



FICHE TECHNIQUE n° 01 (corr 1)

Marseille, le 30/09/2025

EMPLOI OPERATIONNEL DES DONNEES DU SONDEUR

SYNTHESE :

Éléments à prendre en compte pour une utilisation efficace du sondeur.

Objectif : Connaître les éléments clés utilisés pour gérer la sécurité de la navigation à partir des données du sondeur.

SOMMAIRE

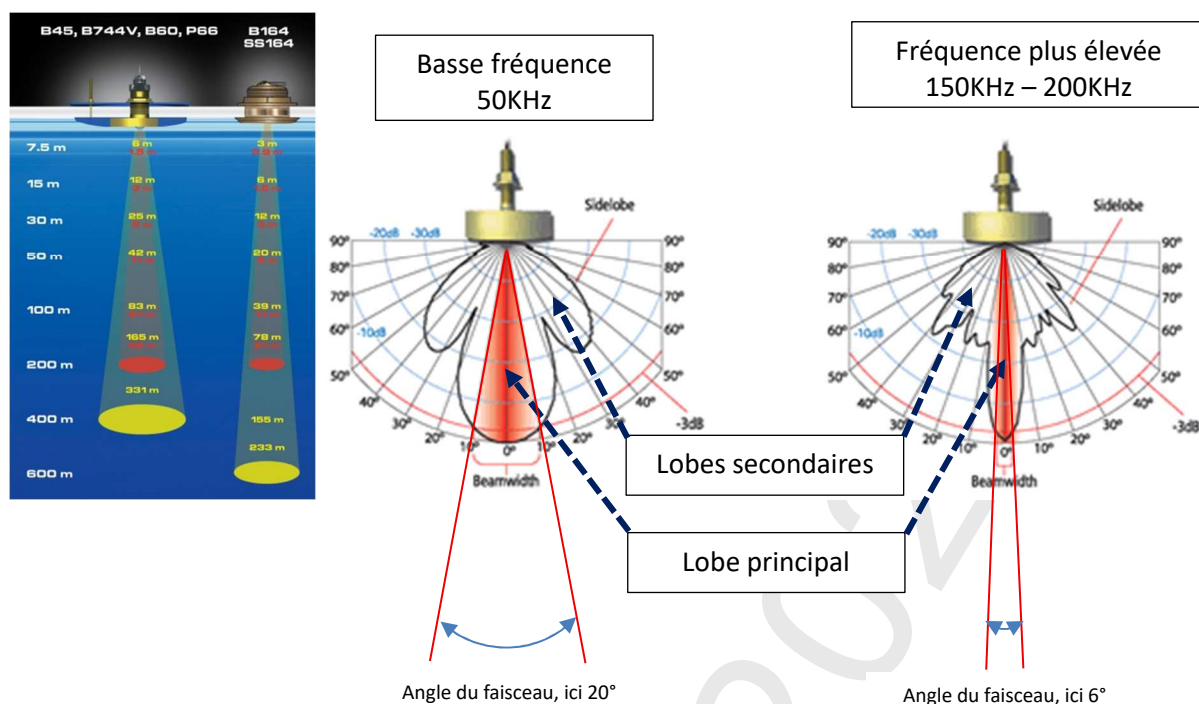
Table des matières

1 - TOUT SYSTEME A SES LIMITES.....	2
1.1 - Le cône appelé aussi faisceau	2
1.2 - Réverbération ou rétrodiffusion et absorption de la sédimentation du fond marin.....	4
2 - CARACTERISTIQUES DE VOTRE SONDEUR.....	5
3 - FOND SOUS LA QUILLE DE GARDE.....	6
3.1 - Intégration des lignes de sonde dans le choix de votre Fond Sous La Quille de Garde (FSLQG).....	6
3.2 - Lignes de sonde à distribution continue	7
3.3 - Lignes de sonde à distribution discontinue.....	7
4 – AIDE A LA NAVIGATION	8
5 – REDUCTION DE L'INCERTITUDE DE L'ESTIME.....	8
6 - LIGNES GARDE FOU	10
7 - RECALAGE POSITION PAR LIGNES DE SONDE.....	11

1 - TOUT SYSTEME A SES LIMITES

Voici quelques éléments de base qui vous permettront d'analyser globalement les données fournies par le sondeur.
Les caractéristiques intrinsèques de la sonde :

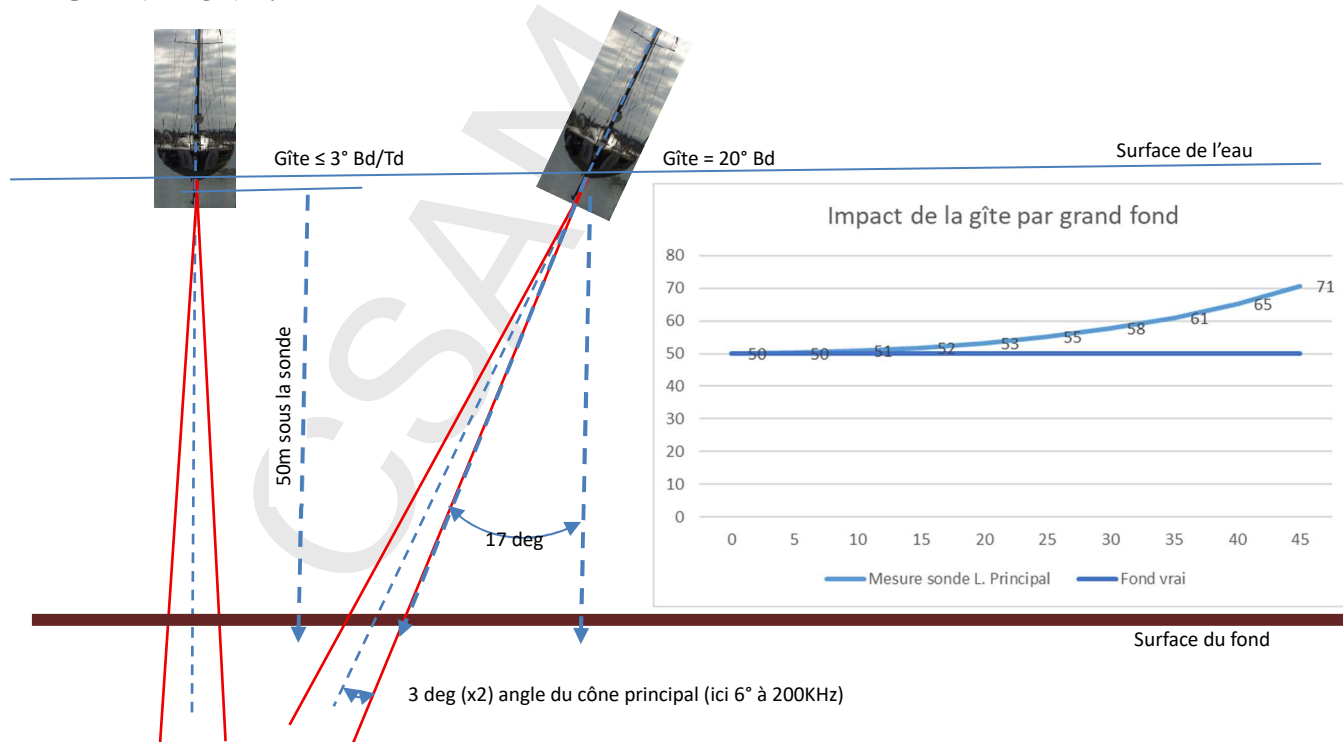
1.1 - Le cône appelé aussi faisceau



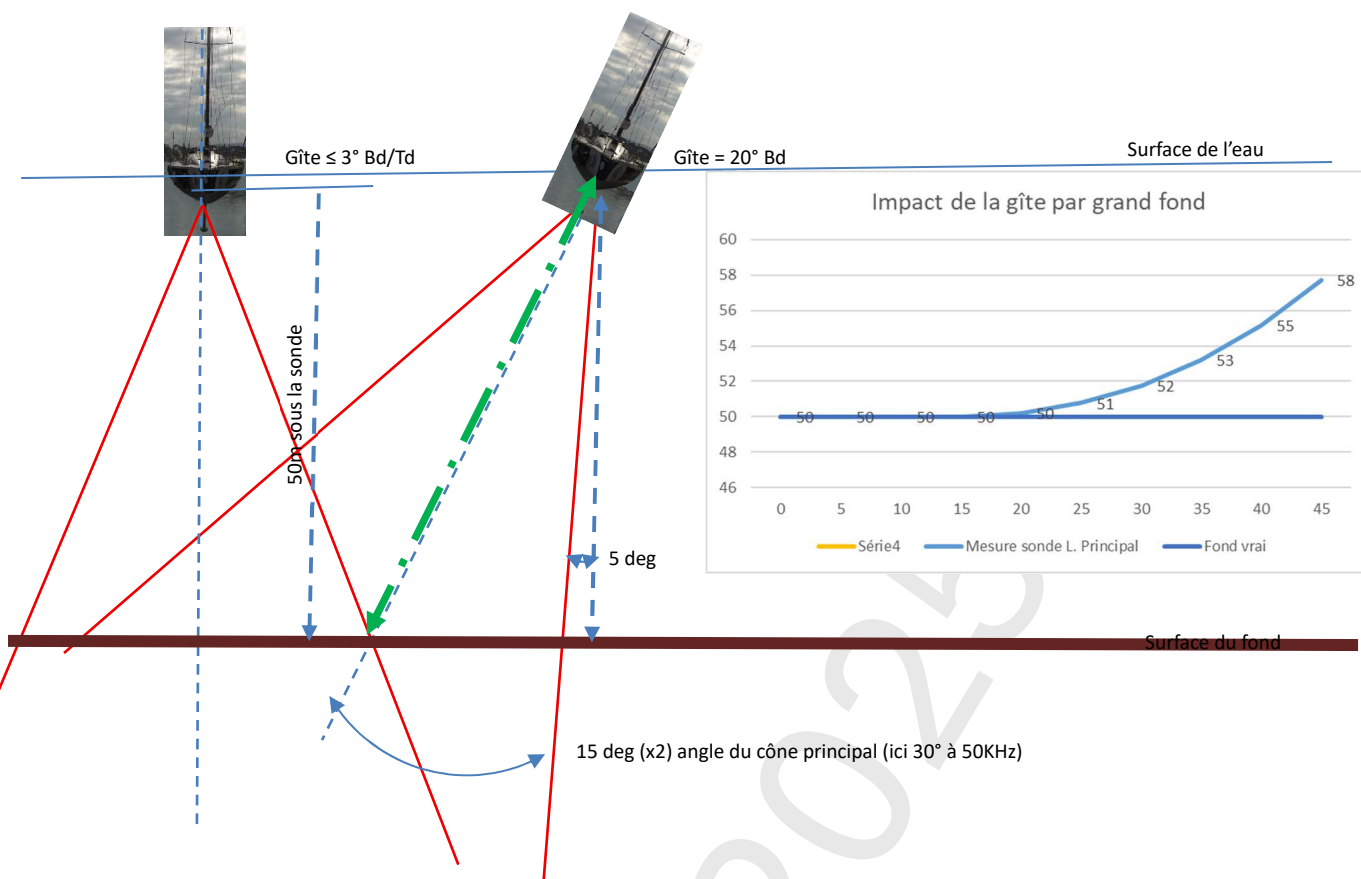
Nous constatons :

- 1/ que l'angle du faisceau augmente pour les basses fréquences et devient fin pour les hautes fréquences.
 - 2/ Les lobes secondaires sont également plus fins dans les hautes fréquences.
 - 3/ Le lobe principal est l'élément principal (direction et énergie) pour l'onde acoustique (ou ping).
- Quel est l'impact ?

PAR GRAND FOND :



Si votre voilier est équipé d'un sondeur 50 KHz – angle du faisceau 30°, le problème est bien moindre.
Démonstration :



Ceci est valable par grands fonds (où l'on cherche loin), seul le lobe principal peut aller aussi profond, mais il y a le biais de la gîte. Donc lorsque l'on cherche profond, on minimise la gîte.

CONCLUSION : sur un sondeur basique, la gîte (lorsque supérieure à la moitié de l'angle du faisceau) a un effet important par « grand fond » (valeur max annoncée par le constructeur) dans la mesure affichée qui est supérieure au vrai fond...

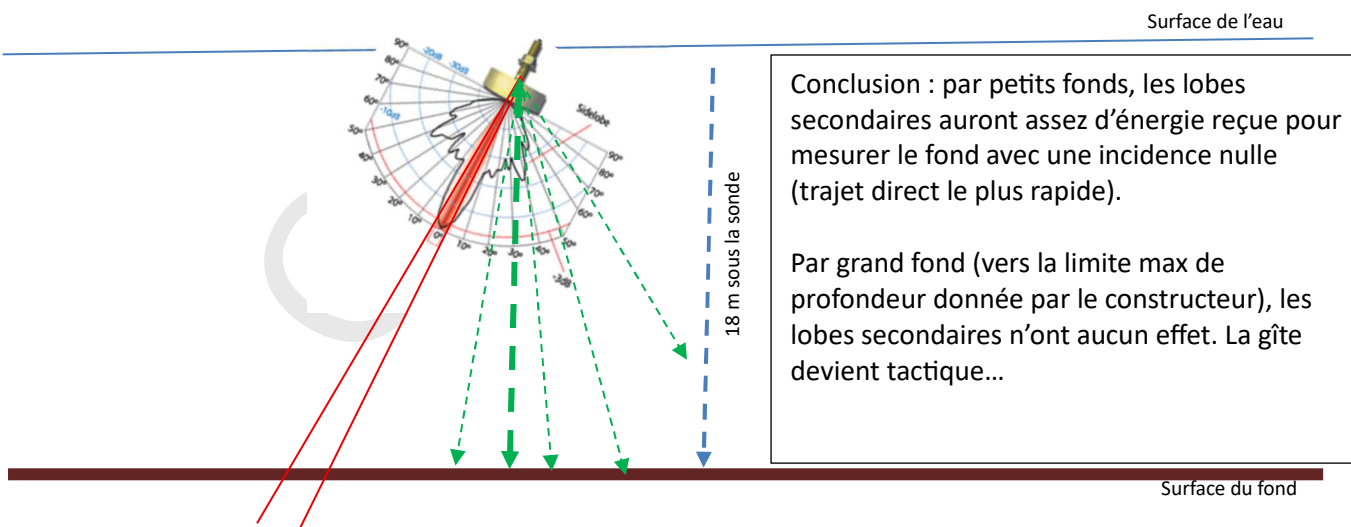
Cf les diagrammes :

Ex1 : Gîte 40 deg / Fond réel 50m / 50KHz donne 55m au lieu de 50m... 10% d'erreur

Ex2 : Gîte 40 deg / Fond réel 50m / 200KHz donne 65m au lieu de 50m... 30% d'erreur

PAR PETITS FONDS

Si l'on prend les mêmes conditions de gîte et de sédimentation du fond mais cette fois par petits fonds (inférieurs à 20m par ex), les lobes secondaires vont neutraliser le biais de mesure.



Nota 1 : Les lobes secondaires sont des pics d'émission dans des directions différentes de l'axe du faisceau principal. Habituellement, ceux-ci sont indésirables puisqu'ils utilisent une partie de l'énergie émise en pure perte. Il est impossible de les éliminer complètement mais ils peuvent être minimisés. Dans notre cas par petit fond et gîte importante, ils sont utiles. Par grand fond, ils sont indésirables en termes de puissance : ces lobes secondaires utilisent au moins la moitié de l'énergie totale fournie au sondeur sans aucune utilité.

Nota 2 : les voiliers qui ont des faisceaux étroits peuvent disposer d'un boîtier de calcul. Sur le FIG 147, une centrale NKE est installée et comprends une centrale inertielle de navigation [1 gyroscope suspendu, 2 accéléromètres (x et y, pas besoin du z) ainsi que d'un filtre de Kalman]. Ceci fournit entre autres les données gîte / assiette et le calculateur corrige automatiquement la valeur du fond mesurée en fonction de celles-ci. Ex : le sondeur mesure 71m , gîte 45°, il affiche donc 50m.

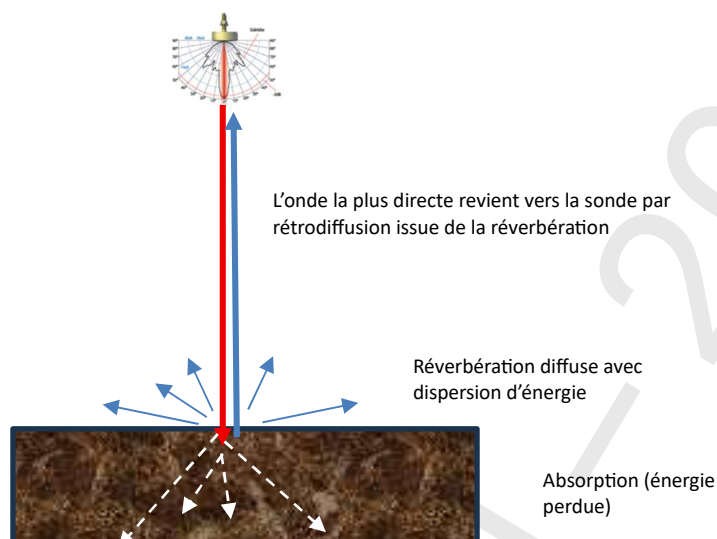
Un sondeur de base (ce qui fonctionne très bien et à coût modique, ex. NASA) avec une sonde et un boîtier commande / affichage ne dispose pas de correction automatique.

1.2 - Réverbération ou rétrodiffusion et absorption de la sédimentation du fond marin.

Ceci impacte directement l'énergie du bing qui revient vers la sonde.

La rétrodiffusion est la capacité d'une strate à réfléchir vers l'émetteur une certaine partie de l'énergie diffuse.

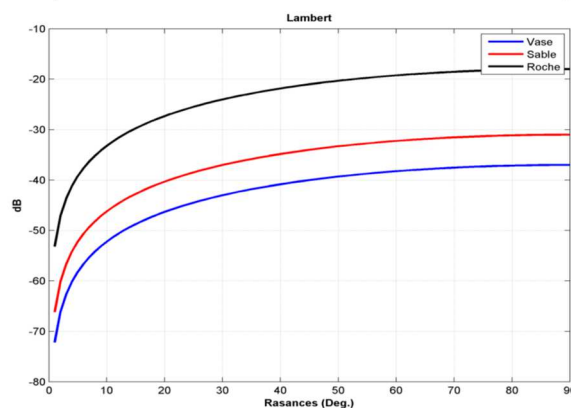
Son indice d'absorption qualifie la capacité de la strate à absorber dans les différentes sous couches tout ou partie de l'énergie reçue. Plus elle absorbe, moins il y a de rétrodiffusion.



La sédimentation du fond marin (ou strates) est habituellement ainsi nommée après meures :

- Roche
- Gravier
- Sable
- Sable coquillages
- Vase coquillages
- Vase

Jetons un œil rapide sur leurs caractéristiques de rétrodiffusion (cf graphique)...

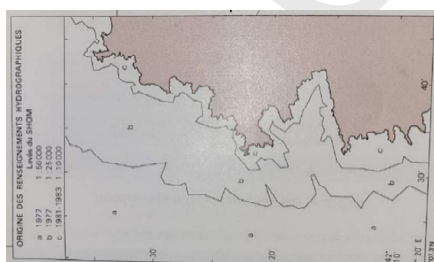


Paramètres	Vase	Sable	Roche
$\mu(\text{dB}/\text{m}^2)$	-37	-31	-18

TABLE 4 – Valeurs des paramètres de Lambert

Vase absorbe 4 fois plus que le sable ou 64 fois plus que la roche

En fonction de la nature du fond, votre sondeur peut afficher des sondes maximales qui diffèrent selon le milieu (par ex. sur roche, vous captez à 92m et sur vase seulement à 45m, en dehors de ces limites, il n'affiche rien.)



Les cartes affichent un encart sur la sédimentologie qui précise les zones et dates de mesures par les navires hydro.

Ici, zone a) en 1977, zone b) en 1977 et la zone c) entre 1981 et 1993. Elle précise également l'échelle de mesure. Cet encart est important pour évaluer la confiance des sondes et de la sédimentation. A étudier en amont.

2 - CARACTERISTIQUES DE VOTRE SONDEUR.

Un sondeur plaisance basique (hors carte GPS/sondeur ou créé pour la pêche) comme le mien affiche une donnée simple : la hauteur du fond par rapport à la sonde fixée sur la coque. Je ne parlerai ici que des sondeurs utilisés pour les voiliers.

Ces sondeurs, en fonction de leur puissance et de leur fréquence d'émission peuvent atteindre les sondes maximales suivantes : 50m / 80m / 100m / 120m et 180m. Le mien peut relever une sonde jusqu'à 127m (constaté en mer sur le talus continental en Bretagne). A vous de vérifier (notice technique puis essai en réel) jusqu'à quelle profondeur maximale il peut fournir la mesure.

Si le sondeur donne max 50m, les recalages de l'estime par lignes de sonde ne sont pas forcément intéressants à effectuer.

Les fréquences usuelles sont 50 KHz, 150 KHz, 200 KHz pour la plaisance voile (certains montent jusqu'à 400 kHz mais dédiés à la pêche). Plus la fréquence est basse, moins l'onde perd d'énergie et va donc plus loin. Ce qui joue dans la fréquence, c'est la discrimination du fond (couche de vase faible, etc.). Plus la fréquence est élevée, plus vous pouvez mesurer des fines couches sur le fond.

L'angle du faisceau (ou cône) est fonction de la fréquence. A ne pas confondre avec le « Tilt » qui est l'inclinaison sur l'avant. Votre fiche technique vous donne sa valeur.

Il y a 2 réglages clefs sur votre boîtier d'affichage du sondeur :

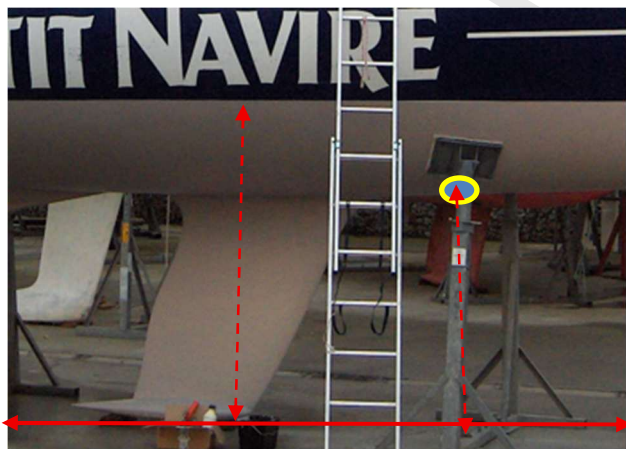
- OFFSET : la correction de la mesure en intégrant la profondeur de la sonde par rapport à votre coque / ligne de flottaison. Cela vaut le coup quand on joue avec les marées... Prenons un exemple, votre sonde est placée à 1m sous la ligne de flottaison, votre tirant d'eau est de 2m. Vous n'avez touché à l'OFFSET qui est à zéro. Lorsque la sonde vous affiche 2m, et bien vous avez une marge de sécurité d'1m sous la quille, ce qui est confortable. Les corrections peuvent très bien se faire par calcul mental !!
- L'alarme (fond sous la quille minimal), ce qui évite de s'enfouir dans un fond vaseux/coquillages ou pire talonner sur un fond de roche...

Un des paramètres de l'incertitude de mesure est principalement la vitesse du son dans l'eau. En Méditerranée, sur des eaux de surface, on est à environ 1540m/s, en Atlantique 1519 m/s et environ 1480m/s en eau douce (lorsque du vos naviguez à l'embouchure d'un grand fleuve, ou proche des côtes après des pluies diluviennes fréquent en PACA). 3 paramètres y participent : la densité de l'eau (teneur en sel) + température de l'eau + pression acoustique (donc hauteur du fond).

Les vitesses énoncées sont mesurées pour 20°C et une pression absolue de 3 bars (Pression atmosphérique + Pression de l'eau, ici 20m).

Pas de souci, l'erreur de mesure dans ces cas n'est que de 3% environ (négligeable !).

Quand l'eau devient très douce, la valeur du fond affichée est légèrement plus élevée que le fond vrai.



1/ Le tirant d'eau du Figaro 147 est de 180 cm

2/ La sonde (NKE) est placée à l'avant du mât et dans l'axe longitudinal, perpendiculaire à la ligne de flottaison (certaines sondes se posent avec une valeur d'inclinaison sur l'avant, appelée Tilt, 10° par exemple). Ma sonde est placée à 60 cm sous la ligne de flottaison (valeur à connaître sur votre bateau).

3/ La mesure de la sonde est donc n mètres où il faut rajouter 0.6m pour obtenir la valeur de la sonde sur une carte. Si le fond est de 20m, l'erreur de mesure si l'on ne prend pas en compte les 0.6m est de 3%, ce qui est négligeable. Au mouillage si effectué sur la ligne de sonde des 5m, on est à 12%.

Nota I : j'ai réglé mon alarme à 2.50m / ligne de flottaison, soit 70cm sous le bulbe de quille (pied de pilote).

Nota II : Quand la mer est formée, phénomène de houle et/ou vagues dues à la mer du vent...pour des grandes vagues ainsi que le marnage des marées (Bretagne...), le pied de pilote se calcule mentalement. **Ne pas toucher les paramètres du sondeur dans ce cas.**

3 - FOND SOUS LA QUILLE DE GARDE

Les données d'entrée utilisées pour définir la profondeur de protection sous la quille lors du transit en surface sont les suivantes :

✓ **Paramètres spécifiques au voilier :**

- ✓ Distance d'arrêt ; propulsion : marche arrière d'urgence 5,
- ✓ Rayon de braquage en fonction de l'angle du gouvernail et de la vitesse (période d'inertie ; Avance ; transfert),
- ✓ Effet du pas de l'hélice si au moteur,
- ✓ Tirant d'eau réel et marge de sécurité par rapport au fond.

✓ **Paramètres liés à la cartographie et à l'océanographie :**

- ✓ Précision et actualité des cartes utilisées,
- ✓ Méthode de préparation des cartes,
- ✓ Distance et profondeur sous la quille, répartition géographique,
- ✓ Pente du fond.
- ✓ Courants,
- ✓ Hauteur de l'eau par rapport au zéro des cartes (marées, etc.),
- ✓ Etat de la mer afin de prendre en considération :

* proximité de la surface par rapport aux pales de l'hélice,

* hauteur et longueur de la houle.

Nota 3 : Les cartes marines standard sont préparées pour les navires de surface, conformément aux normes de l'OMI. Sur ces cartes, les lignes de sonde pour les profondeurs inférieures à 50 m sont généralement précises. En revanche, les lignes de sonde plus profondes sont douteuses ou inexactes.

Nota 4 : Les limites d'élaboration cartographique permettent d'identifier la marge d'erreur acceptable (notamment l'encart qui précise les dates de mesures et les zones de sédimentologie et celles de la bathymétrie : TRES INTERESSANT A ETUDIER EN AMONT).

✓ **Paramètres liés au contrôle de la position :**

- ✓ COND1 : Possibilité de prendre des repères en vue du rivage (optique) ; fréquence ;
- ✓ Précision,
- ✓ COND2 : Positionnement précis autre qu'optique (GPS, etc.),
- ✓ Incertitude de la navigation à l'estime.

Si COND 1 et 2 ne sont pas accessibles, le sondeur devient une aide importante pour l'estime.

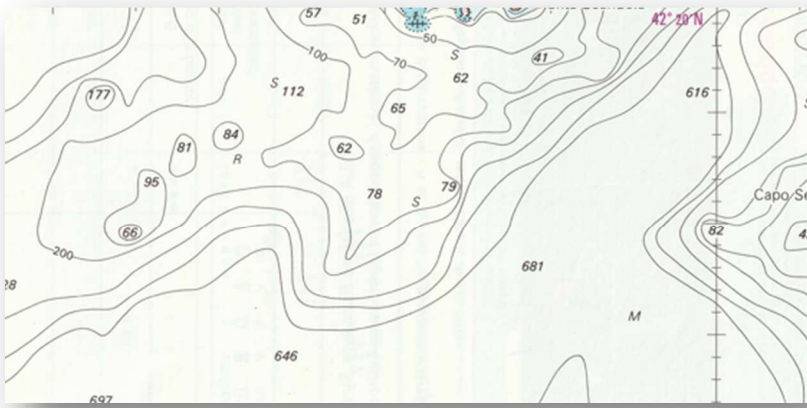
3.1 - Intégration des lignes de sonde dans le choix de votre Fond Sous La Quille de Garde (FSLQG)

Hypothèse de travail :

- a) Le voilier se trouve dans des eaux réglementées lorsqu'il navigue à moins de 2 NM des lignes de sonde de 10 mètres.
- b) Vous avez choisi une profondeur minimale de sonde de 10 m.
- c) Votre tirant d'eau est de x mètres (ex : 2m).

La cartographie vous permet une profondeur de garde sous la quille de 3 m (si vous choisissez la ligne de sonde de 5m sur les cartes comme référence), ou 7m sous la quille pour la ligne de sonde de 10m (ce qui a été votre choix).

3.2 - Lignes de sonde à distribution continue

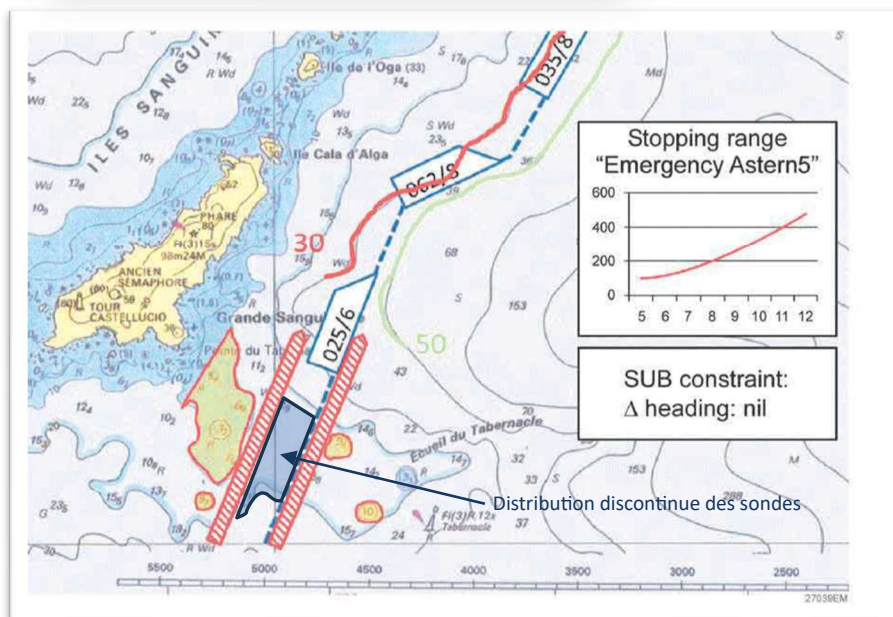


3.3 - Lignes de sonde à distribution discontinue

Ici le pattern des relevés bathymétriques effectués en 1977. La distribution des sondes ponctuelles est régie par des radiales. Ce que l'on peut constater également sur les anciennes cartes. Dans ce cas, leur précision ne peut pas servir en aide à la navigation.



Quel usage ?



Le voilier doit passer entre l'île Grande Sanguinaire et l'Ecueil du Tabernacle.
2 étapes dans la navigation ;

a) Dans la zone de distribution discontinue des sondes :

L'analyse de la carte met en évidence les éléments suivants :

- ✓ De nombreux repères peuvent être utilisés pour une localisation visuelle de jour comme de nuit (tour de Castelluccio, sémaphore, phare, île d'Oga, etc.).
- ✓ Les côtes sont parfaitement utilisables pour une localisation radar et la construction d'un darning.
- ✓ La ligne de sonde de 20 m a une distribution continue. La ligne de sonde de 10 m a une distribution discontinue à l'est.
- ✓ La distribution des lignes de sonde de profondeur ne permet pas de les utiliser comme seule garantie.
- ✓ La présence de courants rend nécessaire le calcul de la vitesse SOG, et non de la vitesse log.

Il est essentiel de recalculer sa position avant et pendant la zone bleue (points par relèvements). Pas le choix...

b) Dans la zone de distribution continue des sondes ou lignes de sondes :

Il suffit de suivre la ligne de sonde de 30m sur Bd sans avoir à effectuer des points par relèvements. Les routes sont définies de manière à ce que chaque section corresponde à une ligne de sonde identifiée.

4 – AIDE A LA NAVIGATION

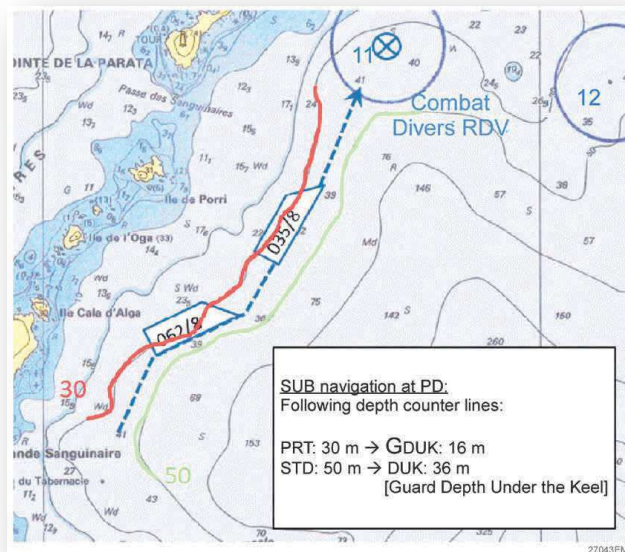
La mission consiste à récupérer une équipe au point de rendez-vous CD et à profondeur périscopique.

Pour les figures ci-dessous : le sous-marin a obtenu une dérogation de SUBOPAUTH pour naviguer à une profondeur sous la quille inférieure à 30 m : 12*D (10 mètres) [MXP1/ tableau 3-2].

La profondeur de sécurité prescrite sous la quille est de 10 mètres.

La planche présente un plan de route qui permet au sous-marin d'utiliser les lignes de sonde de 30 m et 50 m. Elles forment un « canal » facile à suivre en gardant des eaux de 30 mètres de profondeur à bâbord et des eaux de 50 mètres de profondeur à tribord.

Cette application est utilisée comme deuxième système de positionnement.



Cet exemple est pour le
« fun »....

Le principe est le même pour
votre voilier (qui lui est en
surface !!!)

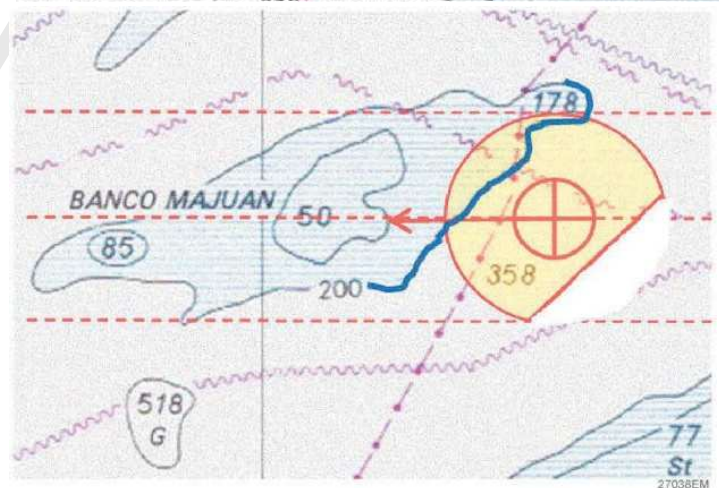
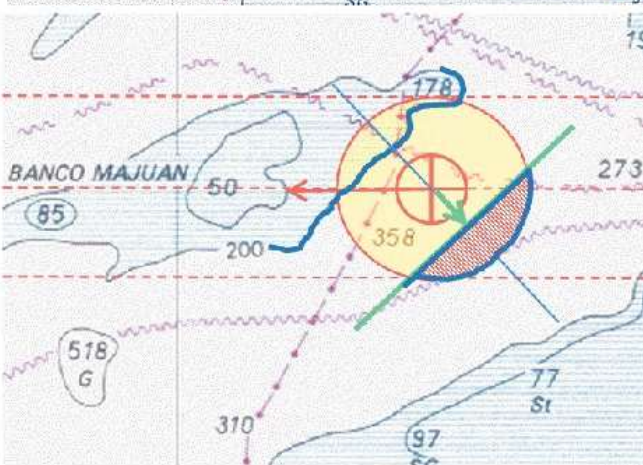
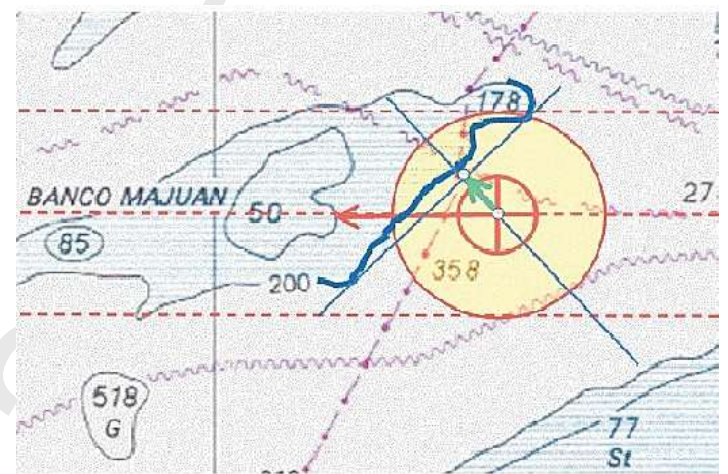
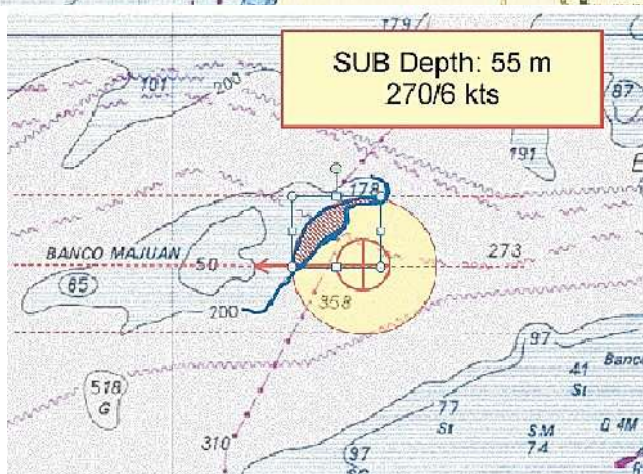
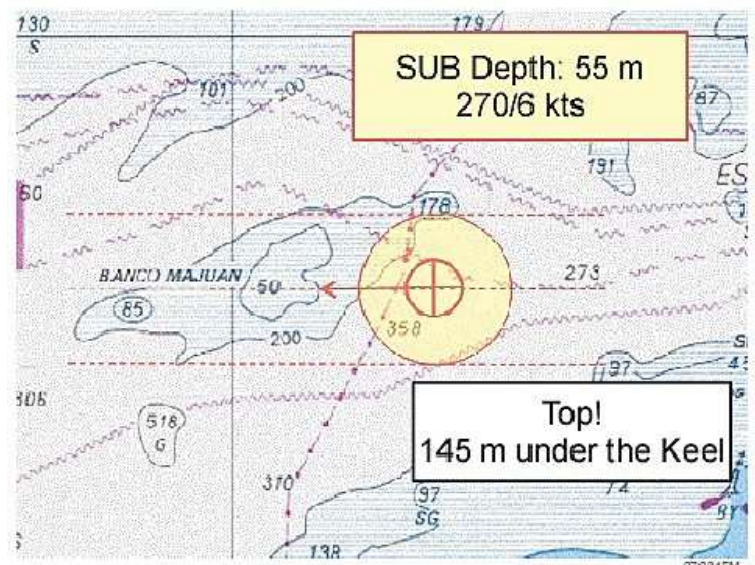
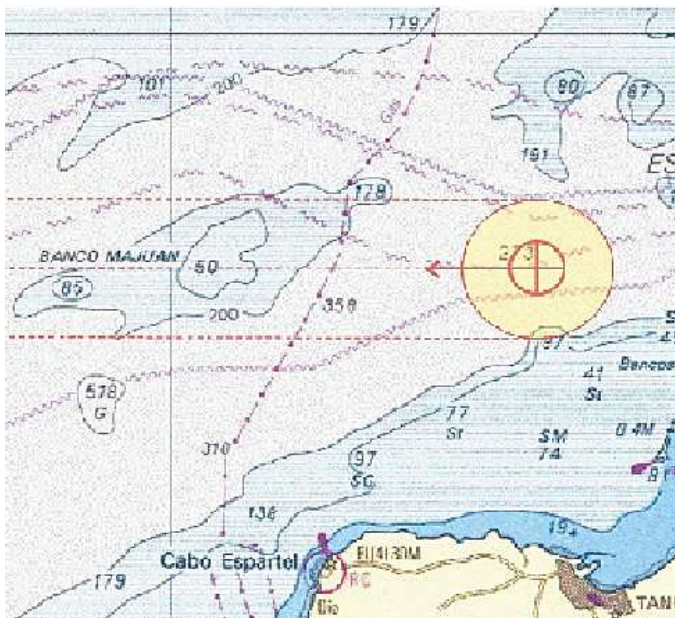
Suivi des lignes de sonde (fil d'Ariane ou fil rouge)

5 – REDUCTION DE L'INCERTITUDE DE L'ESTIME

Option 1

Le passage d'une ligne de sonde est cohérent par rapport à l'incertitude de la navigation à l'estime.

Cette option sera soumise à l'approbation du commandant.

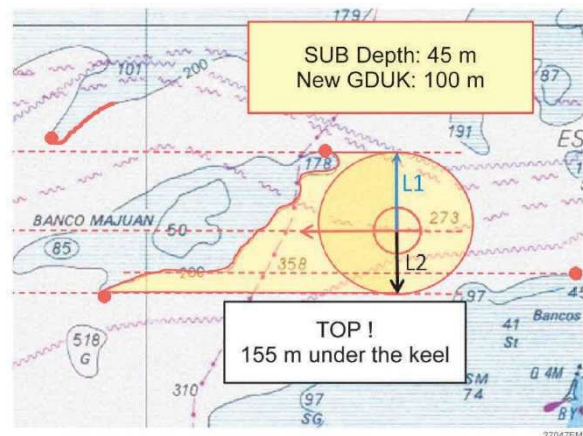
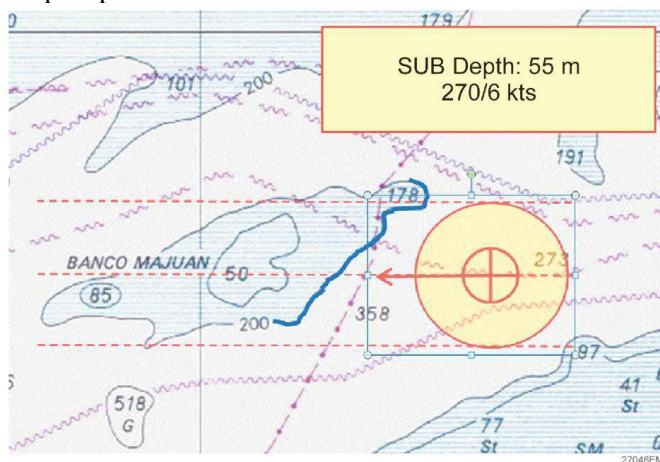


Option 2

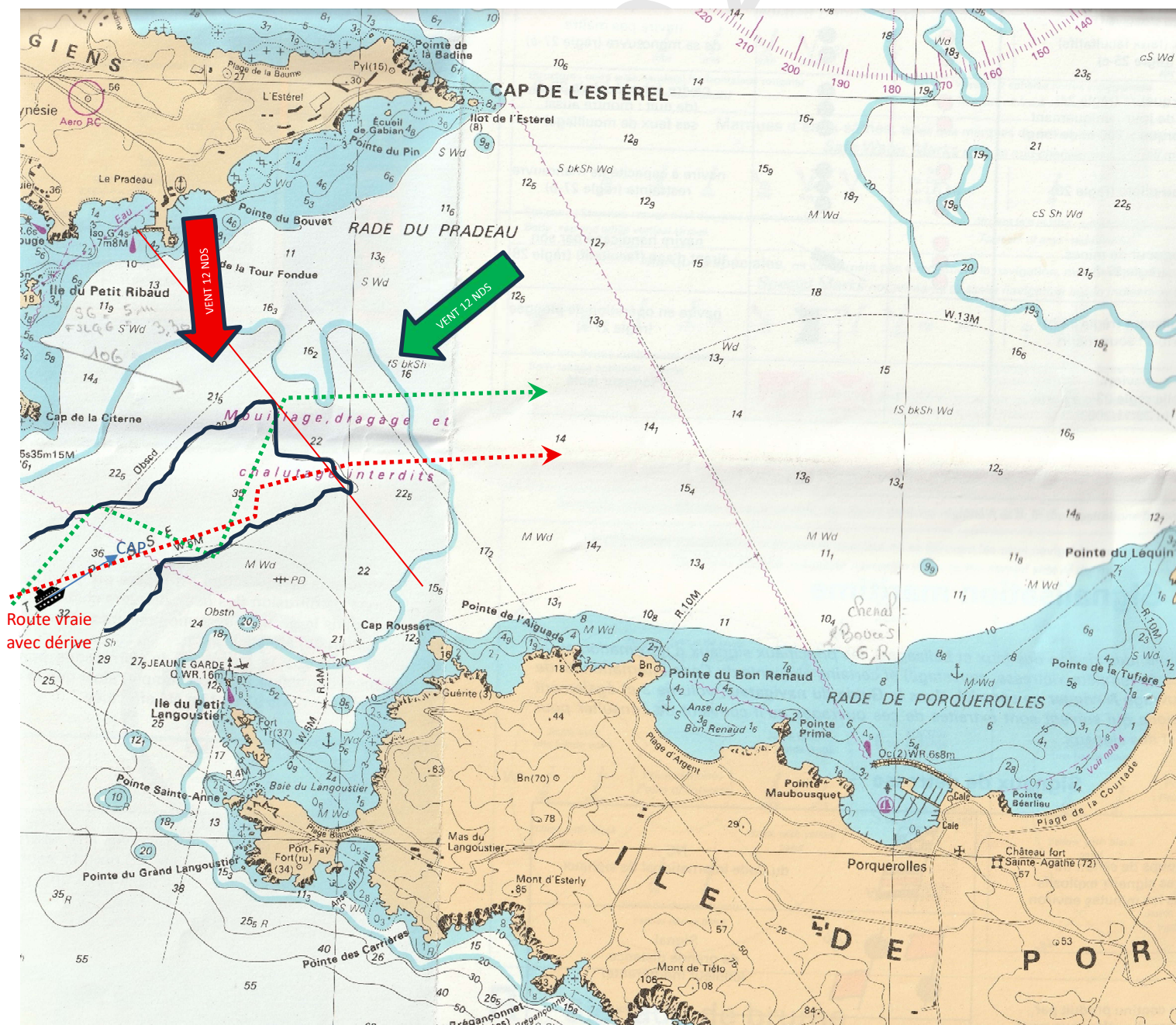
Le passage d'une ligne de sonde n'est pas cohérent par rapport à l'incertitude de la navigation à l'estime.

Les paramètres adoptés doivent être étudiés et les courants connus afin de déterminer la cause.

L'incertitude de position, voire les paramètres de mise à jour de la navigation à l'estime, seront étendus s'ils sont adoptés par le commandant.



6 - LIGNES GARDE FOU



7 - RECALAGE POSITION PAR LIGNES DE SONDE

La mise à jour de la position estimée présentée ci-dessous utilise la méthode de coupe de lignes de sonde. Elle permet une précision correcte. Elle dépend de la qualité et de la netteté des coupes de ligne (même méthode d'évaluation qu'une position optique avec relèvements ou radar utilisant trois mesures).

Le choix de la zone géographique et de la route est déterminant pour un réglage valide.

Une zone géographique offre plusieurs possibilités de route.

Les lignes de sonde apparaissent distinctement sur les cartes, ce qui favorisera la discrimination des points de coupe.

Ce choix de route doit être privilégié.

Les lignes de sonde qui sont pratiquement parallèles et de formes équivalentes ne permettent aucun point de croisement. Ce choix de route ne doit pas être sélectionné.

Considérez que vous êtes en pleine nuit, petite brume et pas de lune. Aucun feu sur la côte. Le ciel est bas vous ne pouvez pas voir les sommets ou reliefs pour faire des relèvements optiques. Et pourtant vous devez mouiller à Girolata où vous êtes attendus.

Votre GPS est en panne depuis 24h.

Cette opération peut être effectuée en réglant le paramètre d'alarme du sondeur à la profondeur souhaitée sous la quille, ou en positionnant un opérateur du sondeur avec pour consigne de donner un signal « Top » lorsque la ligne de sonde est franchie.

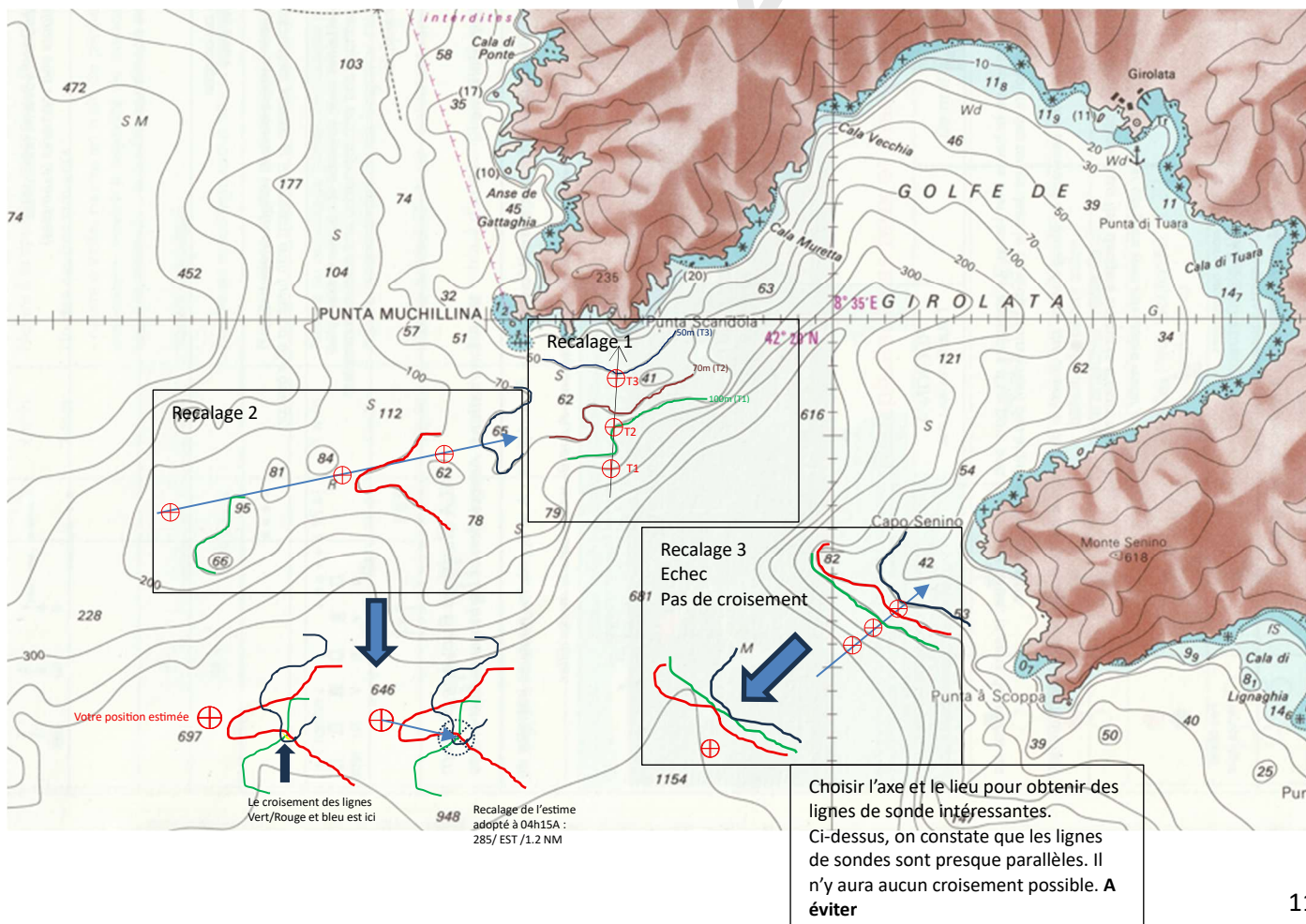
La zone (en fonction de la sédimentologie et de la pente) et le cap d'approche ont été déterminés.

Le voilier s'approche correctement équilibré (Gîte comprise dans l'angle de son faisceau). Sa route et sa vitesse restent constantes.

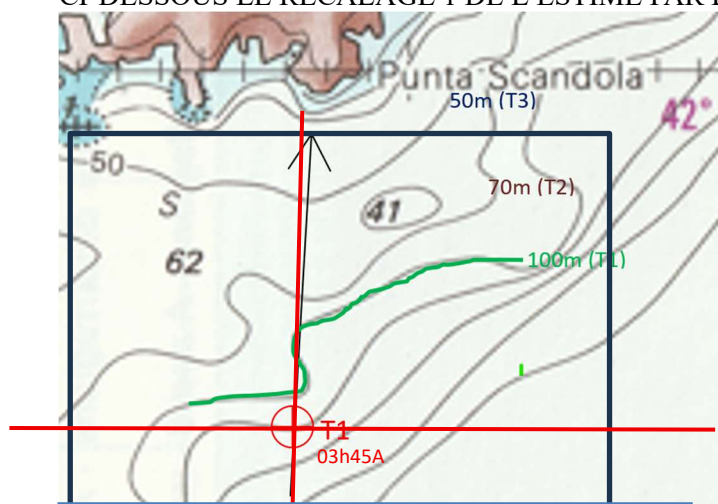
Chaque fois qu'une ligne de sonde désignée est franchie, la position estimée est représentée sur la carte. La ligne de sonde correspondante est mise en évidence.

Lors du franchissement de n+1, les lignes de sonde précédemment mises en évidence suivent la nouvelle position (avec un calque de traçage par exemple).

L'intersection des lignes de sonde mises en évidence correspond à la position du mobile. Le recalage est mesurable en azimuth/distance à tel groupe date Heure (GDH).

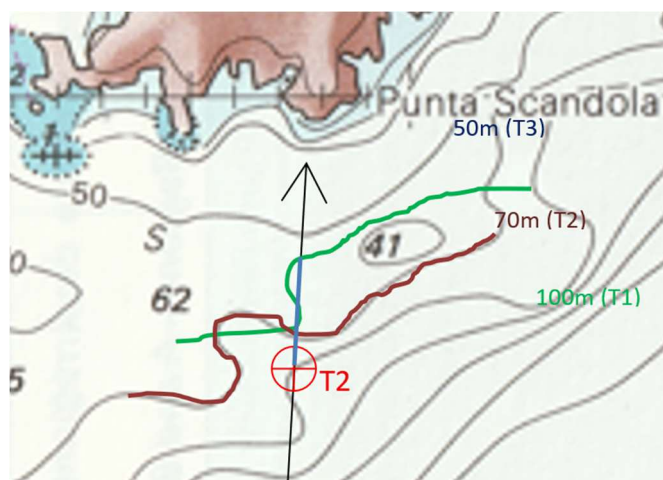


CI-DESSOUS LE RECALAGE 1 DE L'ESTIME PAR LIGNE DE SONDE (DEMONSTRATION)

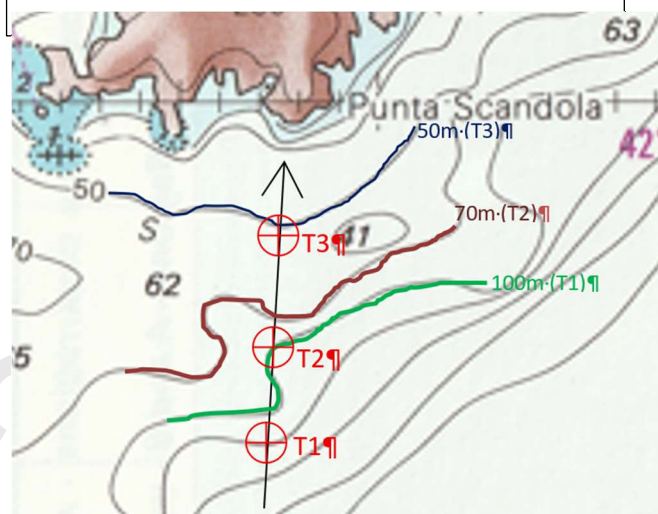


Le carré bleu avec les lignes perpendiculaires est le calque. La ligne rouge verticale est parallèle à l'axe du nord géographique de la carte. A chaque point de ligne de sonde franchi, vous posez votre position estimée sur la carte puis placez le calque sur le point, en respectant le nord géographique. Vous tracez la ligne de sonde sur le calque (ici, celle de 100m en vert).

Ainsi de suite pour les points 1, 2 et 3. Notez à chaque point l'heure du relevé.



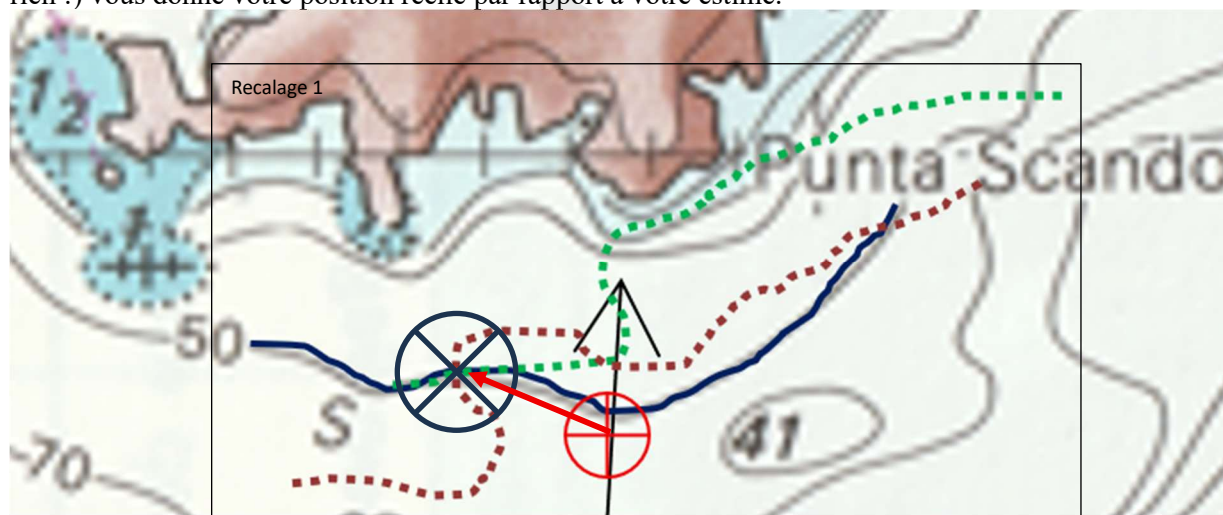
Suivi du calque au pont 2 (2 lignes tracées)



Cela est sur la carte

Cf carte ci-dessous.

Cela est ce qui est tracé sur votre calque. Le croisement assez précis (pas toujours d'ailleurs, mais c'est mieux que rien !) vous donne votre position réelle par rapport à votre estime.



3 lignes tracées sur le calque, on identifie l'intersection de celles-ci. Ceci est la position vraie.

Exemple :

Recalage 1 adopté du point d'estime dans le 287/Estime à GDH T3/ 1.35 NM