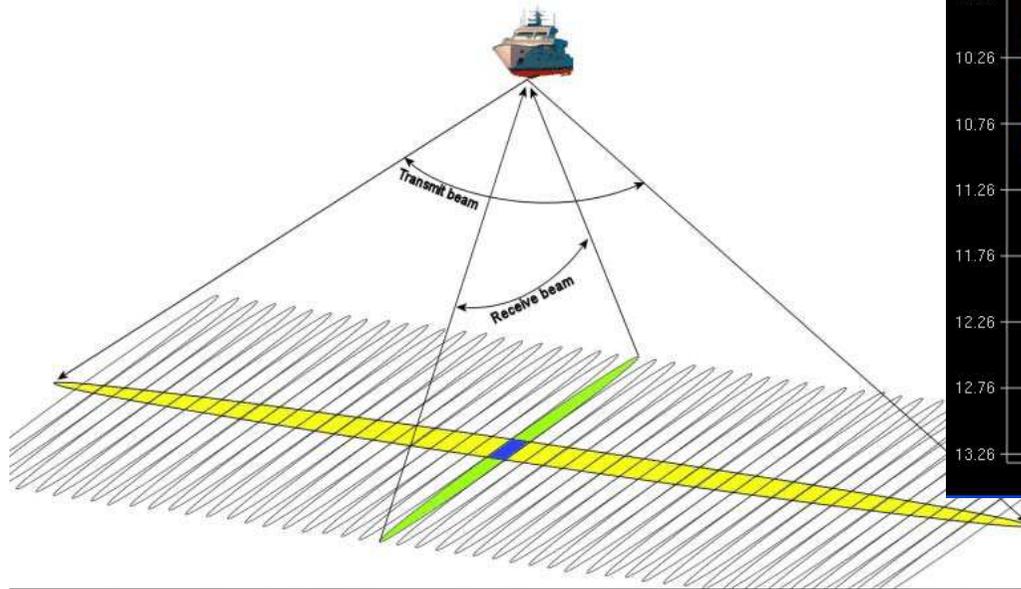


@Hydrographic Ltd

- Technologie complexe
- Très sensible aux bruits

MESURE DE HAUTEUR D'EAU: MESURES INDIRECTES ACOUSTIQUES

- Le sondeur multifaisceau



Levés bathymétriques

- Faisceaux étroits
- Technologie complexe

MESURE DE HAUTEUR D'EAU

Estimation	Mesures Directes	Mesures Indirectes Optiques	Mesures Indirectes Acoustiques
<ul style="list-style-type: none"> • Altimétrie Satellitaire • Bathymétrie Dérivée par Satellite 	<ul style="list-style-type: none"> • Plomb de sonde • Perche topographique • Plongeur 	<ul style="list-style-type: none"> • LiDAR bathymétrique • Laser sous-marin 	<ul style="list-style-type: none"> • Sondeur monofaisceau • Multi-transducteurs • Sondeur Interférométrique • Sondeur Multifaisceau

MESURE DE HAUTEUR D'EAU

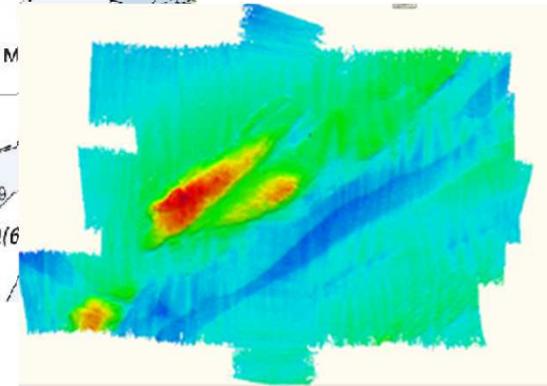
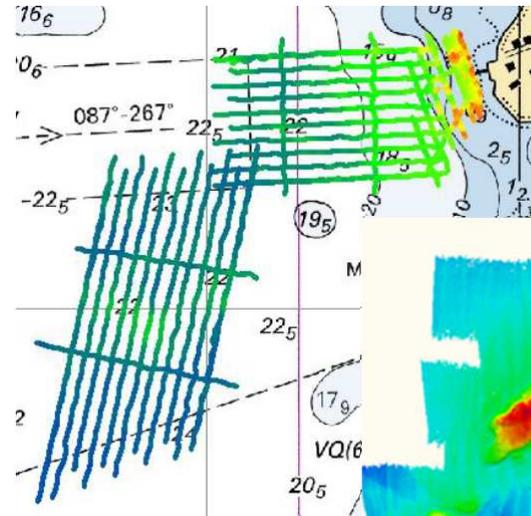
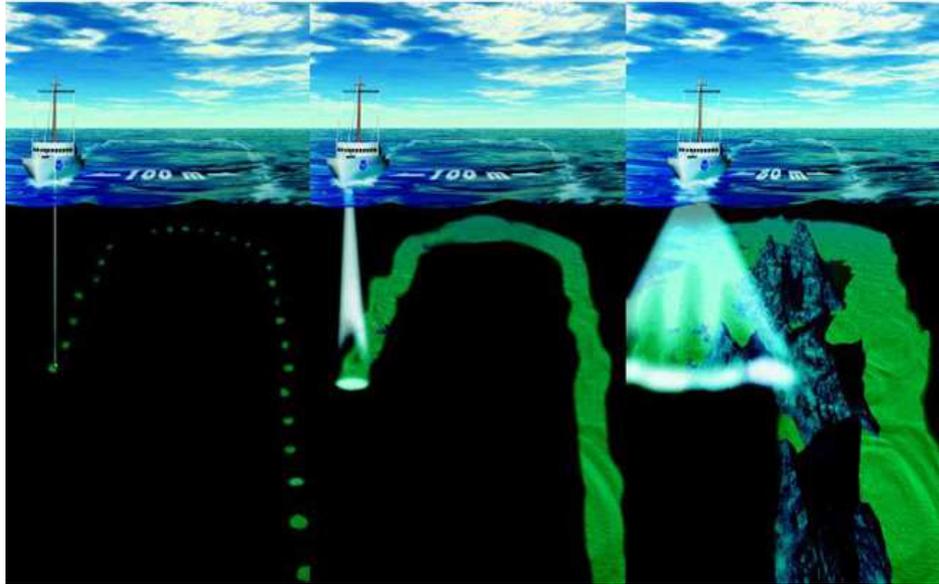
Moyen	Couverture	Confiance
Satellite	+++	---
Plomb de sonde	---	-
Perche topo	---	+++
Plongeur	---	+
LiDAR	++	-
Monofaisceau (+sonal)	- (+)	+ (++)
Multifaisceau	+	+++
Multi-transducteur (mono)	+	+

COUVERTURE DU LEVÉ

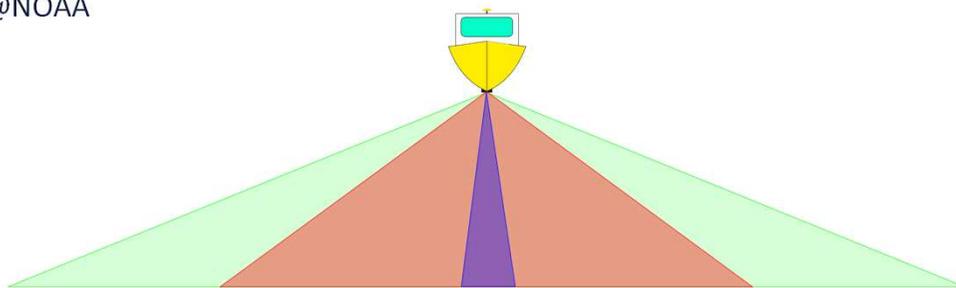
Leadline

Single Beam

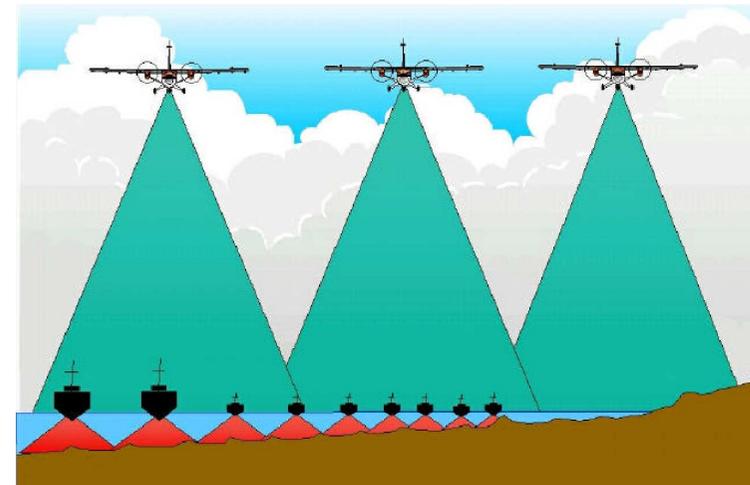
Multibeam



@NOAA



-  Single-Beam Echo-Sounder
-  Multi-Beam Echo-Sounder
-  Interferometric Sonar



Levés bathymétriques

DENSITÉ DU NUAGE DE POINTS

20180524_NP_SHOM-GHOA_98-OHI-1ASIMPLE-INSONIFICATION-SONDEURS-MULTIFAISCEAUX

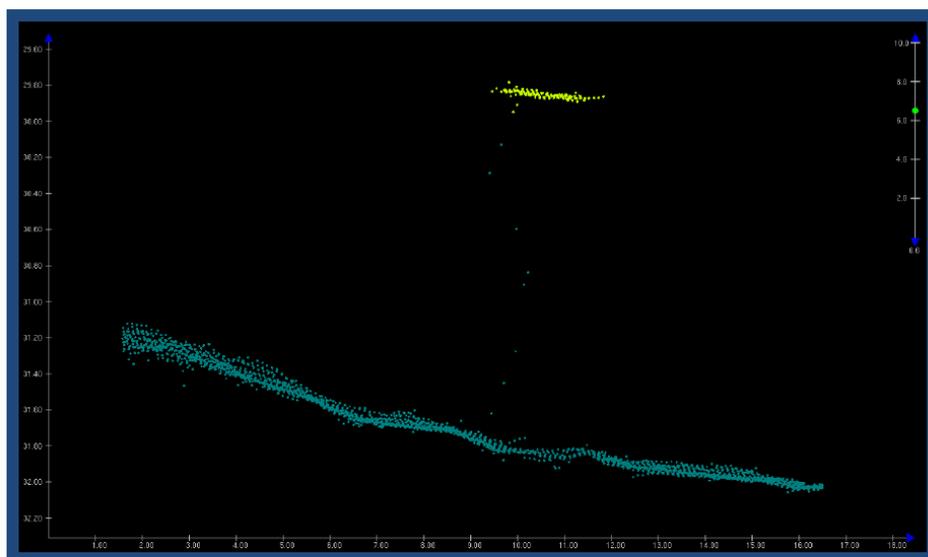


Figure 2 : Vue issue du module « Subset Editor » de Caris HIPS&SIPS 9.1 pour le passage à l'aplomb du cube en mode recherche (2*30° d'ouverture).

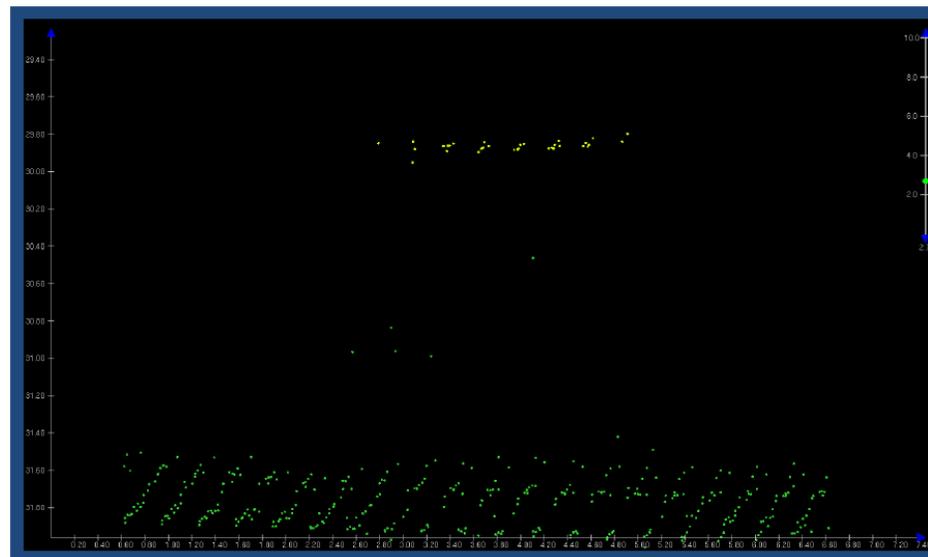


Figure 4 : Vue issue du module « Subset Editor » de Caris HIPS&SIPS 9.1 pour le passage à l'aplomb du cube en mode opérationnel (2*60° d'ouverture).

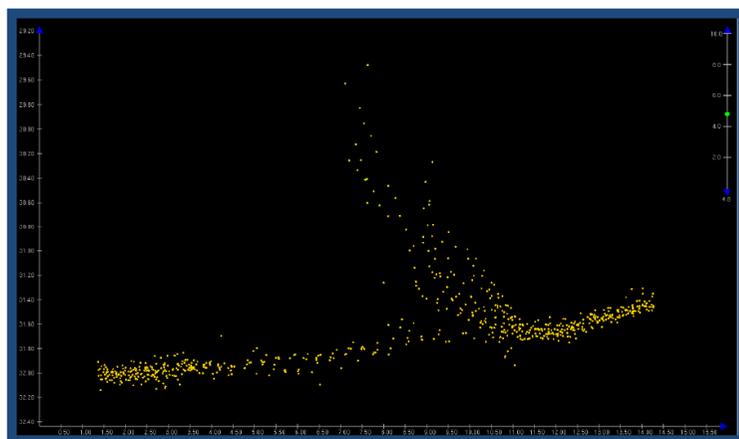


Figure 4 : Vue issue du module « Subset Editor » de Caris HIPS&SIPS 9.1 pour le passage à babord du cube.

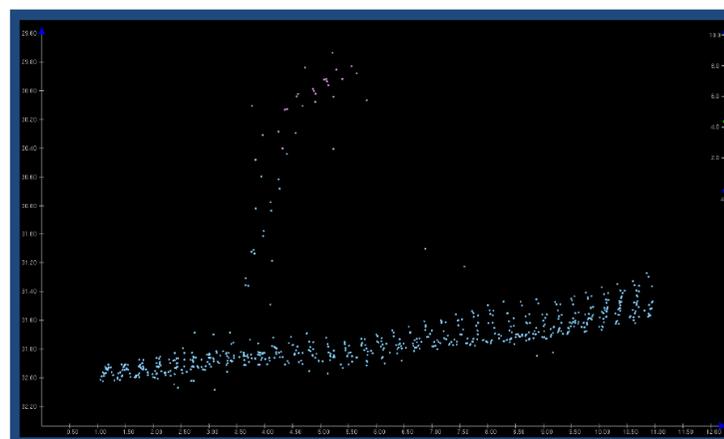


Figure 6 : Vue issue du module « Subset Editor » de Caris HIPS&SIPS 9.1 pour le passage à tribord du cube.

EXPLORATION ET RECOUVREMENT

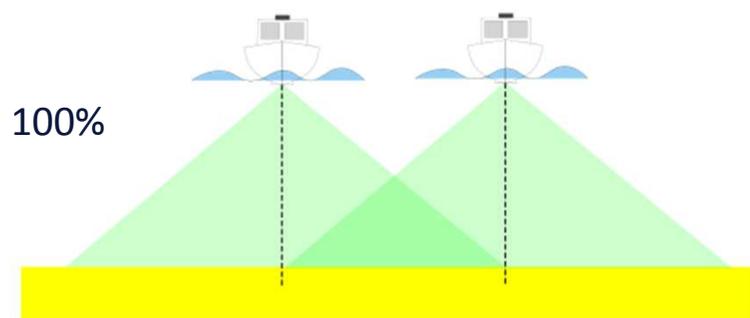
- S44 3.6 Densité des sondes / Espacement entre profils

Lors de la définition de la densité de sondes, il faut tenir compte aussi bien de la nature du fond dans la zone que des besoins de la sécurité de la navigation de surface, afin d'assurer une *investigation du fond* adéquate.

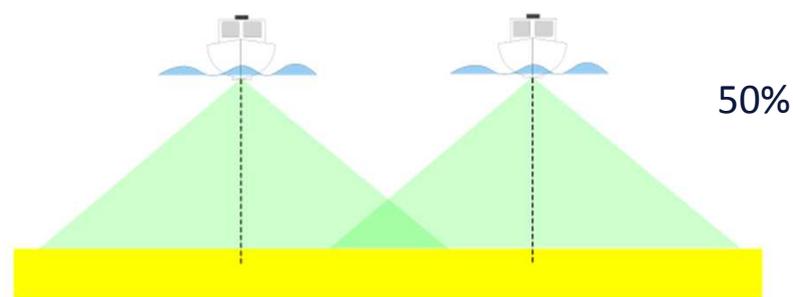
Pour les levés d'ordre spécial et d'ordre 1a, aucun écart maximum recommandé entre profils n'est fourni du fait de l'exigence primordiale de l'*exploration complète du fond*.

L'*exploration complète du fond* n'est pas requise pour les ordres 1b et 2 et le [tableau 1](#) recommande un espacement maximum entre profils (ordres 1b et 2) ainsi qu'une densité de points pour le LIDAR bathymétrique (ordre 1b). Lors d'un levé, il est nécessaire d'évaluer la nature du fond dès que possible afin de décider si l'espacement entre profils ou la densité de points du LIDAR, dans le tableau 1, devrait être réduit ou augmenté.

- Recouvrements et espacements entre profils



Levés bathymétriques



MERCI !

