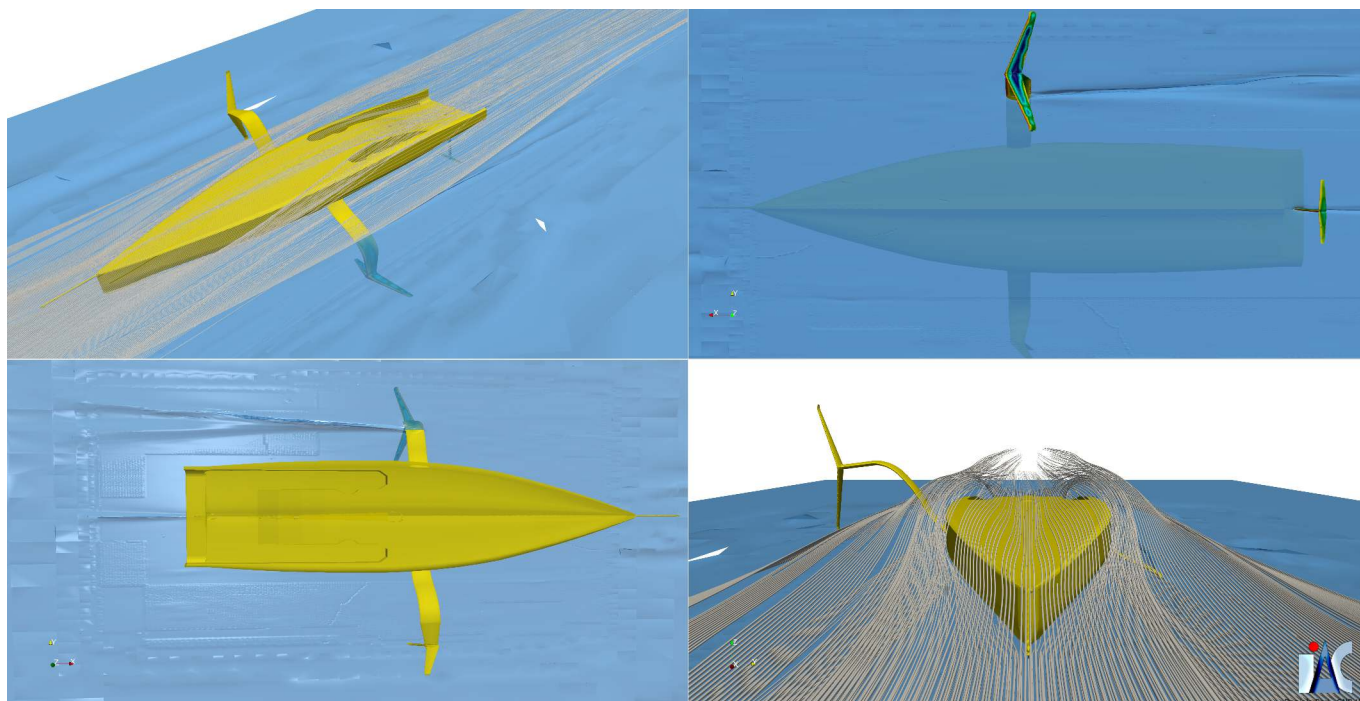


La modellistica matematica e la progettazione delle barche da regata

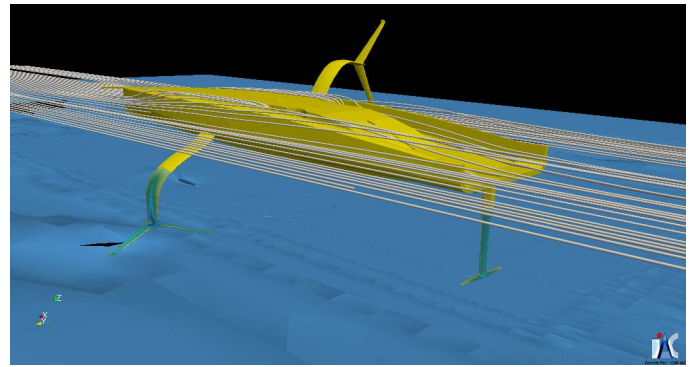
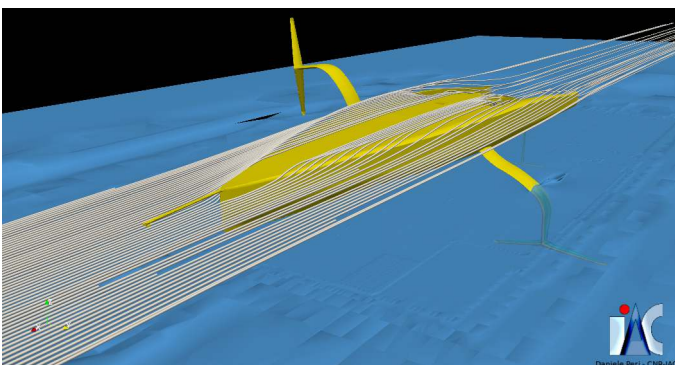
di Daniele Peri

La progettazione di una barca a vela rappresenta dal punto di vista ingegneristico un problema estremamente stimolante. Si tratta infatti di un veicolo che viaggia immerso in due diversi fluidi, l'aria e l'acqua, nei quali si sviluppano le forze ed i momenti che determinano l'assetto e la velocità all'imbarcazione. Le azioni di controllo si svolgono sostanzialmente in acqua, mentre in aria vengono generate le forze propulsive. L'equilibrio di questi due sistemi di forze viene ottenuto regolando sia gli organi di manovra (timone ed altre appendici) che le vele, e le possibilità di regolazione sono pressoché infinite. Tuttavia, mentre per una imbarcazione da diporto l'obiettivo principale è quello puramente ricreativo, per cui la progettazione tipicamente si concentra sulla stabilità e sulla semplicità di conduzione, nel caso di una imbarcazione da regata le prestazioni rappresentano l'unico obiettivo. Questo significa mettere in campo tutti i possibili mezzi tecnici per la determinazione della miglior configurazione possibile, ragion per cui la modellistica matematica è ormai entrata a far parte in pianta stabile degli

strumenti di progettazione ed analisi in uso all'interno del processo di progettazione delle imbarcazioni da regata. Più è elevato l'obiettivo, maggiore sarà lo sforzo compiuto per raggiungerlo, ed in questo senso la conquista della Coppa America rappresenta forse il più importante obiettivo per un velista. Si tratta del trofeo più antico nel mondo dello sport, conteso a livello mondiale da più di un secolo e mezzo. La matematica, e la fluidodinamica computazionale in particolare, hanno contribuito in maniera decisiva alla vittoria della Coppa sin dal 1983, quando ancora la potenza di calcolo disponibile era decisamente modesta. Le innovative appendici di "Australia II", lo scafo vincitore della Coppa di quell'anno, sono state progettate utilizzando modelli matematici decisamente semplificati (un modello a potenziale agli elementi di contorno) ma ingegneristicamente affidabili, utilizzando delle piattaforme di calcolo decisamente meno potenti di un attuale smartphone. Tuttavia l'evoluzione delle forme di carena ha portato rapidamente ad un livellamento in alto delle prestazioni degli scafi, per



cui l'incertezza associata alle previsioni numeriche di questi modelli è diventata superiore rispetto alla differenza delle prestazioni tra i contendenti. Oggi una differenza di prestazioni dell'ordine dell'1% rappresenta il limite di separazione tra la vittoria e la sconfitta. Di conseguenza, grazie soprattutto al progredire delle risorse di calcolo, modelli matematici sempre più raffinati sono stati utilizzati per indirizzare correttamente il processo di progettazione. L'attuale regolamento della Coppa prevede l'utilizzo di imbarcazioni decisamente inusuali, certamente molto distanti da quello che è il comune concetto di imbarcazione a vela. Lo scafo, che normalmente galleggia per sostenere il peso dell'imbarcazione, viaggia completamente sollevato al di fuori dell'acqua, e l'imbarcazione si muove appoggiandosi a sue soli elementi, il timone e la deriva. Mancando un terzo punto di appoggio, si comprende come l'equilibrio dell'imbarcazione contenga elementi di grande criticità. Inoltre, il comportamento dei flussi in aria non influenza più solo l'elemento propulsivo dello scafo, ma influisce in modo significativo sulle prestazioni velocistiche. Cambia quindi la filosofia progettuale dello scafo, ed in questo senso la modellistica matematica contribuisce ad indirizzare i progettisti in un campo del tutto nuovo ed inesplorato. Così come cambia anche l'approccio progettuale per quanto riguarda le appendici immerse, per le quali si osserva l'insorgere di fenomeni fisici quali la cavitazione, tipicamente del tutto estranei alla progettazione delle barche a vela tradizionali. La cavitazione è il fenomeno del passaggio di stato acqua-vapore a temperatura ambiente, determinato dal raggiungimento di una



pressione locale estremamente bassa, cosa che avviene sul dorso delle appendici che sostengono lo scafo (i cosiddetti "foil") a causa dell'elevata velocità e soprattutto dalla necessità di generare la forza di sostentamento per far uscire lo scafo al di fuori dell'acqua. Ciò richiede tecniche di progettazione completamente differenti, e la modellistica matematica, in questo senso, rappresenta un elemento decisamente fondamentale. Nel video possiamo osservare i vari elementi del campo fluidodinamico attorno allo scafo, sia nella parte in aria che in acqua. In particolare, i campi di velocità e pressione. Si tratta di informazioni che consentono di comprendere in modo più preciso i dettagli del funzionamento delle diverse parti dello scafo, consentendone la modifica ed il miglioramento. Inoltre, dato che un modello matematico è facilmente interfacciabile ad un sistema di ottimizzazione automatica, possiamo spostarci verso la frontiera della progettazione assistita: utilizzando infatti i modelli di previsione in combinazione con un algoritmo parametrico di moderazione solida ed un algoritmo di ottimizzazione, è possibile ricercare in modo automatico la forma più conveniente per un determinato obiettivo progettuale. Si tratta di una opportunità fornita unicamente dalla modellistica matematica, e rappresenta sicuramente la ragione per cui le moderne tecniche di progettazione non possono ormai più fare a meno dell'impiego dei modelli matematici.