

**Sujet : Mesure des matières en suspension (MES) dans la
colonne d'eau par combinaison de méthodes acoustiques et
optiques**

Candidat: Guillaume Fromant

Les particules solides en suspension (MES) dans la colonne d'eau déterminent la turbidité de l'eau et limitent la pénétration de la lumière. La mesure de la MES est cruciale autant pour comprendre les transferts sédimentaires (mobilisation, transport et dépôts des sédiments) que pour les études de la biodiversité et du comportement des poissons. La MES est classiquement mesurée à partir des propriétés optiques d'absorption et de diffusion de la lumière par les particules présentes dans le milieu, à l'aide de transmissiomètres, de turbidimètres optiques, de granulomètres laser in-situ. La sensibilité de ces différentes mesures dépend fortement de la taille et la nature des particules présentes dans la colonne d'eau et les correspondances entre elles ne sont pas univoques.

Récemment, les appareils acoustiques (ABS, Acoustic Backscatter System, et ADCP, courantomètres acoustiques à effet Doppler) ont montré leur capacité à répondre à la charge en particules de l'eau, le signal acoustique étant rétrodiffusé par les particules présentes dans le milieu. L'intérêt est d'échantillonner en continu, le long de la route du navire, sur toute la colonne d'eau les concentrations de matières en suspension et elle est beaucoup moins sensible à l'encrassement que les capteurs optiques. Cependant, il existe plusieurs limitations inhérentes aux ADCP : limitation de la portée, cadence de mesure, impossibilité de mesurer dans une zone proche du capteur et à proximité du fond, et mesure suivant 4 faisceaux maximum. Enfin, outre les fluctuations turbulentes du champ de vitesse au sein du volume d'échantillonnage, la technique de mesure Doppler introduit une erreur aléatoire assimilable à un écart-type sur les vitesses mesurées.

Notre équipe a étudié la possibilité d'utiliser des sondeurs monofaisceaux (SBES (EK 60, 200 KHz)) et multifaisceaux MBES (SM20 à 200 KHz, EM3002 à 300 KHz) pour la quantification de la MES, étant donné qu'ils sont potentiellement mieux adaptés à la mesure de la matière en suspension: absence de "bruit Doppler", nombre élevé de faisceaux, pas de zones "blanches" près du capteur et au fond, cadence élevée etc.... En outre, ces systèmes acoustiques permettent d'obtenir simultanément un modèle numérique de terrain du fond et une image de la colonne d'eau. Nos expériences préliminaires en mer d'Iroise en mars 2012 montrent des résultats prometteurs: nos SBES et MBES imagent effectivement la stratification des couches d'eau (Figure 3), liée à la rétrodiffusion des particules contenues dans la colonne d'eau en relation avec des couches néphéloïdes et/ou des couches limites benthiques.

Nous proposons donc, dans le cadre de ce travail de thèse, de mettre en oeuvre conjointement des capteurs acoustiques (echosondeurs mono et multifaisceaux, profileur acoustique de plancton) et optiques sous marins (turbidimètre, granulomètre laser in situ, spectromètre (mesure de la réflectance)) et aérien (capteur optique et hyperspectral, Lidar

Bathymétrie) pour quantifier la MES et caractériser la nature des particules (minérale ou organique).

Les principaux aspects de ce projet seront :

1) le développement d'une méthode utilisant la forme de l'onde acoustique émise et reçue par echosondeur pour caractériser le contenu de la colonne d'eau.

2) de la même façon, on s'intéressera au potentiel du lidar bathymétrique, actuellement utilisé uniquement pour mesurer la hauteur de la tranche d'eau, pour mesurer la turbidité, à partir de la composante "full wave form" du signal bathymétrique. Un modèle de transfert optique dans la colonne d'eau sera ainsi développé incorporant l'état de la mer, les propriétés physiques de la colonne d'eau et la nature du substratum. Ce modèle s'appuiera sur les travaux de la société Actimar

Cette thèse utilisera :

1/ des données de lidar bathymétriques, acquises conjointement avec des données de réflectance par spectrométrie, acquises en 2012 en rade de Brest, en partenariat avec le SHOM, la société Actimar, et l'Ifremer.

2/ les moyens du pôle Image de l'Institut Universitaire Européen de la Mer (Navire océanographique côtier de station L'Albert Lucas, echosondeur monofaisceau (mini-sounder 200 Khz Knudsen, EK60), multifaisceaux (SM20 et EM3002) et instrumentation mobile (turbidimètres YSI, ADCP 600 et 1200 kHz, ADP, CTD, fluorimètre etc...) et moyens d'analyses des échantillons d'eau en laboratoire (masse de matière, mesure du carbone particulaire total, fluorimétrie...).

Contexte partenarial et scientifique:

Ce projet s'intègre dans les thématiques du laboratoire Domaines Océaniques LDO, plus particulièrement de l'équipe TTM "Transferts de Matière Terre-Mer", et plus généralement de l'IUEM, s'inscrivant dans l'axe 3 du LABEX.

Il est en outre soutenu par l'Agence Nationale de la Recherche via le projet EPURE (Éléments trace métalliques Perturbations climatiques Upwelling, 2012-2015) dans lequel sont impliqués LDO (A. Deschamps étant responsable de la tâche " Mesure des sédiments mis en suspension et déposés par les courants") et le LEMAR (Laboratoire des sciences de l'environnement marin) de l'IUEM, avec lequel la thèse se fera en étroite collaboration (équipe Acoustique halieutique dirigée par A. Lebourges-Daussy, IRD).

Le projet est soutenu par le CNES dans le cadre de la phase 0 de réflexion sur un lidar bathymétrique spatial, et il implique le SHOM, Actimar et l'IFREMER.

Intérêt pour la DGA:

Ce travail de thèse s'inscrit directement dans les thématiques intéressant le ministère de la défense en géologie marine : "Géologie marine : nature et description des sédiments marins (incluant mesures géomécaniques, géophysiques et sédimentaires et techniques d'analyse de données), couplage entre modèles sédimentologiques hydrodynamiques, transport

particulière, évolution du fond". Plus particulièrement, le sujet s'inscrit dans les thématiques prioritaires du POS 2011-2012 "Caractérisation acoustique de la colonne d'eau et des sédiments".

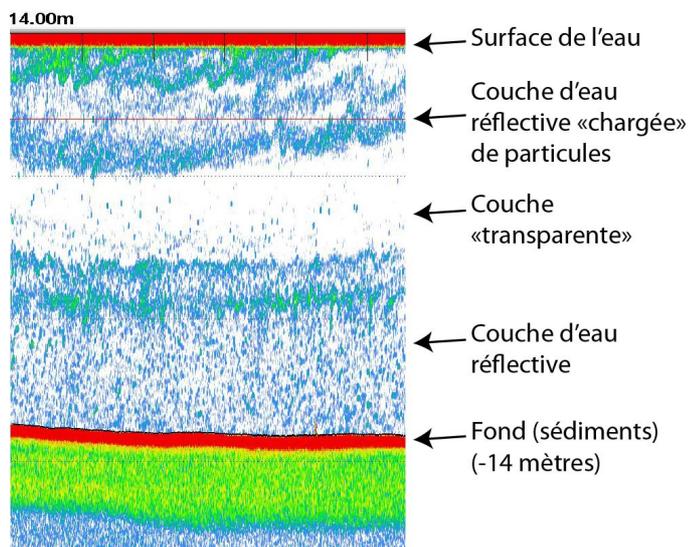


Figure : Stratification de la colonne d'eau (site de la rade de Brest, mars 2012) imagée par echosondeur monofaisceau (SBES) EK60 (200kHz). L'echosondeur multifaisceaux (MBES) Simrad SM20 (200kHz) mis en œuvre simultanément a restitué le même type de signal, hormis sur les faisceaux les plus externes (>50°).