

America's Cup 2007



di ALFIO QUARTERONI

La leggenda della Coppa America, il più antico e ambito trofeo sportivo della storia, più vecchio dei moderni Giochi Olimpici di ben 40 anni, ha inizio il 22 agosto 1851, attorno all'Isola di Wight, dove 18 imbarcazioni si affrontano su un percorso di 58 miglia nautiche per vincere la Coppa delle Cento Ghinee. Dopo oltre 10 ore dal colpo di pistola iniziale, Sua Altezza Reale, la Regina Vittoria, consegna il trofeo d'argento, del peso di 4 chili, al vittorioso equipaggio di *America*, del New York Yacht Club, che ha battuto l'avversario inglese *Aurora* con un vantaggio di 8 minuti. Da quel momento i club nautici di tutti i continenti ingaggiarono una sfida senza precedenti per strappare la Coppa agli americani. Sforzo vano per ben 132 anni, fino

al 1983, quando *Australia II*, del Real Club Nautico di Perth, vinse grazie a una idea rivoluzionaria, l'apposizione di alette (le *winglets*) sotto il bulbo, evento che segnò l'inizio di una sfida tecnologica che ha assunto importanza decisiva nelle moderne competizioni.

Dopo altri 20 anni, nel 2003, nel Golfo di Auraki, la Coppa vive un altro momento leggendario: *Alinghi*, una barca creata in un paese privo di tradizione marinara come la Svizzera, batte i "kiwi" di *Black Magic*, l'imbarcazione neo-zelandese, con un sorprendente 5-0, riportando la Coppa in Europa dopo ben 152 anni.

NUMERI DA COPPA AMERICA

La Classe "Coppa America", ovvero l'insieme di regole che stabilisco-

no con grande dovizia di particolari quali sono le caratteristiche e i limiti per le imbarcazioni che partecipano ad una competizione della Coppa America, fu introdotta per la prima volta nel 1989 in seguito alla regata più sorprendente della storia della Coppa. Il neozelandese Michael Fay si assicurò in tribunale il diritto a sfidare il timoniere americano Dennis Conner e si presentò alla sfida con una barca che superava le dimensioni di tutte le imbarcazioni precedenti. Conner contrattaccò con un catamarano e non lasciò a Fay alcuna speranza di vincere. Dopo l'aspra contesa, rimasta nella storia col nome di *mismatch*, i giudici di regata resero più severe le regole e introdussero, appunto, una nuova Classe: l'*America's Cup Class*, o ACC.

blowin' in

Per la trentaduesima competizione, in programma nelle acque mediterranee di Valencia fra giugno e luglio di quest'anno, si è giunti alla quinta versione delle regole di classe Coppa America. Rispetto alla competizione precedente, quella del 2003 vinta da Alinghi, sono consentiti una superficie velica più grande e uno scafo più leggero, ma con maggiore affondamento. Il risultato dovrebbe essere una barca più leggera, più veloce e "con più ripresa".

UNA TECNOLOGIA DA FORMULA UNO

La Coppa America viene spesso paragonata alla Formula 1: come quest'ultima adotta soluzioni tecnologicamente di frontiera che garantiscono prestazioni fenomenali. Una barca di ACC può superare oltre 20 nodi in poppa (un nodo corrisponde a 5,14 m/s), ma esprime una velocità straordinaria anche in bolina (controvento): per esempio, con un angolo di 35 gradi e 10 nodi di vento, alcune imbarcazioni riescono a superare i 9 nodi. Un risultato raggiunto grazie a una complessa combinazione di esperimenti in galleria del vento e in bacini di carena, test di laboratorio su materiali, complesse simulazioni matematiche al computer. Si stima che a fronte di circa 30.000 ore necessarie alla costruzione materiale di ognuna delle due imbarcazioni consentite ad ogni team, ne vengano investite non meno di 200.000 in ricerca scientifica!

Il design team di Alinghi ha eletto l'EPFL, il Politecnico Federale di Losanna, suo partner scientifico. Ricercatori del dipartimento di

Scienza dei Materiali lavorano alla concezione di nuovi materiali compositi allo scopo di alleggerire al massimo lo scafo, utilizzando sandwich in fibra di carbonio all'esterno ed una struttura leggerissima a nido d'ape all'interno e sperimentando nuove resine e nuove tecniche di compattazione che consentano di minimizzare l'intrappolamento fra gli strati del sandwich di microbolle d'aria. Altri ricercatori sono impegnati a mettere a punto sensori intelligenti per monitorare, durante la regata, deformazioni e sforzi cui vanno soggetti albero e vele. L'asso nella manica di Alinghi, tuttavia, è probabilmente rappresentato dalle avanzatissime simulazioni matematiche della dinamica dei fluidi. Vediamo allora di capire perché e come la matematica può rivelarsi decisiva.

MATEMATICA COL VENTO IN POPPA

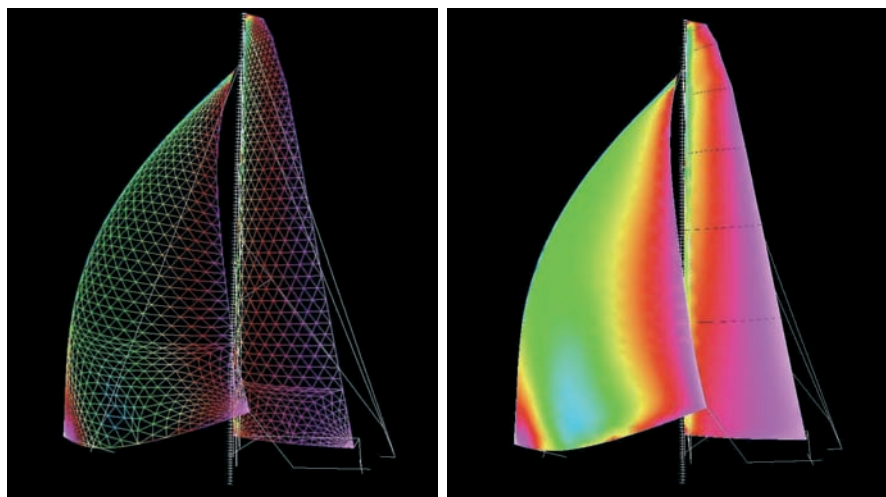
Sino a una ventina di anni fa, le diverse squadre di progettisti sviluppavano forme assai diversificate di scafi, bulbi e chiglie. Oggi le varie forme geometriche hanno raggiunto una standardizzazione piuttosto uniforme e anche i più piccoli dettagli possono fare la differenza in termini di risultati. Jerome Milgram, professore del MIT e veterano nella consulenza a diversi team americani di Coppa America, ha affermato prima dell'inizio dell'ultima competizione:

"Gli yachts di Coppa America richiedono una estrema precisione nel design dello scafo, delle parti in acqua e delle vele. Un nuovo scafo che offra una resistenza all'onda

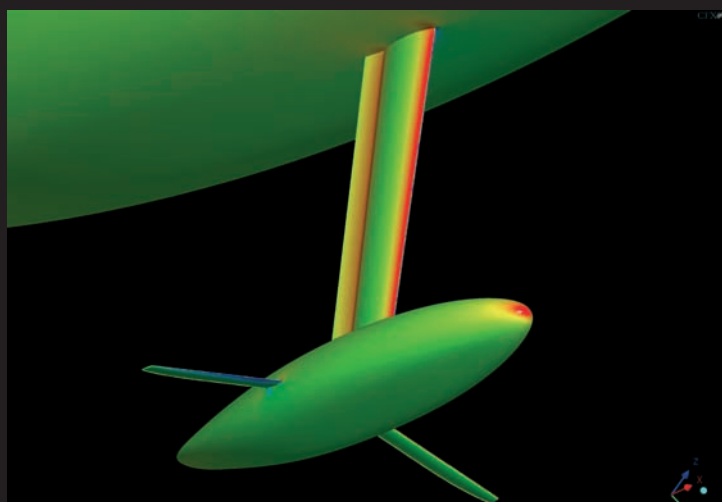
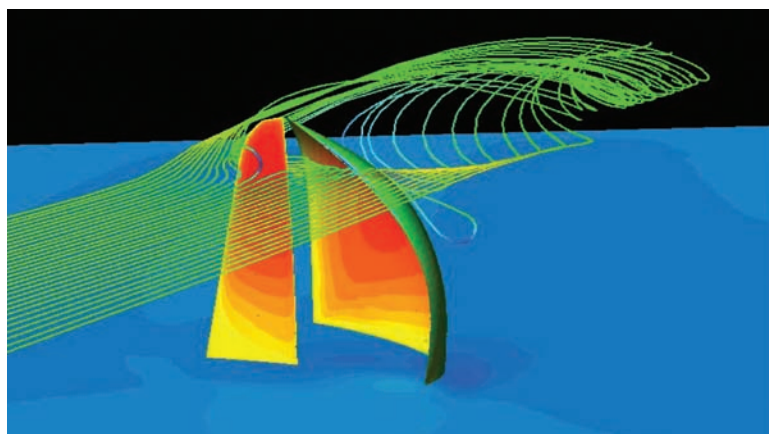
ridotta dell'1% può assicurare un guadagno di 30 secondi sulla linea d'arrivo".

Per ottimizzare le prestazioni di uno scafo si devono risolvere le equazioni della dinamica dei fluidi intorno all'intera barca, tenendo conto delle diverse possibili condizioni di regata, quali, per esempio, la variabilità di venti e onde, dei diversi regimi di regata (di poppa piuttosto che di bolina), della posizione e del movimento della barca avversaria. Ma va considerata anche la dinamica dell'interazione fra i fluidi presenti (aria e acqua) e le componenti strutturali (scafo, appendici, vele e albero). Infine, va modellata con grande accuratezza la forma e il moto della cosiddetta superficie libera, ovvero dell'interfaccia di separazione fra acqua e aria. Idealmente, un modello completo dovrebbe essere in grado di riprodurre diversi aspetti fisici del problema in oggetto. Da un lato, per la simulazione della fluidodinamica dovrebbe tenere conto degli effetti dovuti alla viscosità dell'acqua, della transizione tra flusso laminare e flusso turbolento (quello che genera cascate di vortici di dimensioni variabili, dalla micrometrica alla metrica), delle scie turbolente generate dall'interazione del flusso con le parti immerse, della forma dell'onda che si genera sullo scafo. D'altro lato, dovrebbe saper calcolare le deformazioni strutturali che sono assai significative per via dei carichi estremi agenti sullo scafo (sino a 20 tonnellate), sull'albero e, soprattutto, sulle vele. L'obiettivo è quello di sviluppare con i progettisti le forme ottimali per lo scafo, la chiglia, il bulbo e le alette.

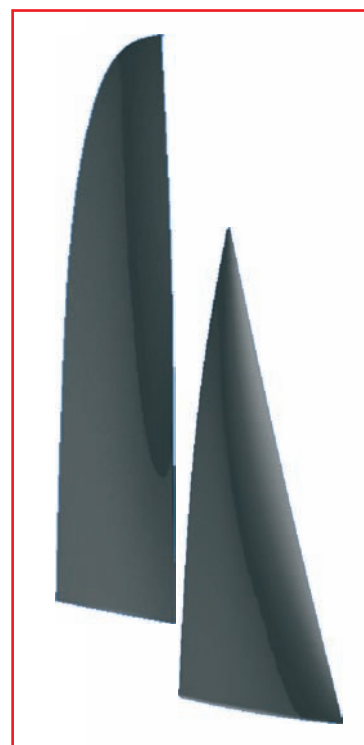
the wind



Le **vele** sono una delle componenti più evidenti in una barca di Coppa America. L'estensione della vela principale (la randa) è dell'ordine dei 220 m^2 , quella del Genoa (che è una vela triangolare issata tra l'albero e l'estremità della prua o del bompresso) oltrepassa i 110 m^2 , lo spinnaker arriva fino a 500 m^2 . Nella figura in alto a sinistra, la reticolazione usata per l'approssimazione numerica del carico di pressione (a destra) su genoa e randa. In basso una simulazione delle traiettorie seguite dalle particelle d'aria rilasciate in prossimità delle vele.

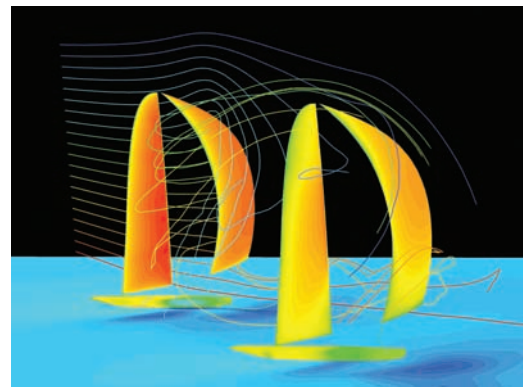
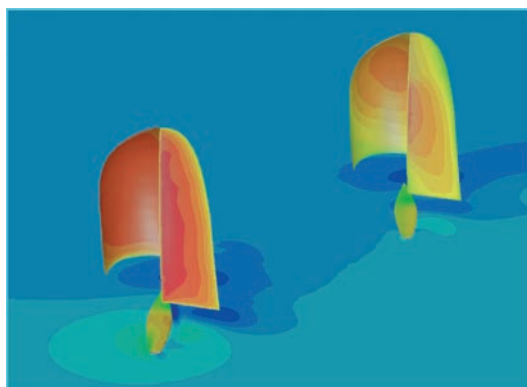


La **chiglia**, il **bulbo** e le **alette** si trovano sempre al di sotto del livello dell'acqua. Dalla loro forma dipendono molte delle proprietà idrodinamiche dell'imbarcazione. In figura una simulazione del carico di pressione sulla chiglia e sul bulbo.



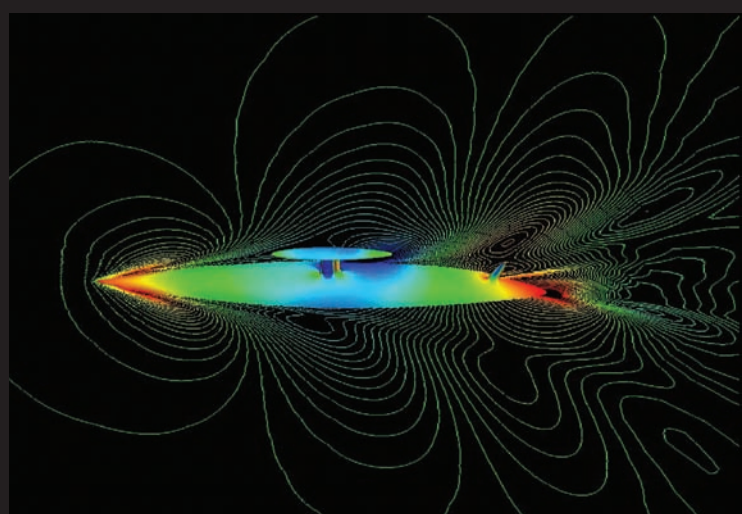
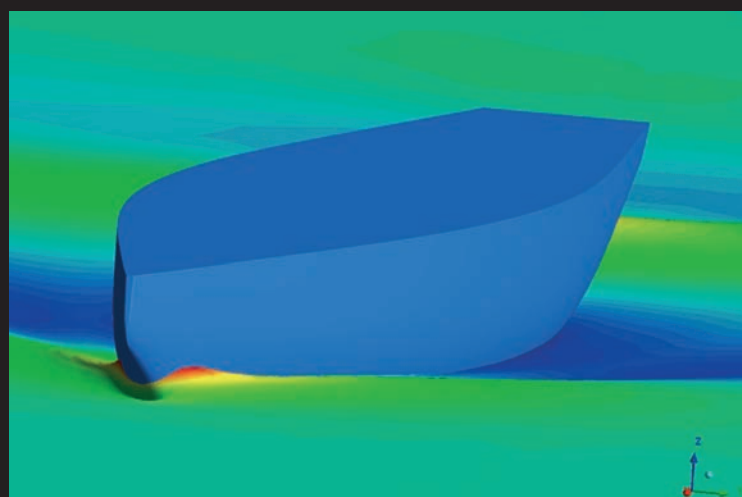
TANTE COMPO PER ESS VINCEN





In una regata non si gareggia mai da soli! È quindi importante simulare l'influenza che una imbarcazione esercita su un'altra. Nelle figure in alto mostriamo il caso in cui una barca (quella che segue) sottrae vento a un'altra (quella che è in testa) nel lato di poppa. Il campo di pressione sulle vele della barca in testa risulta di intensità minore (il rosso intenso rappresenta un'elevata pressione) come si vede nella figura a sinistra. A destra, mostriamo invece come le traiettorie delle particelle d'aria risultano perturbate dall'azione delle vele. La barca che è in testa dovrà attuare una qualche manovra diversiva se non vorrà vedersi raggiungere.

NENTI ERE TI



Lo **scafo** di uno yacht di Coppa America deve resistere a carichi elevatissimi. Esso deve infatti sopportare gli sforzi dovuti all'albero, all'azione delle vele e all'impatto delle onde. Nella figura in alto possiamo vedere il campo ondoso in prossimità della prua della barca. Nella figura in basso riportiamo le onde generate attorno allo scafo in movimento.

SCHEMA DI UNO YACHT DI COPPA AMERICA

Peso: max 24 tonnellate
Linea d'acqua: 20 metri
Lunghezza fuori tutto: max 26 metri
Pescaggio massimo (punto di massima profondità a barca ferma): 4.1 metri
Larghezza: 4.5 metri max
Altezza albero: 35 metri in testa

Area Randa: circa 220 m²
Area Genoa: tra 130 e 150 m²
Area Spinnaker: tra 350 e 500 m²
Lunghezza del bulbo: tra 4.5 e 7 metri
Equipaggio: 17 persone, più un ospite e un arbitro (19 in totale)

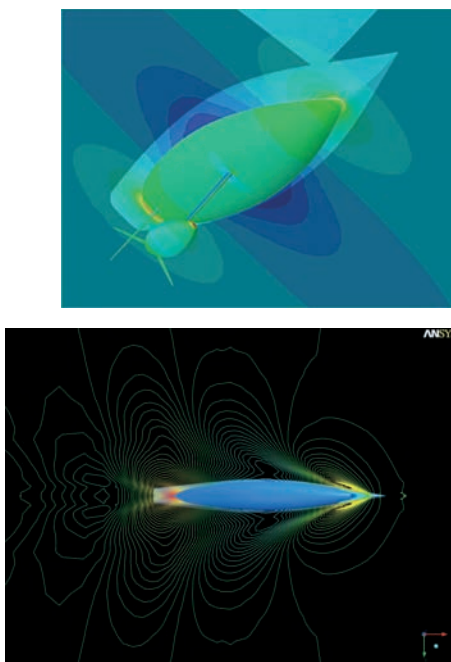
La forma delle vele deve essere ottimale in relazione a quelle che saranno le probabili condizioni di vento. Occorre minimizzare la resistenza sott'acqua e massimizzare la spinta indotta dalle vele. Avanzando, la barca deve produrre onde più basse possibili per evitare un dispendio energetico a scapito della velocità. La matematica consente di simulare in laboratorio le diverse situazioni, abbattendo drasticamente costi e tempi necessari a costruire un numero elevato di prototipi da provare in bacini artificiali o nella galleria del vento.

RISOLVERE L'IMPOSSIBILE

Ma come fare? Il quadro generale è quello dato dalle equazioni di Navier-Stokes (uno dei sei problemi aperti da un milione di dollari della matematica, vedi XlaTangente, numero 1, gennaio 2007) che descrivono tutti i processi fluidodinamici. Queste equazioni non possono essere risolte esattamente (determinando, cioè, in forma esplicita, le soluzioni) e richiedono l'introduzione di speciali metodi di approssimazione, attraverso i quali si ottengono sistemi algebrici non lineari che possono contenere oltre 100 milioni di equazioni! Per risolvere ciascuno di questi problemi, facendo massiccio ricorso a algoritmi paralleli da implementare su computer capaci di effettuare alcune centinaia di miliardi di operazioni ogni secondo, ci vogliono dalle 12 alle 20 ore di tempo.

Queste simulazioni consentono al *design team* di scartare tante soluzioni costruttive, all'apparenza innovative, e di adottarne altre che garantiscano migliori prestazioni.

Inoltre, simulando gli effetti dell'interazione aerodinamica fra due barche, si possono determinare la consistenza delle zone d'ombra (le scie con assenza di vento per via della posizione relativa di una barca rispetto all'altra), la perturbazione del flusso e la vorticità della scia turbolenta che si genera per l'interazione dell'aria,

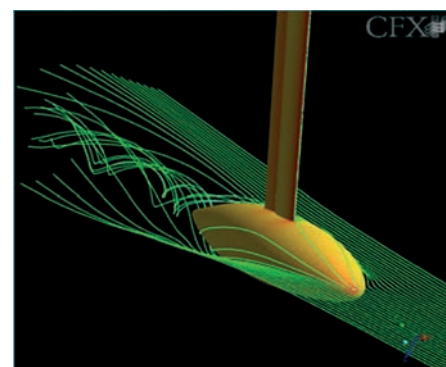


con informazioni preziose per la tattica di gara. Questi studi raffinati e complicatissimi sono finalizzati a disegnare una imbarcazione che presenta un ottimo mix delle quattro caratteristiche che servono per vincere: leggerezza e resistenza, velocità e la manovrabilità necessaria per cambiare assetto nel minor tempo possibile.

UNA QUESTIONE DI UOMINI

Ovviamente, per vincere la Coppa America, i soli modelli matematici, pur fondamentali, non sono sufficienti: serve anche un team di velisti formidabile e, come spesso nella vita, molta fortuna. L'uomo naviga da oltre 40.000 anni. Già all'età della pietra aveva circumnavigato l'Oceania compiendo migliaia di miglia nautiche attraverso il Pacifico. La cosa incredibile è che ancora oggi, con tutta la nostra tecnologia, la vela continua a rappresentare un formidabile teatro di sfida. Anche le regate di Coppa America di quest'anno si preannunciano avvincenti. Ci sono molte novità nell'aria, si vocifera addirittura che per la prima volta astuti algoritmi verranno usati a bordo "in tempo reale" per suggerire allo skipper mosse e contromosse in funzione del comportamento dell'avversario. Se così fosse, in modo ancora più decisivo che nel 2003, la matematica avrà da dire la sua.

A. Q.



Le immagini qui riportate sono ottenute dalle simulazioni con modelli matematici realizzati presso la cattedra CMCS dell'EPFL di Losanna.
<http://iacs.epfl.ch/cmcs>