



gradiomètre de la Composante Marine – © IRSD

# Gradiométrie magnétique pour la détection de mines enfouies en milieu marin

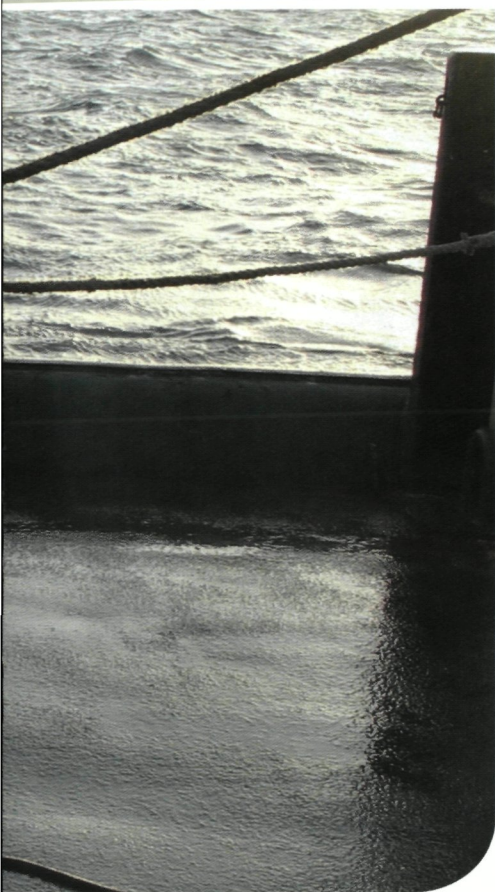
UNE ÉTUDE RÉALISÉE AU SEIN DE LA DÉFENSE DANS LE CADRE DU PROGRAMME RSTD DE L'INSTITUT ROYAL SUPÉRIEUR DE DÉFENSE

**L**a sécurité des lignes de communication maritimes est d'une importance vitale pour une économie ouverte telle que l'économie belge. La lutte contre les mines revêt un caractère particulièrement important pour un pays possédant deux grands ports internationaux. De plus, lors de missions sur d'autres théâtres, le transport maritime est le seul permettant le transport de quantités importantes de matériels à un coût raisonnable. Dans ce cadre, le problème de la détection des objets enfouis est depuis longtemps reconnu comme une des faiblesses majeures de nos systèmes actuels et le développement de systèmes permettant cette détection reste une priorité. Ceci fait notamment partie des axes de recherche proposés dans le cadre de l'Agence européenne de défense.

A l'heure actuelle, les techniques de détection les plus usitées en milieu marin sont basées sur l'utilisation de la propagation du son. Ces méthodes ont montré leur limite pour les objets enfouis et ne peuvent répondre aux défis actuels de la lutte contre les mines en milieu marin.

Cette étude a pour but d'évaluer l'apport d'un gradiomètre magnétique pour la détection de mines ou d'autres objets en milieu marin. La détection se fonde alors sur le fait que le champ magnétique terrestre est légèrement modifié au voisinage d'un objet ferromagnétique. Le gradiomètre considéré mesure le champ magnétique total à l'aide de trois magnétomètres avec une très grande précision. Ensuite, les mesures des trois magnétomètres sont combinées pour calculer le gradient du champ magnétique.





mines. Traditionnellement, les mesures prises par un gradiomètre sont converties en cartes du gradient et les objets magnétiques sont détectés et localisés en regardant la position des maxima sur ces cartes. Cette méthode nécessite la création de cartes après la prise des mesures, qui présentent régulièrement des artéfacts d'interpolation. Elle pose des problèmes d'interprétation à faible latitude magnétique (présence de plusieurs maxima pour une seule cible) et ne permet pas de caractériser le moment magnétique de la cible. Notre méthode est basée sur un modèle physique réaliste de la cible, ne nécessite pas de création de cartes (elle peut donc être appliquée en temps réel), et fonctionne à toutes les latitudes. Elle est plus précise que la méthode traditionnelle, permet de connaître non seulement la position horizontale, mais également la position verticale de l'objet détecté, et autorise en outre la caractérisation la mine par son moment magnétique, ce qui peut aider à la classification et à réduire le taux de fausse alerte. La figure 2 permet une comparaison des deux méthodes. Elle illustre la carte du gradient total obtenue par simulation d'une prise de mesure du gradiomètre à faible latitude, en présence de bruit magnétique et d'erreurs sur la position du gradiomètre. Le rond désigne la position réelle de l'objet, et la croix la position trouvée grâce à la

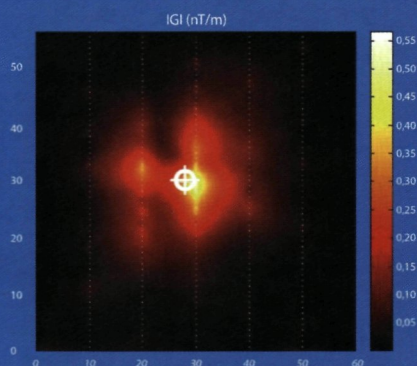
Au cours de cette étude, nous avons développé un environnement de simulation permettant d'une part de concevoir un modèle magnétique théorique de la cible, du gradiomètre, et de la prise de mesure.

D'autre part, nous avons développé un algorithme original de détection, de localisation et de caractérisation des

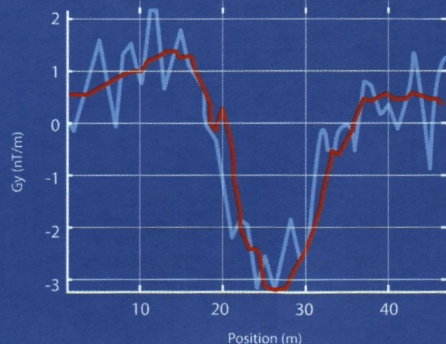
méthode développée dans cette étude. Nous avons également validé l'algorithme par des mesures in situ lors de campagnes à bord du Belgica (navire dédié à des expéditions scientifiques) et du Narcis (chasseur de mines). La figure 3 montre le gradient longitudinal mesuré (en bleu) au-dessus d'une anomalie magnétique, ainsi que le résultat du modèle théorique (en rouge). Le modèle s'accorde parfaitement aux mesures. Des simulations ont également été réalisées afin de définir les paramètres de navigation optimaux. A cette fin, nous avons investigué l'effet du bruit des magnétomètres, de l'erreur sur la position du gradiomètre et des variations diurnes du champ magnétique terrestre sur la précision de la mesure en fonction de l'altitude du gradiomètre, de la distance séparant deux chemins empruntés par le bateau pour différents moments magnétiques de l'objet à localiser. Il existe une altitude optimale et une distance entre les chemins optimale.

A terme, la détection d'objets enfouis et la gestion des signatures doivent permettre d'augmenter les moyens de lutte contre les mines. La détection d'objets enfouis rend aussi possible la localisation d'anciennes munitions ou d'objets perdus par des navires.

*Dr. Eric Mersch, chercheur IRSD*



*Carte du gradient total pour une cible magnétique à faible latitude. Malgré la complexité de la carte (artéfacts d'interpolation et présence de plusieurs maxima dus à la faible latitude), la méthode développée dans cette étude permet une localisation précise de l'objet. - © IRSD*



*Gradient longitudinal mesuré (bleu) et théorique (rouge) pour une cible en milieu marin. - © IRSD*