

Comment améliorer la vitesse d'un navire, diminuer les émissions sonores d'un sous-marin, optimiser la structure d'un navire pour qu'il offre une meilleure tenue à la mer ? Autant de questions auxquelles le Bassin d'essais des carènes tente de répondre en combinant les essais numériques aux tests réels dans son centre de Val de Reuil.

Le numérique au service des marins

Le Bassin d'essais des carènes de Val de Reuil abrite d'importants moyens de test physiques et numériques et une quarantaine d'ingénieurs.

Une science ancienne...

Centre d'expertise et d'essais de la DGA (Délégation Générale pour l'Armement), le Bassin d'Essais des carènes est l'un des plus anciens centres d'essais hydrodynamiques au monde puisqu'il fut lancé en 1906 ! Il dispose d'ailleurs de moyens importants, situés en Normandie à Val de Reuil pour l'évaluation expérimentale des performances de navires, sous-marins ou missiles. Manœuvrabilité, tenue à la mer, cavitation, mesure de résistance et d'écoulement, conception et optimisation de propulseurs... sont autant de tâches réalisées par ce laboratoire sur des maquettes physiques, mais également à l'aide d'une vaste panoplie d'outils numériques. L'unité de Val de Reuil dispose notamment de plusieurs tunnels hydrodynamiques, d'un bassin de traction de près de 600 mètres de long, d'une cuve à houle ou encore d'un bassin de giration de 60 mètres de diamètre !

Environ 120 personnes, dont une cinquantaine d'ingénieurs, travaillent autour de trois pôles d'expertise :

- l'hydrodynamique navale et l'hydroacoustique, qui concernent le comportement à la mer avant et après avaries, la puissance propulsive, le bruit d'origine hydrodynamique, la cavitation, etc.

- l'analyse de structures de navires en terme de réponse aux charges dynamiques sur la houle et en vibroacoustique, l'évaluation de trajectoire sous-marine...

- les essais réels en mer ou sur modèles réduits, et les simulations numériques.

Etant donnée son appartenance au Ministère de la Défense le Bassin d'essais des carènes travaille en majorité pour la DGA, mais il répond également aux demandes que peuvent lui adresser les constructeurs civils de navires. Le Bassin d'essais des carènes aide les services de programmes de la DGA et les architectes navals à concevoir tous types d'engins évoluant dans l'eau, et intervient également pour évaluer les performances de navires déjà réalisés.

David Bellevre, Expert en systèmes de propulsion, justifie l'importance d'une structure telle que le Bassin,

« si la construction maritime est une science ancienne, elle met en œuvre des phénomènes physiques difficiles à maîtriser. Sans essais préalables ou simulations numériques par exemple, il est impossible de déterminer la force nécessaire pour faire avancer un bâtiment à une vitesse donnée ! »

Deux activités principales occupent D. Bellevre et ses collègues, l'étude des propulseurs et de la forme des navires. *« Les architectes navals font appel à nous pour, par exemple, établir la courbe de résistance d'un bateau et définir quelle forme de bulbe permettra d'améliorer ses performances. Nous pouvons également être amenés à participer à l'élaboration d'un nouveau dispositif de propulsion, déterminer l'influence de stabilisateurs sur un bateau de surfaces, etc. »*

... qui adopte des outils modernes

Comme toute la DGA, le Bassin a adopté Catia comme modèleur CAO principale. Celui-ci est complété de nombreux codes de calcul du commerce : Abaqus, Sysnoise

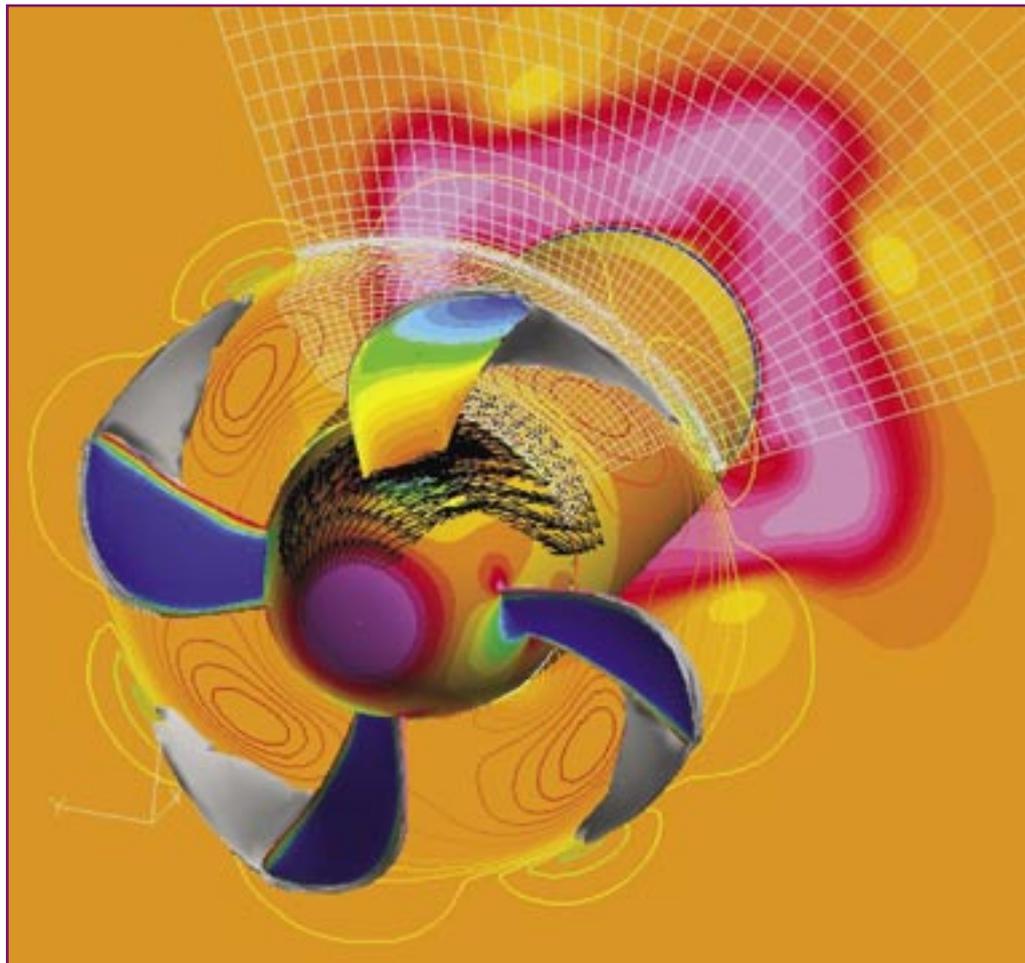
(de LMS), Fluent, I-Deas, Nastran, Icem... Faute d'outils disponibles sur le marché adaptés à ses besoins, le Bassin a également développé ou fait développer par des universités ses propres solutions comme Bataos un modèleur de carène, ou Palaos un modèleur-maillleur pour les pales d'hélice. Ces outils permettent une paramétrisation sous contraintes de la forme d'origine et de générer ainsi des centaines de formes à partir de la forme initiale. Le logiciel Bataos permet par exemple de modifier ou de conserver les paramètres classiquement utilisés par l'architecte naval : courbe des aires, centre de carène, ligne de flottaison, ligne de quille, etc. L'utilisation de logiciel comme Frontier ouvre des possibilités d'optimisation multi-objectifs sous contraintes permettant de balayer facilement l'espace des paramètres et de découvrir ceux ayant une réelle influence sur la performance finale. Un travail impossible à réaliser manuellement. L'étude numérique représente 50 % du temps ingénieur vendu par le Bassin à ses clients.

Le cas d'étude le plus classique : l'architecte naval communique la géométrie de son hélice (ou navire). Les ingénieurs du bassin traduisent l'IGES en mode paramétrique, optimise cette géométrie pour la mailler avec ses outils maison automatiques, le calcul est ensuite réalisé en vue d'optimiser les paramètres demandés. Selon le projet, les ingénieurs sont amenés à exécuter des essais en tunnel ou en bassin. Il leur faut dans ce cas définir l'échelle de la maquette et procéder aux essais.

« Il est clair que notre ambition est de tout faire ou presque en numérique. L'idéal serait de supprimer progressivement les bassins et de n'utiliser ceux-ci que dans les cas les plus complexes faisant intervenir de nombreux domaines physiques simultanément. Dans le cas de l'analyse acoustique notamment des hélices,

nous faisons systématiquement des tests physiques, car la modélisation numérique est en l'état actuel des connaissances encore trop complexe pour être mise en œuvre. Cela reste un domaine de recherche, comme

avec des temps de réponse tout à fait raisonnables. Pour des analyses classiques, notre taux d'erreur par rapport à la réalité est compris entre 1 et 3 % en moyenne, ce qui est très satisfaisant. Et puis si les résultats



Optimisation d'un pod par une approche Navier-Stokes à travers une approche type algorithme génétique combinant trois logiciels : Palaos, Fluent et Frontier. (Doc. Fluent)

celui du couplage fort faisant intervenir des phénomènes répondant à des échelles de temps totalement différentes. Nous travaillons également sur le calcul LES (Large Eddy Simulation) qui vise à déterminer de manière fine les turbulences de sillage, mais qui requiert des modèles de 10 à 100 millions d'éléments. Grâce à la modélisation numérique, nous pouvons tester des formes vraiment innovantes, sans avoir peur de perdre du temps sur des impasses technologiques, les calculs peuvent être lancés sur plusieurs dizaines d'itérations

sont probants, l'analyse numérique est la solution la plus économique pour convaincre les décideurs sur un concept particulièrement osé. Et puis s'il fallait justifier encore l'intérêt de la technique numérique dans notre activité signalons qu'avant leur adoption, il fallait un an et de nombreux essais réels à un ingénieur confirmé pour dessiner une hélice au comportement satisfaisant. Aujourd'hui, les moyens numériques dont nous disposons permettent à un débutant rapidement formé de réaliser le même travail en deux semaines ! »

Impossible d'obtenir de la part du Bassin des précisions chiffrées sur les gains obtenus vis-à-vis de l'émission sonore des systèmes de propulsion à hélice. En revanche, une anecdote est révélatrice du chemin parcouru grâce, entre autre, au numérique. « Les hélices que nous produisons actuellement sont tellement silencieuses, que nous avons dû changer les moyens de mesure physique utilisés depuis une dizaine d'années parce qu'ils n'étaient plus suffisamment sensibles... Aujourd'hui, un sous-marin moderne comme le Téméraire de la Marine française fait davan-

tage de bruit que son système de propulsion proprement dit. »

Et reste pragmatique !

Mais, il ne faut pas oublier que le domaine couvert par le Bassin est en majorité le militaire, que les enjeux sont importants et que le risque n'est pas acceptable.

Le numérique est une technique récente et doit encore faire son chemin au sein d'une culture particulièrement ancienne et donc assez conservatrice. C'est pourquoi dans

bon nombre de cas, les essais physiques constituent le juge de paix suprême. La simulation numérique est dans ces cas un guide pour les essais et évite de les multiplier inutilement.

Elle est donc parfaitement complémentaire, d'autant plus que les tests sur maquettes doivent être extrapolés à l'échelle 1, et que la fiabilité en la matière n'est pas totale !

Seuls les essais de tenue à la mer en bassin sont fiables à 100 %. En conclusion, le calcul numérique et les tests réels se valident et s'enrichissent mutuellement. ■

Exemple de réalisation du Bassin pour une optimisation bi-objectif à 15 et 27 nœuds de la résistance d'un navire en modifiant la forme de son bulbe. La chaîne numérique employée pour traiter le bâtiment de surface : Bataos (modèleur) + Icem (mailleur) + Icare (solveur Navier-Stokes à surface libre développé en partenariat avec l'ECN) + Frontier (optimiseur).

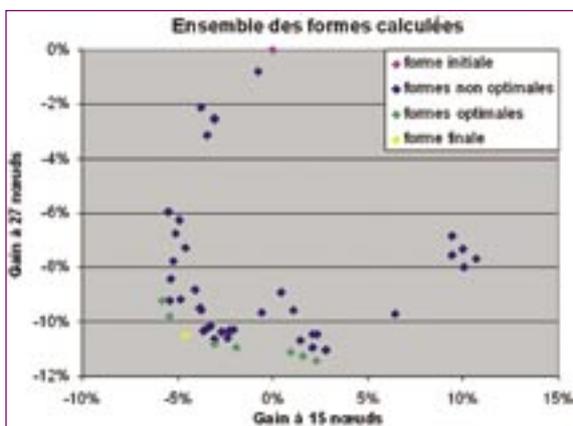
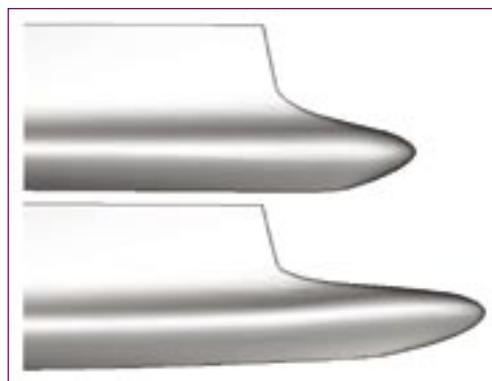
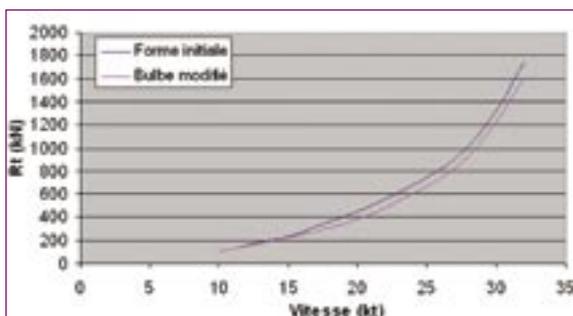


Tableau des résultats des différentes formes calculées lors de l'étude paramétrique.



Forme de départ en haut, forme optimisée en bas, et présentation en couleur du champ de vague générée (surélévation en rouge, creux en bleu).



Gain sur la courbe de résistance en fonction de la vitesse d'avance du navire.

