

Reconnaissance bathymétrique à courte portée

par Ph. GAUDILLERE, SESAM S.A.

Les levés bathymétriques côtiers, fluviaux, lacustres ou portuaires posent en règle générale un problème particulier pour les raisons suivantes :

- la portée est limitée mais l'environnement peut rendre inutilisable les moyens radio-électriques classiques et peut demander de nombreux changements d'implantation des balises ;
- le support naval a une dimension réduite ;
- la précision recherchée est supérieure à celle acceptable habituellement et la densité de points à acquérir plus importante.



Fig. 1. - Bathymétrie sur étang

Un système d'acquisition de sondage se compose :

- d'un équipement de positionnement ;
- d'un écho-sondeur ;
- d'un calculateur et du logiciel d'acquisition.

Le but de cet article est de dégager quelques critères de choix du système de positionnement et de rappeler quelques-unes des causes affectant la précision du levé.

Positionnement

— Topographie

L'usage de la topographie classique, intersection par 2 théodolites et/ou implantation d'alignements plus intersection par théodolite présente les inconvénients suivants :

- besoin en personnel qualifié important,
- implantation préalable,
- cadence très lente conduisant à des interpolations de position,
- problèmes de synchronisation entre saisie de la position et celle de la profondeur,
- traitement long et fastidieux,
- précision douteuse quand on travaille sur alignements.

(A chaque fois que l'on met en place un système automatisé, l'expérience montre que les écarts du bateau "maintenu" sur alignement peuvent être très importants).

— Systèmes radio-électriques mesurant des distances

Les systèmes (Sylédis, Trident, Motorola, Trisponder...) sont souvent mal adaptés, ce pour deux raisons principales : l'une d'ordre "géométrique", l'autre d'ordre radio-électrique.

La précision dépendant de l'angle d'intersection des lieux, il est nécessaire, soit de disposer d'un grand nombre de balises à proximité de la zone de travail, soit de pouvoir, ce qui est loin d'être le cas général, placer ces balises suffisamment en retrait.

En milieu fermé et/ou en environnement industriel, on se trouve confronté à des problèmes de propagation dépendant des fréquences de travail du système. Ces problèmes sont principalement les réflexions et les trajets terrestres. Ils peuvent rendre le système totalement inexploitable.

Il convient de noter par ailleurs que le coût de ces systèmes est élevé (moyenne 1 MF).

La précision est de l'ordre du mètre, mais pour contrôler et maintenir cette précision, il convient d'être très vigilant. Avec seulement trois lieux se recoupant sous des angles très différents, le point calculé peut être assez éloigné du point réel (voir fig. 2).

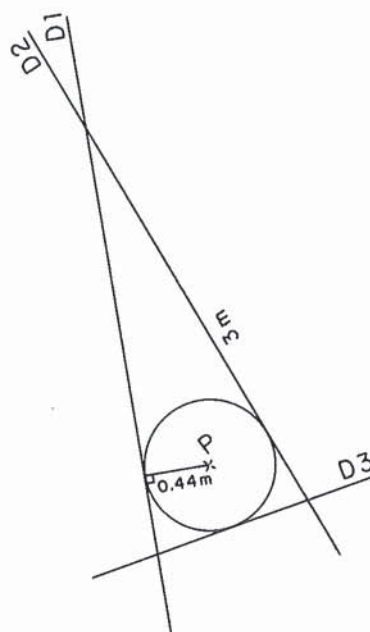


Fig. 2. - Calcul de la position par 3 lieux

Les avantages sont : une cadence d'acquisition extrêmement rapide permettant à la limite d'affecter une position à chaque coup de sonde du sondeur et l'automatisme complet des balises à terre.

A titre d'exemple, supposons que l'on ait obtenu 3 distances D1, D2, D3 formant un triangle isocèle d'angle au sommet 20 degrés et de côté 3 mètres. Le point calculé P centre du cercle inscrit dans ce triangle va se trouver à 44 cm (rayon du cercle) des côtés donc à 2,5 mètres du sommet A. Si l'on suppose que D1 et D2 sont exactes et que c'est D3 qui est erronée, on commet donc une erreur de 2,5 m.

En milieu fermé avec des distances courtes les angles d'intersection varient beaucoup d'un côté à l'autre de la zone couverte.

Systèmes par relèvement/distance

Ces systèmes sont les plus simples à implanter puisqu'ils ne demandent que 2 points connus, l'un en bordure de zone où est installé le matériel, l'autre devant simplement être visible du premier puisqu'il sert à caler les mesures angulaires.

La précision est homogène sur l'ensemble de la zone de travail, elle décroît avec la distance en fonction de la résolution angulaire du système.

Dans ce type d'équipements, on trouve 4 classes de matériels de mode opératoire et performances diverses et donc les coûts de base sont en progression géométrique (100 KF, 200 KF, 400 KF, 800 KF).

Ces 4 classes se subdivisent en 2 catégories :

- Systèmes à suivi automatique,
- Systèmes à suivi manuel.

Il convient de noter que dans les deux cas un pointé manuel initial sur le point de référence angulaire est nécessaire. Les systèmes à suivi automatique peuvent également demander des recalages intermittents et le matériel à terre ne peut en général être laissé sans gardiennage compte tenu de son prix. Une présence humaine plus ou moins active est donc indispensable dans tous les cas.

Systèmes à suivi automatique :

- ARTEMIS - système à fréquence radar de portée importante (fig. 3)

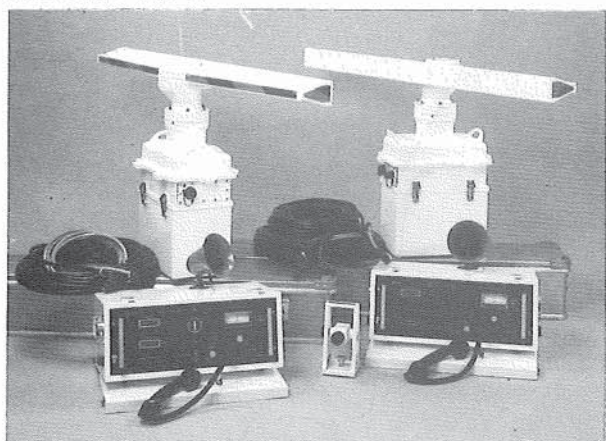


Fig. 3. - Système Artémis - Station sol
Station embarquée

- ATLAS POLARFIX - système laser portée 4 à 5 km
- AGA Autotracker - système laser portée 2 à 3 km

Systèmes à pointé manuel :

- AGA 140 - appareil topographique laser portée 3 à 4 km mesurant en outre l'angle vertical (fig. 4)

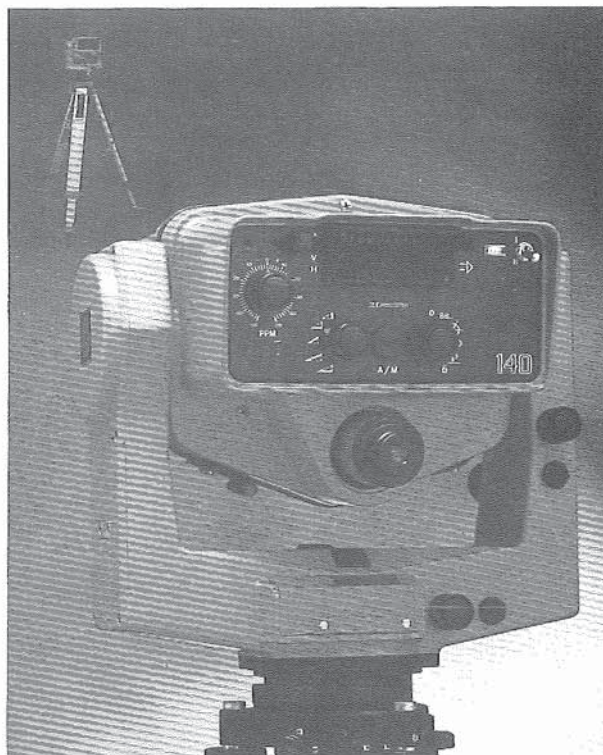


Fig. 4. - AGA 140

- ESP/VYNER - laser à portée 3 à 4 km (fig. 5).

(Des systèmes équivalents peuvent être constitués d'éléments d'origine diverse ; par exemple télémètre Fenel et codeur angulaire).

Cette liste n'est pas exhaustive et nous nous excusons auprès des fournisseurs qui n'auraient pas été cités.

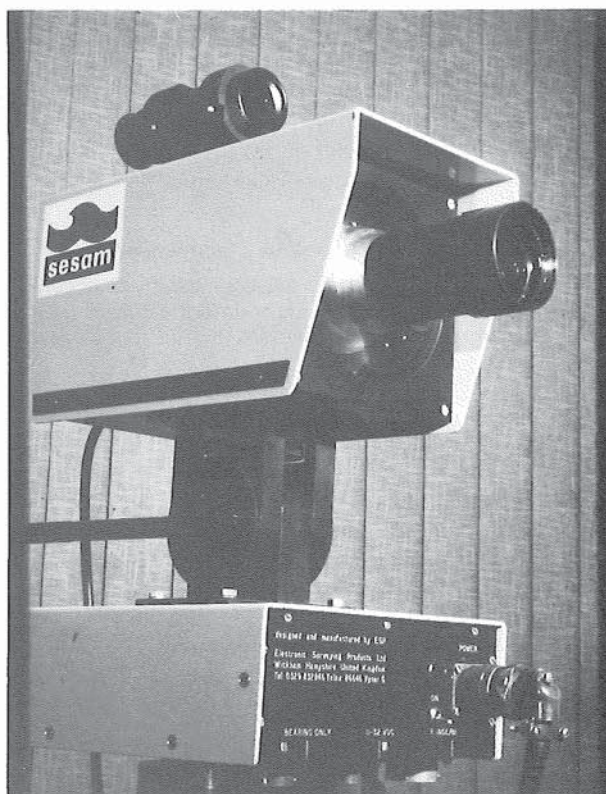


Fig. 5. - Vyner

— Contraintes opérationnelles :

A l'exception de l'ARTEMIS, tous les systèmes utilisent un faisceau laser et sont donc dépendants des conditions météo (brouillard ou pluie). Une couronne de prismes est installée sur le bateau de façon à avoir un retour quelle que soit l'orientation du bateau. Le nombre et la dimension des prismes nécessaires est fonction de la portée recherchée.

Pour les appareils à pointé manuel, la facilité du suivi est d'autant plus grande que la précision est plus faible. Cette facilité de suivi est en fait fonction de l'ouverture du faisceau laser. De cette facilité de suivi va dépendre la qualification du personnel nécessaire, la cadence d'acquisition et la durée raisonnable d'une opération de sondage.

Les matériels à suivi relativement aisé, s'ils sont d'une précision acceptable pour les opérations de sondage, ne peuvent pas par contre être utilisés pour des travaux topographiques.

Ces systèmes donnant un point par 2 lieux ne peuvent fournir d'indications sur la précision obtenue. Celle-ci sera en fait fonction de la qualité du calage initial qui peut introduire un décalage systématique de la qualité du pointé, de l'ouverture du faisceau laser et des prismes servant de réflecteurs. Ces trois derniers points sont interdépendants.

La mesure angulaire peut sans difficulté être extrêmement précise mais cette précision est illusoire si l'on recueille une réflexion laser latérale. Ces réflexions latérales sont fonction de la focalisation du faisceau et de la puissance renvoyée par les prismes.

Précision

La notion de précision en sondage doit être considérée dans son ensemble et on ne peut dissocier la mesure de la position de celle de la profondeur.

Notre propos ici n'est pas de décrire les diverses sources d'erreurs rencontrées dans la seule mesure de la profondeur mais de rappeler deux points importants qui affectent la relation entre position et profondeur.

— Date des mesures

Les mesures de la position d'une part et de la sonde d'autre part sont entièrement indépendantes et le seul élément permettant de les relier est en fait la "date" de chacune des mesures. Cette notion de datage est fondamentale et pour mieux en saisir les implications, il convient de regarder rapidement le mode d'acquisition des matériels en jeu.

Sondeurs :

La très grande majorité des sondeurs sont des appareils autonomes effectuant des mesures à cadence régulière fonction de l'échelle choisie. On ne peut donc déclencher une mesure de "l'extérieur". Tout au plus peut-on détecter l'instant où une nouvelle mesure est disponible. Si l'on n'utilise pas cette possibilité, l'incertitude sur la date sera de l'ordre de 50 à 100 msec pour les échelles utilisées par petits fonds.

Positionnement

A la différence des systèmes radio-électriques, les matériels optiques ne peuvent en général être synchronisés de l'extérieur ; ils fonctionnent à leur rythme propre comme les sondeurs avec des cadences de l'ordre de 100 à 400 msec. Ces cadences correspondent, toujours en règle générale, au temps pendant lequel on effectue la moyenne d'une série de mesures unitaires. Pendant ce temps, le bateau s'est déplacé et on associe à une distance moyenne sur cette durée une position angulaire "instantanée". Si on exprime ces différences en temps, on voit donc que l'incertitude sur l'écart entre

"date" de la sonde et heure de la position est de l'ordre de 200 msec, ce qui à 5 nœuds représente déjà 50 cm.

Les fonctionnements étant asynchrones, il ne s'agit pas là d'une erreur systématique et on ne peut donc la corriger.

Pour les matériels optiques, qui sont installés à terre, s'ajoute le problème de la transmission de l'information vers le système de saisie (transmission relèvement distance vers le bateau ou de la sonde vers la terre).

Si le temps de transmission par lui-même est négligeable, le temps de décodage du message transmis peut vite devenir très important selon la forme et le mode de transmission du message, le calculateur utilisé, et l'algorithme de décodage.

Il faut être très vigilant dans les routines d'acquisition et de calcul pour ne pas augmenter encore l'écart de temps entre sonde et position associée. Il suffit pour s'en convaincre de chronométrer sur votre micro ou mini le temps nécessaire à la décomposition d'une chaîne de caractères alphanumériques de dimension variable.

— Pente du fond

Si l'on admet que la position mesurée est à l'aplomb du sondeur et que le bateau est stable, l'autre source d'erreur dans la relation entre position et sonde provient de la pente du fond que l'on est en train de sonder et de "l'ouverture" du faisceau du sondeur (voir figure 2).

Il y a lieu évidemment d'utiliser un sondeur à faisceau étroit donc de travailler à fréquence élevée pour limiter l'écart entre position du transducteur et position sur le fond du point dont on a obtenu la sonde.

Il convient de rappeler qu'à l'ouverture de faisceau donnée par le constructeur correspond une puissance réduite (en général de moitié) par rapport à celle émise dans l'axe et non une sorte de limite physique de l'émission sonore. Quand on sonde par petits fonds les puissances émises latéralement peuvent être souvent suffisantes pour recueillir des échos latéraux.

La figure 6 montre qu'à un écho latéral à 5 degrés de la verticale sur une pente de 10 degrés par fonds de 10 m, va correspondre un décalage de position de près de 90 cm. Les valeurs choisies à titre d'exemple sont tout à fait raisonnables.

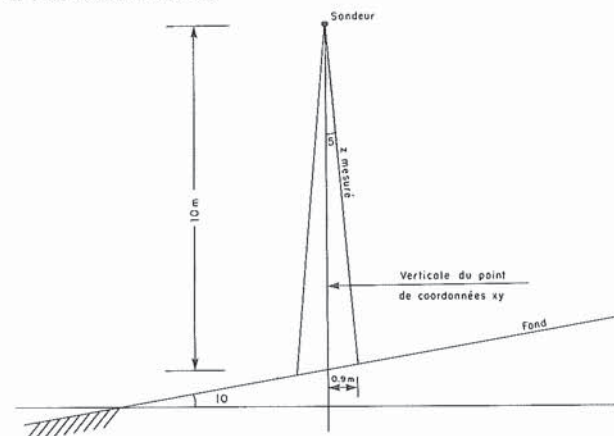


Fig. 6. -

Conclusion

On voit donc que, avec les seuls deux problèmes abordés ici, l'écart entre la position mesurée XY et la position réelle du point de sonde Z peut aisément atteindre le mètre sans pouvoir être corrigé. La précision intrinsèque d'un système de positionnement en statique n'est donc pas un critère absolu dans le choix d'un système de sondage.