

20 000 pieds sous les mers...

Hawkes Ocean Technologies a développé un nouveau type de submersible d'exploration. L'apport de la simulation numérique lui a permis de diviser par deux son poids et sa trainée...

L'un des submersibles d'Hawkes Ocean Technologies, mono-place prévu pour réaliser des films sous-marins.

Le monde océanique renferme une variété infinie de plantes et d'animaux. Si les $\frac{3}{4}$ de la planète sont occupés par les océans, seulement 5 % sont explorés aujourd'hui, faute de moyens techniques adaptés à cet environnement. Les scaphandres autonomes sont limités en terme de profondeur, et les véhicules amphibies disponibles peu maniables et dépendants d'un « bateau nourrice » pour leur mise en œuvre. En plus, ils sont particulièrement bruyants et lumineux ce qui effraye nombre d'organismes vivants. La société Hawkes Ocean Technologies s'est donc attaqué au problème. Elle propose un nouveau type de sous-marin d'exploration : petit et hautement manœuvrable grâce à des équipements directionnels et propulsifs semblables à ce que l'on trouve sur un avion moderne. De cette manière, le submersible combine les avantages du plongeur, discrétion et visibilité maximale, avec la capacité de

plonger en profondeur d'un submersible conventionnel. Ingénieur et explorateur sous-marin reconnu dans le monde entier, le fondateur de la société Graham Hawkes, détient le record mondial de plongée en solo : 3000 pieds. Il a par ailleurs été responsable de la conception de centaines de véhicules sous-marins développés pour la recherche et l'industrie. Le Deep Rover par exemple a été employé dans le film 3D Imax réalisé par James Cameron « Aliens of the deep », citons également le mini sous-marin Mantis apparaissant dans le film James Bond « Rien que pour vos yeux ». Située en Californie près de la baie de San Francisco, Hawkes Ocean Technologies a remporté plusieurs prix de design industriel malgré la taille réduite de son équipe de professionnels.

Les submersibles fondés sur le concept « d'avion sous-marin » propre à Hawkes sont actuellement prévus pour atteindre une profon-

deur de 3000 pieds ; la prochaine génération en cours de développement devrait plonger jusqu'à 20 000 pieds ! Elle repose sur une structure légère en composite renforcé de carbone en lieu et place de l'aluminium. Ce submersible est prévu pour deux personnes qui prennent place dans des cabines pressurisées. Les passagers bénéficient de dômes transparents en acrylique offrant une visibilité sur 360° et minimisant les distorsions visuelles dues à la réfraction de l'eau.

Résister à la pression

L'une des plus grosses difficultés que l'on rencontre lors de la conception de ce nouveau type de véhicule réside dans l'estimation des efforts au sein d'une géométrie complexe et en composite qui doit résister à une pression de 700 psi. D'autant plus que l'habitacle doit offrir le maximum de place à ses occupants pour éviter tout phénomène

de crampe ou de claustrophobie fréquent après une heure ou deux passées à plusieurs centaines de mètres sous la surface de l'océan. Autre difficulté à résoudre, comment déterminer la distribution des efforts dans un matériau dont la nature est anisotrope, avec un comportement différent, d'une direction à l'autre, selon l'orientation des fibres composites ? Outre l'impérieuse nécessité de concevoir un véhicule résistant aux fortes pressions, les ingénieurs ont du travailler également sur les aspects poids et trainée de l'engin. L'objectif étant d'optimiser l'hydrodynamisme du submersible afin d'obtenir un rapport puissance/vitesse de déplacement en accord avec le cahier des charges. Enfin, le concept géométrique imposait une vitesse minimum de 2 nœuds pour maintenir l'immersion du véhicule. Une contrainte à prendre en compte lors des choix d'équilibre général du submersible.

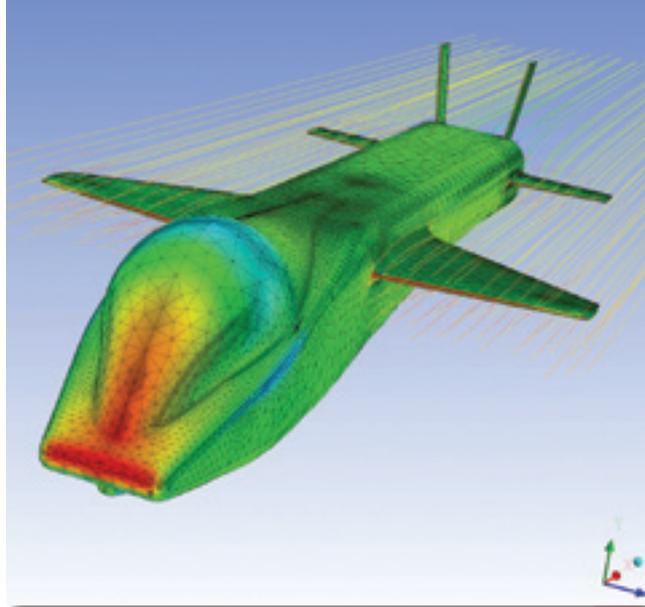
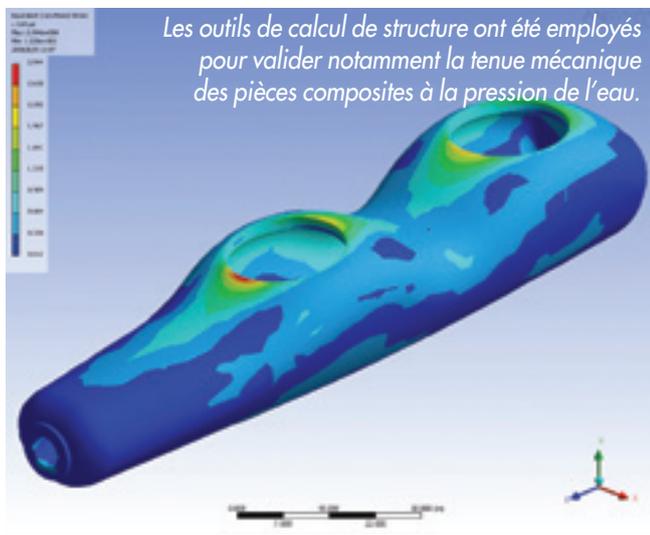
L'apport de la simulation numérique

Pour répondre à toutes ces contraintes, les concepteurs de Hawkes se sont appuyés sur la plate-forme de simulation Workbench d'Ansys. C'est notamment le logiciel de dynamique des fluides CFX qui fut employé pour déterminer la forme extérieure du sous-marin. Il leur a permis de déterminer avec précision les écoulements d'eau et les zones les plus turbulentes. Une aide précieuse pour aboutir à une forme hydrodynamique, optimiser l'efficacité des ailerons de direction, et la manœuvrabilité globale de l'engin.

« Lorsque vous évoluez à 1500 pieds ou plus sous la surface des océans, il n'y a pas de place pour l'erreur. C'est pourquoi nous avons utilisé tous les outils numériques à notre disposition. Les solutions de calcul de structure d'Ansys nous ont ainsi permis de vérifier la tenue des pièces composites aux pressions élevées, tout en évitant leur surdimensionne-

ment préjudiciable. Le logiciel a parfaitement rendu compte des propriétés anisotropiques des matériaux. Nous avons pu visualiser les contraintes sous différentes directions, à la fois sur des graphiques, mais également à travers les valeurs précises de Von Mises. Cela nous a permis de déterminer la bonne orientation des fibres de carbone, ainsi que l'épaisseur des parois des pièces soumises aux plus fortes sollicitations, et notamment celles de l'habitacle pressurisé » explique Adam Wright, de Hawkes Ocean Technologies.

L'entreprise a d'autre part analysé les contraintes dans les assemblages de pièces de matériaux différents, par exemple à la jonction entre l'anneau métallique fermant hermétiquement le dôme acrylique sur la coque composite du sous-marin. « Lors de la modélisation de cet assemblage, le logiciel a automatiquement détecté les points de contact entre les surfaces, assigné les propriétés respectives des matériaux et ajusté le raffinement du maillage sans intervention de l'opérateur.



Utilisation du logiciel CFX d'Ansys pour l'optimisation de l'aérodynamisme de la nouvelle génération de sous-marins développée par la société californienne.

En outre, nous avons pu sans hésiter augmenter la densité de maillage dans certaines zones et obtenir rapidement le détail des efforts qui s'y concentraient. »

Tous les modèles géométriques ont été créés sous Inventor d'Autodesk. Son associativité directe avec les solutions d'Ansys a permis aux ingénieurs de modifier fréquemment leur design et de relancer des itérations de calcul sans devoir re-paramétrer à chaque fois les conditions de calcul. Pour certains cas, plus de 40 itérations ont été effectuées successivement... « Le gain de temps sur cette phase de recherche a été mis à profit pour tester un grand nombre de concepts, pousser plus loin l'optimisation du projet, tout en évitant les choix techniques erronés. De cette manière, les développements ont abouti rapidement à une solution optimale, pour un projet dont les différentes contraintes (poids, encombrement, maniabilité, résistance à la pression...) rendaient impossible toute démarche conceptuelle intuitive » renchérit Adam Wright.

Une réduction de poids significative

Le remplacement de l'aluminium par des pièces composites, et la simulation numérique de leur comportement en situation a permis à l'entreprise de diviser par deux le poids de son nouveau type de sous-marin. Conséquence logique, il devrait se déplacer plus vite, consommer moins d'énergie et, finalement, offrir une plus longue autonomie sous-marine. Par ailleurs, l'inutilité d'un « navire nourrice » abaisse ses coûts opérationnels de 70 % et lui permet d'opérer à partir de tous types de plate-forme de mise à l'eau !

Un nouveau type de véhicule d'exploration sous-marine devrait donc voir le jour grâce aux efforts de la société Hawkes Ocean Technologies et mettre à jour les fantastiques ressources du monde sous-marin dans les domaines de la médecine, de la zoologie, de l'alimentation ou encore de la lutte contre la pollution. ■