

## DÉVELOPPEMENTS RÉCENTS EN INSTRUMENTATION OCÉANOGRAPHIQUE

Dominique BIROT, Michel LE HAÏTRE et Jacques LEGRAND, laboratoire d'instrumentation océanographique - IFREMER / Brest

Les progrès observés dans la connaissance des sciences de la mer sont dus pour une grande part à l'évolution de l'instrumentation et en particulier aux capteurs. En océanographie les capteurs recouvrent l'ensemble des instruments susceptibles de donner des représentations quantitatives des grandeurs physiques, chimiques ou biologiques de l'eau de mer. La définition et la réalisation de tels équipements exigent de faire appel à toutes les

composantes des sciences de l'ingénieur et les informations résultantes intéressent l'ensemble des disciplines de l'océanographie.

La tendance en instrumentation océanographique est de privilégier les mesures *in situ* par rapport aux méthodes par prélèvement. De plus, afin de remplir tant un objectif d'études de la connaissance du milieu que d'alerte par détection de variation brutale de paramètre, la fréquence de l'échantillonnage doit être rapide. Pour répondre à ces missions le capteur devra être compact, étanche, résistant en pression, consommer peu d'énergie et être insensible au "biofouling" (salissures dues aux organismes marins).

S'il n'est pas dans la mission proprement dite de l'IFREMER de construire ces équipements de série, il se doit d'entretenir un savoir-faire en contact

avec le secteur industriel correspondant afin de lui faire réaliser les équipements dont la communauté scientifique a besoin, mais également de réaliser des maquettes opérationnelles au sein de ses laboratoires.

L'IFREMER a initié des programmes de développement de capteurs optiques et chimiques.

### Le granulomètre laser : les particules en direct...

De longue date, l'observation des matières en suspension constitue pour les scientifiques un support d'informations essentiel pour l'investigation du monde sous-marin. Celles-ci font office de traceurs pour évaluer le déplacement des masses d'eau (réverbération de volume) mais aussi, particulièrement à l'échelle micronique, elles forment le point de départ de la chaîne alimentaire (biomasse) ; il ne faut pas oublier de citer leur rôle

dans le transport des polluants, rôle très critique dans certains problèmes d'environnement. Jusqu'à présent les moyens utilisés (turbidimétrie) ont permis de faire progresser la connaissance ; depuis quelques années, l'IFREMER, en association avec la société CILAS, leader mondial dans le domaine de la granulométrie des poudres, a amélioré de façon significative l'observation des particules libres dans leur milieu naturel en déterminant instantanément leur répartition en taille. Cet équipement a déjà montré au cours de récentes campagnes océanographiques qu'il était possible d'identifier des populations particulières et d'en visualiser les interactions (floculation), ce qui est impossible à partir de techniques séparant les étapes de prélèvements *in situ* et de mesures au laboratoire.

### Spectrofluorimètre : fibres optiques et pigments planctoniques

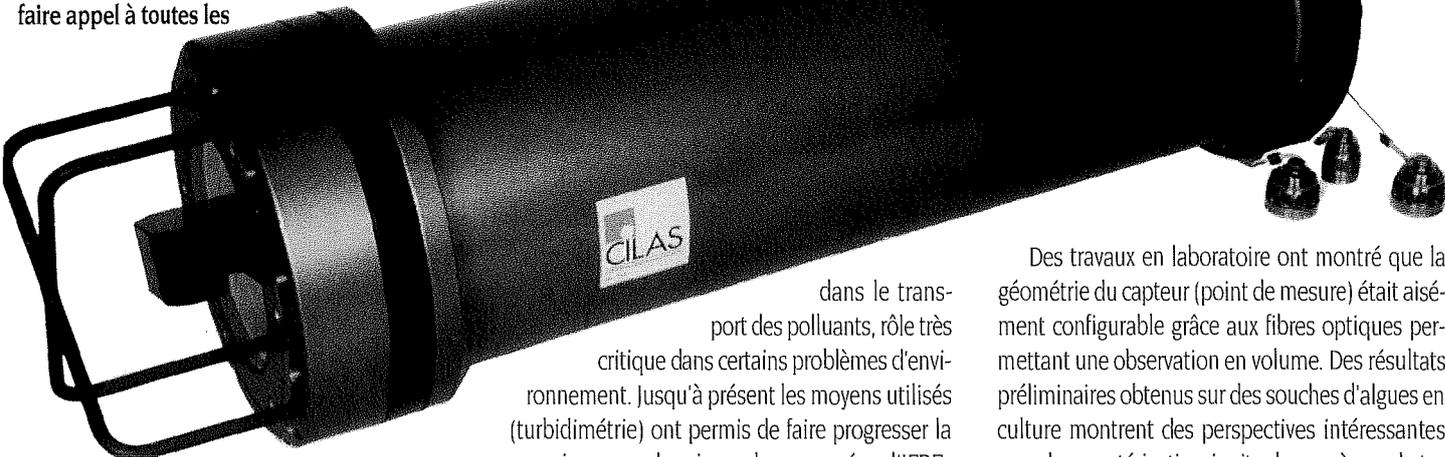
Autre moyen tout optique pour accéder à l'identification des matières en suspension, notamment pour les matières organiques ou biologiques (phytoplancton) : l'émission de fluorescence que certaines microalgues peuvent produire dans des conditions d'excitation lumineuse particulière. Le phytoplancton est une matière très composite centrée sur la chlorophylle. Les éléments annexes (pigments caractéristiques des espèces phytoplanctoniques) peuvent être mis en évidence en jouant sur la longueur d'onde de la lumière d'excitation émise par le spectrofluorimètre ; ce qui réduit l'émission fluorescente de la chlorophylle au profit de celle de ces pigments annexes dans le spectre d'absorption global. La complexité d'un tel équipement a pu être réduite grâce à l'utilisation de fibres optiques.

Des travaux en laboratoire ont montré que la géométrie du capteur (point de mesure) était aisément configurable grâce aux fibres optiques permettant une observation en volume. Des résultats préliminaires obtenus sur des souches d'algues en culture montrent des perspectives intéressantes pour la caractérisation *in situ* des espèces phytoplanctoniques.

### Colorimètre : in situ et en profil vertical

Contrairement aux deux applications présentées précédemment (détermination de la taille des particules et identification des pigments chlorophylliens par analyse de la fluorescence naturelle), la très grande majorité des mesures effectuées dans les laboratoires océanographiques et visant à l'évaluation des paramètres chimiques du milieu marin nécessite un traitement préalable de l'échantillon prélevé de façon à "révéler" le plus sélectivement possible le composé d'intérêt ou atténuer les interférences.

Granulomètre



Les déterminations effectives (éléments nutritifs, sulfures) ou potentielles (pH) de nombreuses substances chimiques du milieu marin reposent ainsi sur l'utilisation du principe de colorimétrie (c'est-à-dire de l'absorptiométrie dans le visible) et mettent en jeu la transformation (à l'aide des réactifs appropriés) de l'espèce concernée en un composé coloré absorbant la lumière visible dans une bande de longueur d'onde donnée. La mesure quantitative s'obtient alors grâce à une relation liant concentration et quantité de lumière absorbée grâce à un étalonnage effectué sur des produits standards de concentrations connues.

Pendant longtemps, les différentes opérations liées à la mesure colorimétrique (échantillonnage, ajout de réactifs, mélange), n'ont pu être réalisées que de façon manuelle ; mais depuis les années 60, les laboratoires d'océanographie se sont efforcés de les automatiser notamment par l'utilisation de la technique à flux continu segmenté par bulles d'air.

Un de nos projets actuels, mené en collaboration avec le laboratoire de chimie et des écosystèmes marins de l'université de Bretagne occidentale et la société MORS-ENVIRONNEMENT, soutenu par la région Bretagne par le biais du financement d'une thèse de doctorat, porte ainsi sur la réalisation d'un équipement immergeable basé sur ce principe. Première application : l'établissement des profils de concentration en nitrates des eaux côtières entre 0 et 300 mètres de profondeur.

La première phase de ce travail a été consacrée à la recherche et l'étude de faisabilité d'une méthode originale de mise en œuvre du principe colorimétrique compatible avec les spécifications requises qu'elles soient métrologiques (étendue de mesure, sensibilité) ou opérationnelles (temps de mesure court, adéquation à un fonctionnement en pression)

La technique retenue, dérivée de la méthode baptisée *Flow Injection Analysis*, consiste dans l'injection ponctuelle d'un petit volume de réactif dans le flux d'échantillon propulsé en permanence dans un circuit hydraulique composé essentiellement par une zone réactionnelle (en fait par un tube de faible diamètre et de quelques dizaines de cm de longueur) et par une cellule de mesure à flux continu. La réaction chimique, responsable de la coloration, se développe progressivement au cours du trajet vers le détecteur du segment du flux où interdiffusent réactifs et échantillons. Contrairement aux autres méthodes colorimétriques classiquement utilisées, cette technique conduit à l'obtention d'un pic d'absorbance, image du segment hétéro-

gène passant de façon transitoire devant le détecteur.

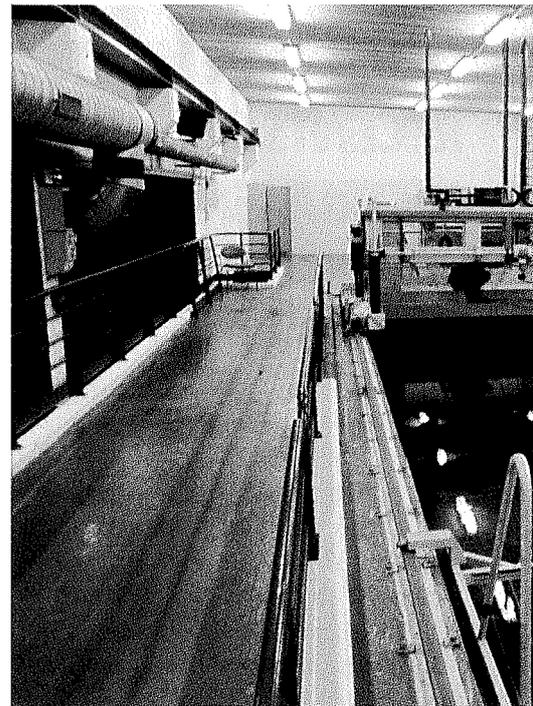
Dans le cas particulier du dosage d'échantillons océanographiques en zone côtière, c'est-à-dire de salinité *a priori* variable, cette réponse est rendue complexe par les interférences optiques dues aux différences d'indice de réfraction entre les segments se succédant. La mise au point de cette méthode pour l'analyse en milieu marin a donc nécessité le développement d'un traitement du signal original pour pouvoir obtenir une sensibilité de mesure satisfaisante.

Les principales difficultés de cette étude de faisabilité étant levées, la phase de conception d'un prototype de démonstration vient de débuter. Elle prend en compte, notamment, dans une étape intermédiaire, l'étude systématique de l'influence des conditions opérationnelles du milieu marin (pression, température, turbidité) sur la mesure. ■

## LE BASSIN D'ESSAIS DE BOULOGNE-SUR-MER

Michel REPECAUD, service Navires, pêche, aquaculture, IFREMER / Boulogne-sur-Mer

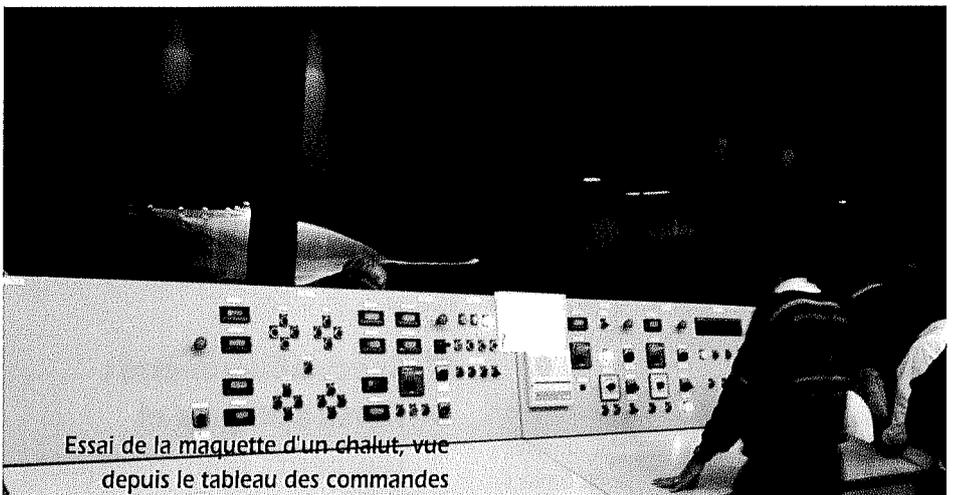
**C**ela fait trois ans que l'IFREMER a mis en service son nouveau bassin d'essais, implanté dans le centre de la mer NAUSICÂA à Boulogne-sur-Mer. La construction de ce bassin a été motivée par des applications concernant la pêche, l'ancien bassin étant devenu



obsolète. Cette nouvelle veine d'essais présente des caractéristiques qui intéressent d'autres domaines d'activités, ceux où chercheurs et ingénieurs rencontrent des problèmes d'hydrodynamique, d'hydraulique ou d'aérodynamique.

Cette installation, gérée par la direction de l'ingénierie, de la technologie et de l'informatique de l'IFREMER fait partie de la convention PROMEHYD qui regroupe les principaux moyens d'essais français en hydrodynamique navale et génie océanique.

La veine du bassin est constituée d'une boucle verticale de section rectangulaire. Les 700 m<sup>3</sup> d'eau douce sont entraînés par deux pompes de 250 kW chacune qui assurent une vitesse moyenne de l'eau comprise entre 0,15 et 2m/s.



Essai de la maquette d'un chalut, vue depuis le tableau des commandes



Les essais sont effectués sur des modèles réduits (ou en vraie grandeur s'ils sont de petite taille) d'engins remorqués, navigant, ou ancrés, mais également sur tout dispositif soumis à un courant d'eau (ou d'un autre fluide).

Le principe de fonctionnement du bassin est d'assurer un écoulement homogène de l'eau autour de l'objet à tester. Celui-ci est maintenu soit par une simulation du dispositif de remorquage, soit par des balances de mesures d'effort ou d'attitude. Pour compléter la simulation dans le cas d'engins en contact avec le fond, ce dernier est animé d'un mouvement de défilement synchrone avec l'eau.

La zone de mesure est un volume de 4 m de large, 2 m de profondeur et d'environ 18 m de longueur utile. Un vitrage latéral de 8 m de longueur et 2 m de hauteur permet l'observation des modèles.

### Applications au domaine de la pêche

Un chalut est une gigantesque poche de filet entièrement souple dont la forme en pêche résulte des forces exercées par l'eau sur chacun de ses éléments constitutifs. L'observation des maquettes en fonctionnement et la mesure des efforts de remorquage à une vitesse donnée, constituent deux éléments nécessaires à leur connaissance et leur perfectionnement. Un tel moyen d'essais offre, en raison de ses caractéristiques, de nombreuses possibilités :

- des études en vraie grandeur de certains éléments du train de pêche,
- des études fines de modélisation du fonctionnement des chaluts.

Les résultats attendus concernent les économies d'énergie pour les navires de pêche, la sécurité des navires et des équipages, l'amélioration des conditions de travail pour une meilleure productivité, la protection de la ressource par l'amélioration de la sélectivité des engins.

### Applications aux études hydrodynamiques

Le bassin d'essais de Boulogne-sur-Mer offre une veine de grande taille, et ses spécificités le rendent complémentaire des moyens d'essais déjà existants. On notera aussi que, vis-à-vis des bassins de traction, ce bassin permet des temps de mesure en principe illimités. Cette caractéristique permet donc d'envisager des études et recherches dans de nombreux domaines. À titre d'exemple :

- la comparaison et l'optimisation de formes : engins sous-marins, navires à bulbes, formes arrières, appendices de coque, structures aquacoles...
- le comportement d'engins autopropulsés ou remorqués : mesure de la traînée, stabilité de route, vibration, interactions,
- la présélection d'idées nouvelles proposées par des architectes navals ou des inventeurs,
- la recherche de nouveaux dispositifs anti-vibratoires (tubes, câbles, flexibles),
- l'établissement d'une banque de données de coefficients dus à la surface libre (radiation) et visqueux en roulis et tangage (bouchains, quilles, appendices divers),
- la mesure des efforts d'ancrage sur des structures flottantes ou posées sur le fond,
- la visualisation de l'écoulement autour d'objets (grandeur réelle ou maquette),
- les mesures d'efforts hydrodynamiques stationnaires et instationnaires,
- la mesure de vitesse locale de l'écoulement autour de corps immergés.

Dans un contexte économique peu favorable, le niveau d'activités liées au bassin d'essais s'est montré très satisfaisant et les essais effectués variés. Ce premier bilan nous permet d'être optimistes quant au développement national et international de ce moyen d'essais. ■

## CHALUTIERS : LE "PACHA" BIENTOT À BORD

Ramiro GONZALES, service Navires, pêche, aquaculture, IFREMER / BREST

Les patrons des chalutiers disposeront désormais d'une information complète et en temps réel sur le chalut et la navigation.

Le PACHA (positionnement acoustique du chalut) est un système d'information intégré qui permet de connaître à tout moment les données nécessaires pour optimiser le chalutage en conditions de sécurité.

Depuis longtemps les patrons pêcheurs des chalutiers ont espéré connaître la position, les attitudes et l'environnement du filet pour optimiser le chalutage en conditions de sécurité. L'objectif du système PACHA est précisément de fournir ces informations aux patrons pêcheurs sur la passerelle de leurs bateaux. La mesure directe des paramètres du positionnement et de la géométrie du chalut permet d'optimiser le réglage en permanence. Grâce à la mesure précise de la position du chalut, il est possible de passer au plus près des croches et des épaves qui sont des zones très riches en poissons, tout en améliorant la sécurité.

Travaillant déjà ensemble sur le projet EUREKA HALIOS - le chalutier du futur - l'entreprise française THOMSON SINTRA ASM (Brest) et la société espagnole CRAME SA (Madrid) ont décidé de collaborer dans le développement de ce système. Connue par ses compétences en acoustique sous-marine, THOMSON-SINTRA ASM, a réussi un transfert de technologie du domaine militaire vers le civil.

Conçu sous forme modulaire, le système PACHA se compose de trois sous-ensembles : une unité acoustique, une unité électronique de traitement des données et une unité de visualisation. Il émet

