



Découvrez plus de documents
accessibles gratuitement dans [Archimer](#)

Bruno BARNOUIN

Directeur du département Génie océanique, IFREMER/Brest

TECHNOLOGIES MARINES* : À LA RECHERCHE D'UNE IDENTITÉ...

Le développement de systèmes destinés à être opérés en milieu marin, que ce soit pour la mesure, le prélèvement, l'extraction, le transport, l'enfouissement présente des caractéristiques communes : prise en compte, incontournable, de contraintes opérationnelles "fortes" (manutention, mise à l'eau et récupération, interaction avec l'environnement), intégration de composants multiples, relevant des disciplines variées, et donc maîtrise de ces dernières, de leurs interfaces, voire de leur interaction, obligation d'une sélection rigoureuse des matériaux et constituants du système.

La réussite d'un développement technologique en mer est à la merci de la défaillance de son maillon le plus faible, le plus souvent sans qu'il soit possible de le diagnostiquer a posteriori avec certitude, pour cause de perte, et faute de l'avoir identifié a priori en tant que tel.

Ces contraintes créent une unité dans l'approche conceptuelle et la pratique opérationnelle, qui explique la revendication sous-tendue dans la notion de "métiers de la mer".

De même reconnaît-on, mais souvent, à tort comme une formalité, le caractère indispensable de la "marinisation", phase mystérieuse au cours de laquelle un objet terrien - a priori simple, "ouvert", et monofonctionnel -, se métamorphose en un système marin, en général "fermé", susceptible de rendre un service équivalent en mer moyennant un environnement opératoire bien défini.



POINT DE VUE

Développement technologique sous contrainte spécifique du milieu

C'est un lieu commun que de parler de milieu hostile à la pénétration de l'homme... et de ses technologies favorites pour communiquer, observer, transporter. Rien, ou presque, de ce qui est utilisé à terre n'est adapté.

M.L. Somers le reconnaît avec humour : *"Even today, real appreciation of conditions of the deep sea-floor, its remoteness, the permanent darkness, the near freezing temperatures, and the enormous all-pervading pressure, is enjoyed only by a relatively small technically literate audience"*. (in : *"Review of progress in Deep Ocean Mapping"*, 1992).

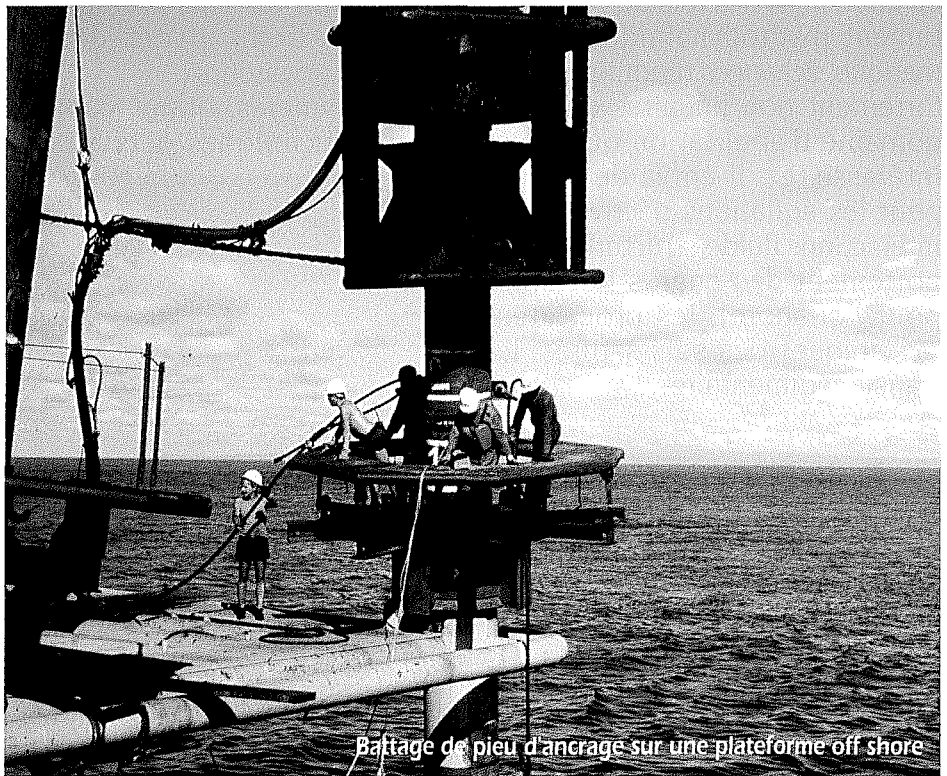
Mais on oublie souvent d'évoquer pour le milieu marin d'autres adjectifs plus insidieux qui sont autant de difficultés à vaincre : aléatoire, agressif, déroutant...

En surface, bien sûr, mais aussi dans son volume, la mer présente une dynamique considérable des paramètres qui intéressent l'ingénieur ou le chercheur : des vagues pyramidales de 33 mètres d'amplitude, aux courants exceptionnels (turbidité), les valeurs maximales communément admises ne cessent d'augmenter au fur et à mesure que s'intensifient les observations.

Le problème du concepteur vient donc de ce que ces variations ne peuvent être prévues - sauf pour les marées - à l'échelle de temps d'un projet. (De quelques mois à quelques dizaines d'années). Le spectre des sollicitations en service, les gammes de mesures pour les paramètres à observer,

ne peuvent donc être prévus que par une approche probabiliste : compte tenu du coût élevé de la couverture des valeurs extrêmes, le risque associé à cette détermination (et accepté pour le design) n'est jamais nul.

Un simple coup d'œil sur des diagrammes de prédiction de chemins acoustiques relatifs à différentes conditions de bathymétrie laisse le lecteur perplexe quant à la façon de les exploiter, sinon de les lire.



On sait bien qu'il faut dimensionner en fonction de la pression, de la corrosion, mais on pense moins à d'autres causes de défaillance plus sournoises car liées à des durées en service plus importantes : effets de fluage (pour les enceintes étanches), effets de morsures des poissons, actes de piraterie, risques de collision, d'ensouillement, d'instabilité de fondation, de couplages électrolytiques... Pour ne retenir qu'un exemple très grand public, la reconnaissance officielle du phénomène d'"osmose" des bateaux "en plastique" (diffusion, absorption, hydrolyse des polyesters insaturés derrière une membrane isophtalique), est venue mettre un terme à 20 années de glorieuses certitudes quant à la pérennité du matériau.

De même, les propriétés de diffusivité et d'atténuation du milieu sont aussi peu propices à l'exploitation du rayonnement optique, sauf précautions très particulières (éclairage) et dispositifs récepteurs adaptés (range-gating). Ces propriétés engendrent en outre des problèmes bien particuliers pour le télécontrôle ou la télécommande à distance, à cause des retards importants introduits dans la boucle d'asservissement par les temps de propagation, et des (intrinsèquement) mauvais ratios S/B (Signal sur Bruit) des signaux à traiter, qu'il s'agisse de sons ou d'images.

Les responsables de tous nos soucis s'appellent Coriolis, Navier-Stokes, (pour les écoule-



POINT DE VUE

ments), Darcy (la diffusion en milieu poreux), Descartes (la propagation acoustique), Boltzmann (viscoélasticité), Airy (la dispersion des ondes de surface).

A la base des constats ci-dessus, en effet, il y a des lois de comportement (hydrodynamique, cinématique, échanges thermiques,...) fortement non linéaires dans le domaine d'application qui nous intéresse. Et, il en va de même pour les équations décrivant les interactions fluide-structure (comportement des engins flottants pour l'offshore), les propriétés mécaniques des sols saturés, le transit sédimentaire...

■ Exigences et contradictions

Deux exigences prédominantes pour les technologies marines peuvent se déduire des considérations précédentes.

Dans un objectif qualité/fiabilité, toutes les agressions, exceptionnelles ou permanentes, doivent avoir été anticipées et faire l'objet de mesures de protection (qui ne se neutraliseront pas entre elles, ni ne nuiront aux fonctionnalités).

Au bilan, il reste un compromis à trouver entre une attitude fataliste encore fréquente ("fortune de mer...") et la dispendieuse approche imposée par les normes militaires pour des applications qui, elles, visent une extrême fiabilité.

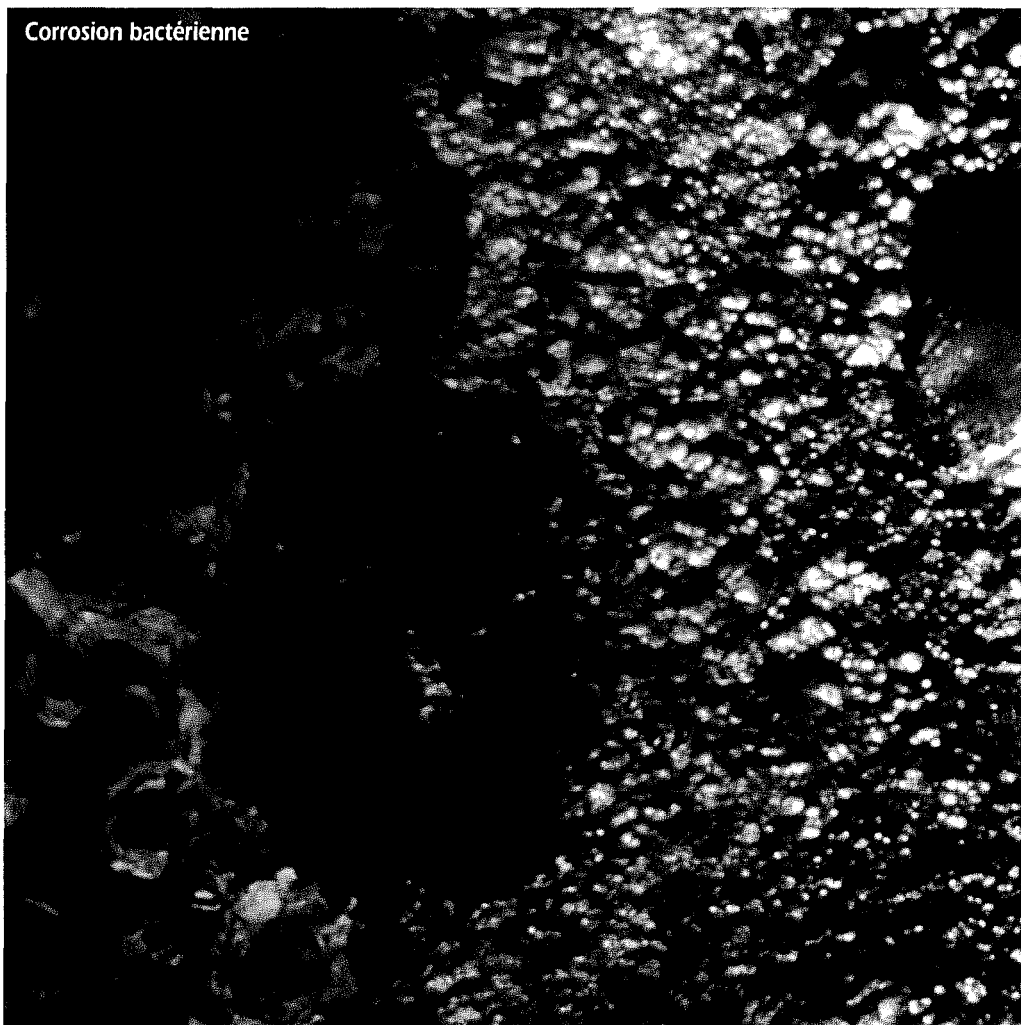
Les technologies marines constituent un domaine de prédilection des techniques "de pointe", seules capables de contourner ou de s'accommoder des contraintes de propagation aléa-

toire, rétrodiffusion, consommation d'énergie, oxygénation différentielle, autonomie de fonctionnement etc...

Et, en effet, les technologies "Marines" se sont souvent montrées parmi les plus promptes à essayer de tirer parti des idées et produits novateurs :

- les polymères, titane, composites, techniques de surmou-

en bout de chaîne, quels que soient les instruments : systèmes adaptatifs de transmission (pour le canal acoustique), la reconnaissance sur image (à toutes échelles, du plancton sous microscope au champ d'algues sous satellite), réseaux neuronaux pour la classification (pour la cytométrie ou le traitement des échos sonars), automates flexibles pour la télémanipulation,...



lage, traitements de surface,.... pour les enceintes, les hydrophones, la connectique,

- les caméras miniaturisées, les mémoires embarquées, les ASIC's, les horloges de haute précision, la vidéogrammétrique laser, les moteurs sans balais,.... pour l'électronique sous-marine,

- les applications "traitement du signal" de plus en plus présentes

- la fibre optique, surtout mono-mode, pour la transmission, ou greffée, pour la mesure sélective de concentration d'espèces chimiques.

Au passage, il faut bien admettre la contradiction entre ces deux exigences antagonistes, qu'il faut pourtant gérer au niveau de chaque projet en les y insufflant en bonnes proportions.

Moteurs et démarches du développement

Comme toujours, il faut analyser ces démarches à partir de l'expression des besoins qu'elles sont censées satisfaire. Le développement des technologies marines pour les sciences de la mer est lié aux facteurs qui caractérisent leur évolution :

- des conditions aux limites est exigeante en données,
- l'extension (dans une moindre mesure) du domaine temporel à couvrir pour ces observations, et des variables à restituer (qualité des eaux, imagerie des fonds...)
- la transition vers l'océanographie opérationnelle, avec sa conséquence première : le passage au temps réel ou très peu

applications du concept de chantier sous-marin, autour des sources hydrothermales du Pacifique, ou pour la surveillance sismique (Japon, USA), ou encore les premiers engins autonomes (USA), préfigurant une génération de robots d'observation multifonctions, qui devront zigzaguer dans les trois dimensions avant de retrouver seuls le chemin du bercail... et qui portent nos plus sérieux espoirs de baisser significativement les coûts de l'observation océanographique.

A l'inverse, le développement des technologies marines pour les besoins industriels (défense, transport maritime, offshore pétrolier, pêche) vise d'abord un objectif de réduction des coûts de production (notamment salariaux) et un accroissement de la fiabilité des composants et de la productivité des opérations à la mer.

En terme de produits, on assiste donc à une évolution plus lente (approche "technology push"), où chaque étape est conditionnée à la vérification de l'adéquation entre un cahier des charges fonctionnelles peu évolutif et une panoplie de solutions technologiques en évolution.

Néanmoins, au fur et à mesure de leurs consolidations respectives, les deux approches convergent sur des applications ponctuelles. C'est le cas par exemple en acoustique/pêche : les systèmes d'écho-intégration scientifique (mesure de la quantité de biomasse dans un banc de poissons) sont en passe de venir compléter sur les sondeurs professionnels l'information "détection", en aval du signal du sondeur.



- l'extension de la couverture spatiale des observations, dont les scientifiques ont un besoin croissant pour élaborer des modèles, non plus seulement descriptifs, mais prédictifs. Pour décrire certains phénomènes, c'est l'océan mondial qu'il faut appréhender, et, même pour des modèles locaux ou littoraux, la détermination

différé (qui permet aussi le contrôle des instruments en service, ce qui est un facteur déterminant de l'accroissement de la fiabilité).

Face à ces besoins "tous azimuts", l'expansion des moyens pour la Science a été largement tirée par l'innovation technologique (technology pull) : ainsi ont vu le jour les premières

Vers la maturité

Différents indicateurs permettent d'affirmer cette évolution vers une activité mûre, c'est-à-dire mieux assise sur ses bases techniques, ses débouchés, ses finalités opérationnelles, et finalement plus apte à passer du stade de la R & D à celui de l'industrialisation :

- des actions de concentrations industrielles, c'est-à-dire moins de fabricants de ROV (exemple typique), ou de certains instruments, mais des séries plus longues, mieux suivies, compatibles,...

- l'émergence de la préoccupation conformité/calibration, qui se traduit par la mise en œuvre plus systématique de files d'essais pour les procédures de recettes, par l'usage de méthodes normalisées pour les calibrations (quand elles existent), par des intercalibrations systématiques...
- l'apparition d'actions concertées de standardisation dans le cadre européen, avec des projets comme FIESTA (Standardisation of Field Data Quality) ou ICON (Intercalibration of Offshore Underwater Non Destructive Testing tools).

Au-delà de l'interchangeabilité permise par la standardisation des interfaces, cette évolution est inéluctable si l'on veut réellement aboutir à une océanographie opérationnelle (c'est-à-dire destinée à fournir des éléments de décision).

- la reconnaissance de la fonction d'intégration. La notion de maître d'œuvre (intégrateur, ou ensemblier selon les vocables à la mode) s'impose dès que l'on traite d'objets multifonctions, multidisciplinaires, devant exercer un minimum d'autonomie locale. Ce rôle doit en effet être compris et admis tant par les utilisateurs finaux que par les fournisseurs pour que chacun puisse exercer au mieux ses compétences et prendre ses responsabilités.

Tout ceci ne signifie pas la fin des développements à base de bricolages géniaux, à moindre coût, très innovants, qui restent la meilleure solution pour satisfaire des besoins unitaires et constituent la plus efficace des stimulations pour le développement. Simplement, cela signifie que ce stade ne peut plus être considéré comme suffisant dès que l'on est en situation de transfert, de partenariat, voire de compétition, et, bien sûr, de valorisation.

Or il apparaît clairement aujourd'hui que la plus large diffusion - moyennant les compatibilités nécessaires - des outils, des instruments et des méthodes, au-delà d'un bénéfice économique évident - tant pour l'acquéreur que pour le distributeur -, constitue un facteur puissant de coordination scientifique et opérationnelle, de fiabilité, de crédibilité des résultats, et, au total, de qualité. ■



Aspirateur avec tuyau, fixé sur le bras droit du Nautille.