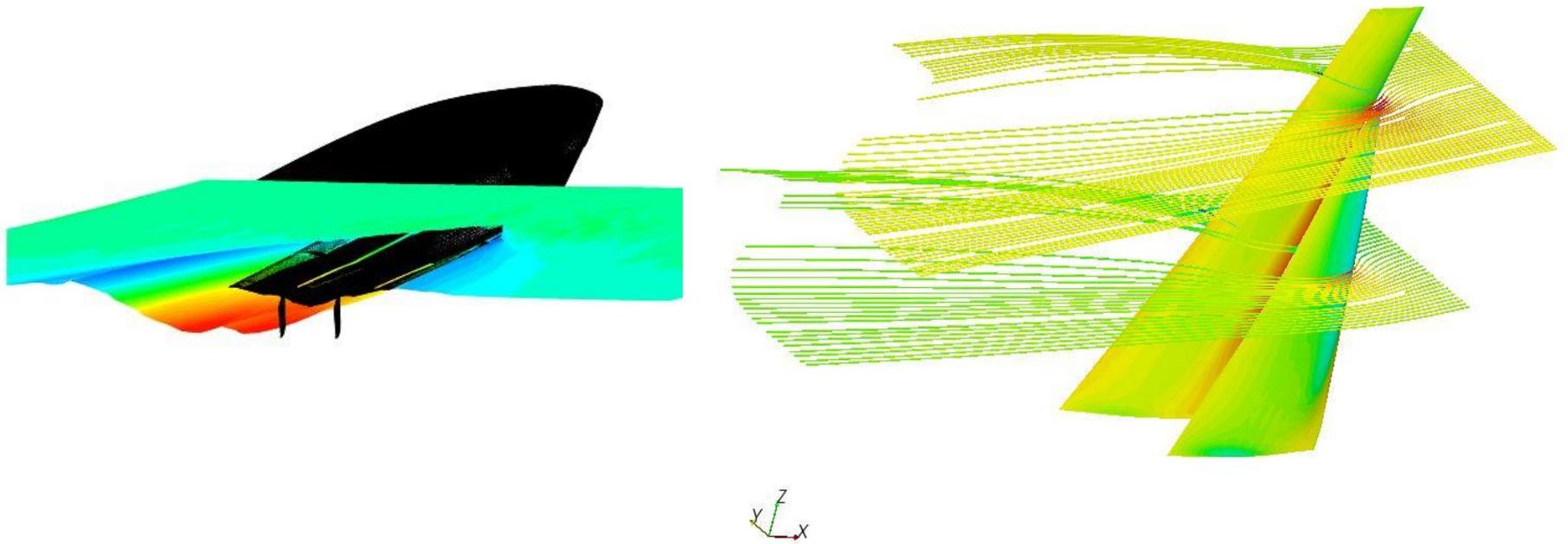
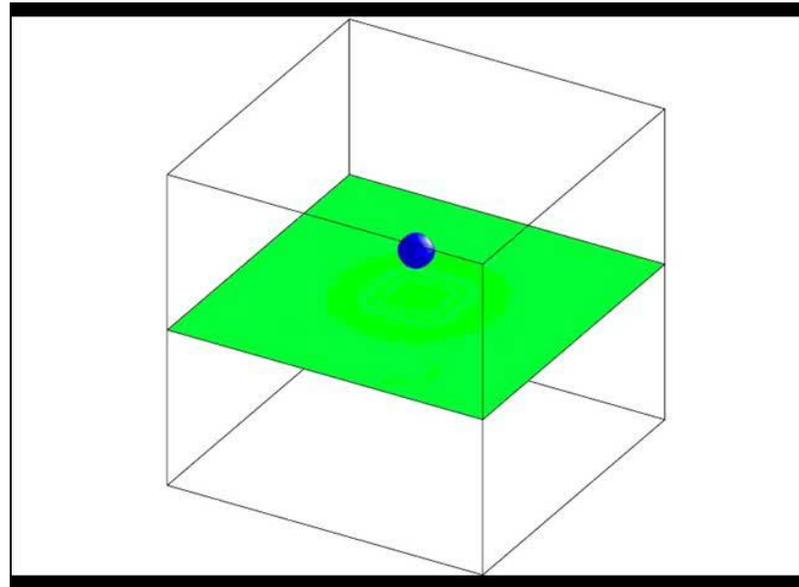


CFD e nautica



BMW ORACLE Racing.

- Le leggi fisiche che regolano il movimento dei fluidi sono note da quasi 200 anni
- Sono le stesse per qualunque tipo di flusso (dalla singola goccia d'acqua alla circolazione atmosferica)



BMW ORACLE Racing.

- La complessità delle equazioni in gioco le rende irrisolvibili *analiticamente* se non per casi semplicissimi di scarso interesse ingegneristico

Navier–Stokes Equations 3 – dimensional – unsteady

Glenn
Research
Center

Continuity:

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w)}{\partial z} = 0$$

X – Momentum:

$$\frac{\partial(\rho u)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho u^2)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xx}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{xy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{xz}}{\partial z} \right]$$

Y – Momentum:

$$\frac{\partial(\rho v)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uv)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho v^2)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial y} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xy}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yy}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial z} \right]$$

Z – Momentum

$$\frac{\partial(\rho w)}{\partial t} + \frac{\partial(\rho uw)}{\partial x} + \frac{\partial(\rho vw)}{\partial y} + \frac{\partial(\rho w^2)}{\partial z} = -\frac{\partial p}{\partial z} + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial \tau_{xz}}{\partial x} + \frac{\partial \tau_{yz}}{\partial y} + \frac{\partial \tau_{zz}}{\partial z} \right]$$

Energy:

$$\begin{aligned} \frac{\partial(E_T)}{\partial t} + \frac{\partial(uE_T)}{\partial x} + \frac{\partial(vE_T)}{\partial y} + \frac{\partial(wE_T)}{\partial z} = & -\frac{\partial(u p)}{\partial x} - \frac{\partial(v p)}{\partial y} - \frac{\partial(w p)}{\partial z} - \frac{1}{Re_r Pr_r} \left[\frac{\partial q_x}{\partial x} + \frac{\partial q_y}{\partial y} + \frac{\partial q_z}{\partial z} \right] \\ & + \frac{1}{Re_r} \left[\frac{\partial}{\partial x} (u \tau_{xx} + v \tau_{xy} + w \tau_{xz}) + \frac{\partial}{\partial y} (u \tau_{xy} + v \tau_{yy} + w \tau_{yz}) + \frac{\partial}{\partial z} (u \tau_{xz} + v \tau_{yz} + w \tau_{zz}) \right] \end{aligned}$$

Time : t Density: ρ Total Energy: E_T Reynolds Number: Re

Coordinates: (x,y,z) Stress: τ Heat Flux: q Prandtl Number: Pr

Velocity Components: (u,v,w) Pressure: p



BMW ORACLE Racing.

- In campo navale bisogna poter prevedere il movimento dei fluidi per conoscere: la velocità raggiungibile, il comportamento in mare, la potenza da installare a bordo o la velatura...



BMW ORACLE Racing.

- Fino a circa 20 anni fa questa conoscenza era possibile esclusivamente eseguendo prove su modelli in scala ridotta (prove in vasca o in galleria del vento)



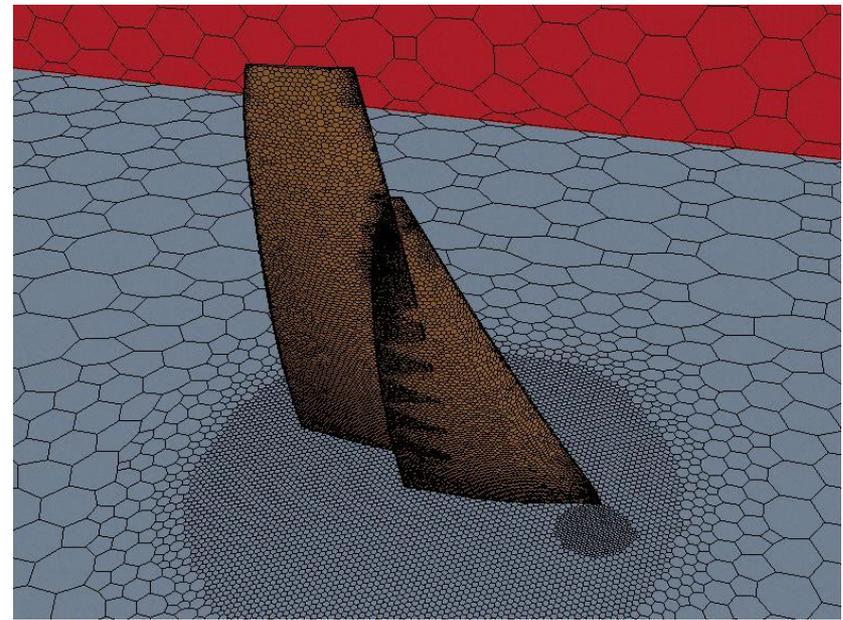
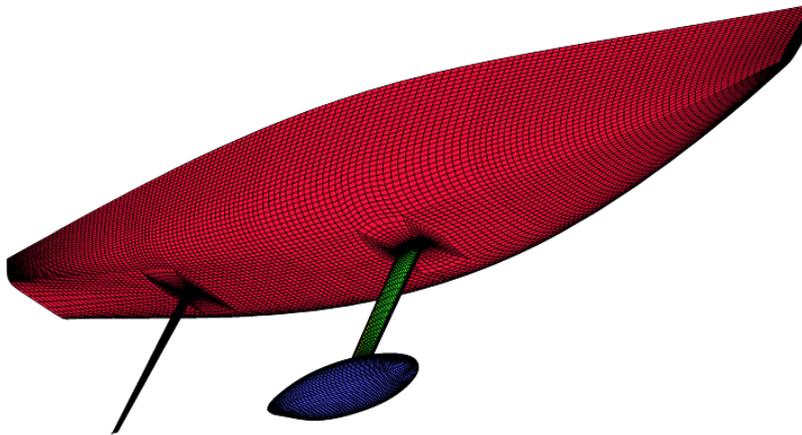
BMW ORACLE Racing - 2005 05:10 11:27:07 - BMOR - 2005 spring training - Wind tunnel**BMOR - 2005 spring training - Wind Tunnel - Photo - Gilles Martin-Raget - Email - photo@bmworacelracing.com

BMW ORACLE Racing.

- Con l'incremento della potenza dei calcolatori elettronici si e' sviluppata la CFD (Computational Fluid Dynamic)
- E'una tecnica che permette di risolvere *numericamente* il moto dei fluidi per casi reali, anche di interesse ingegneristico.

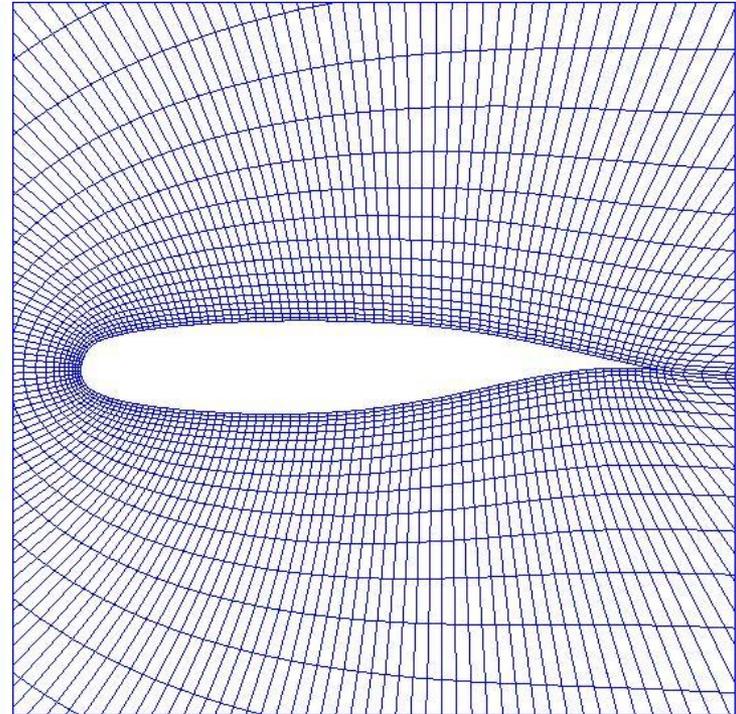
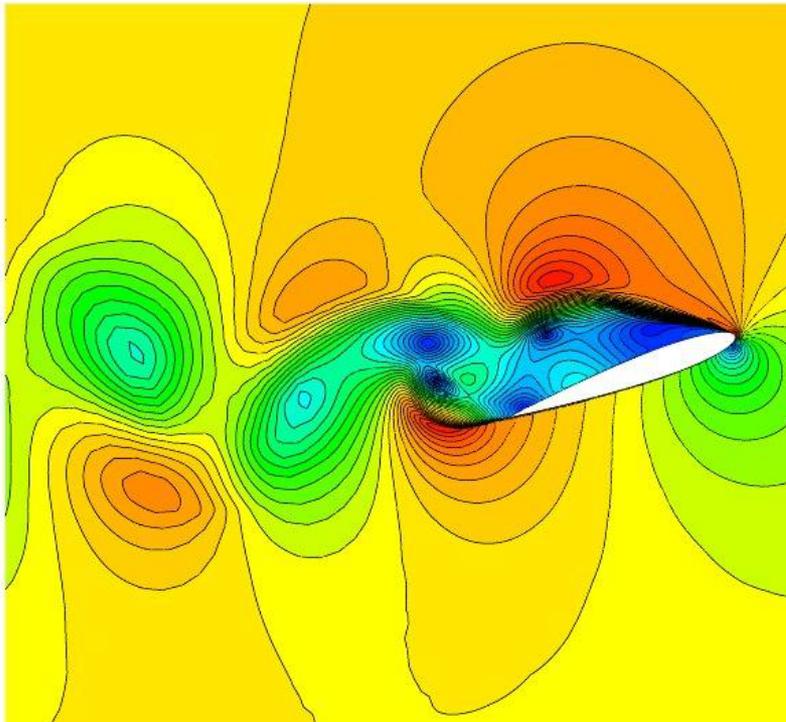
BMW ORACLE Racing.

- Normalmente il volume del fluido da studiare viene suddiviso in tanti *volumetti* (celle) e si calcola come il fluido contenuto in una cella interagisce con il fluido nelle celle adiacenti.



BMW ORACLE Racing.

- Risolvendo queste mutue interazioni si ottiene una *fotografia* del flusso (pressione, velocità... media in ogni singola cella)



BMW ORACLE Racing.

- Più piccola è la dimensione delle celle:
- migliore sarà la risoluzione dei dettagli del flusso
- maggiore il numero di celle da utilizzare
- maggiore il tempo di calcolo e/o la potenza di calcolo richiesta

BMW ORACLE Racing.

- L'architettura navale e' una disciplina sviluppatasi lentamente durante vari secoli
- Nel secolo scorso e' stata surclassata dalla tecnologia aero-spaziale. In questo campo sono stati fatti alcuni dei principali sviluppi della CFD, che hanno tardato molto ad essere trasferiti in campo navale

BMW ORACLE Racing.

- Mentre parte dei cantieri hanno continuato a progettare con vecchi metodi, in specifici settori navali c'è stato un impulso alla ricerca anche nella CFD.
- Oltre al settore militare, un esempio è la competizione velica, prima tra tutte la Coppa America, dove la CFD è applicata da oltre 20 anni

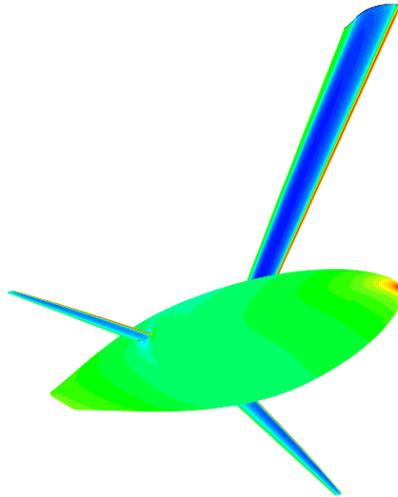
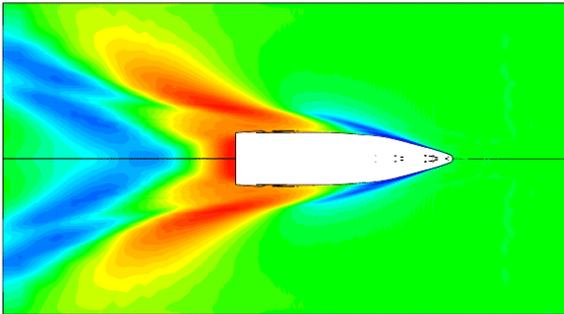
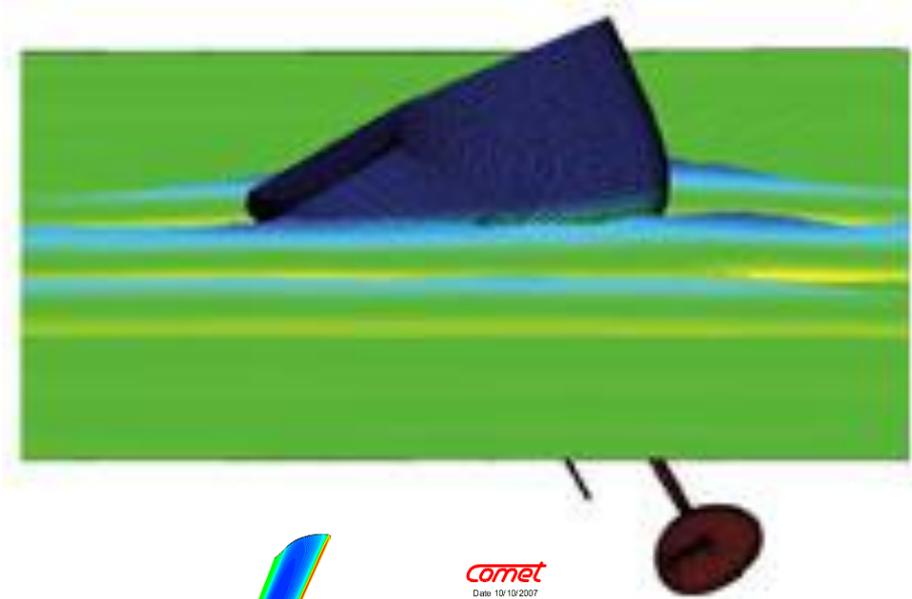
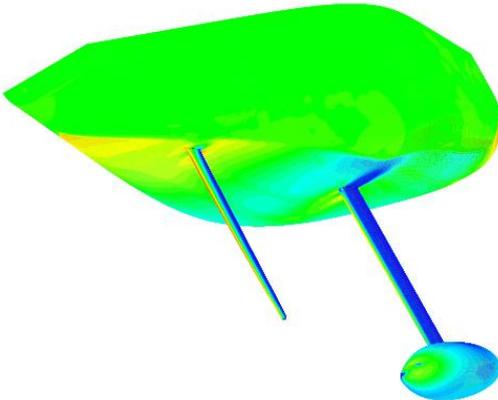
BMW ORACLE Racing.

- La ricerca della prestazione “ad ogni costo” ha reso possibile investimenti per lo sviluppo di strumenti specifici atti alla progettazione di scafi e vele
- Se all’inizio questi strumenti potevano dare solo indicazioni qualitative, oggi giorno la potenza e i programmi di calcolo rendono la CFD uno strumento maturo e affidabile, complementare alla vasca navale, e per alcune peculiarità unico (visualizzazione)

BMW ORACLE Racing.

- Esempi:
- Calm water
- Sea keeping
- Maneuverability
- Sail design

BMW ORACLE Racing.

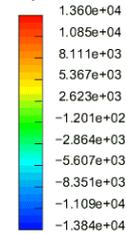


comet

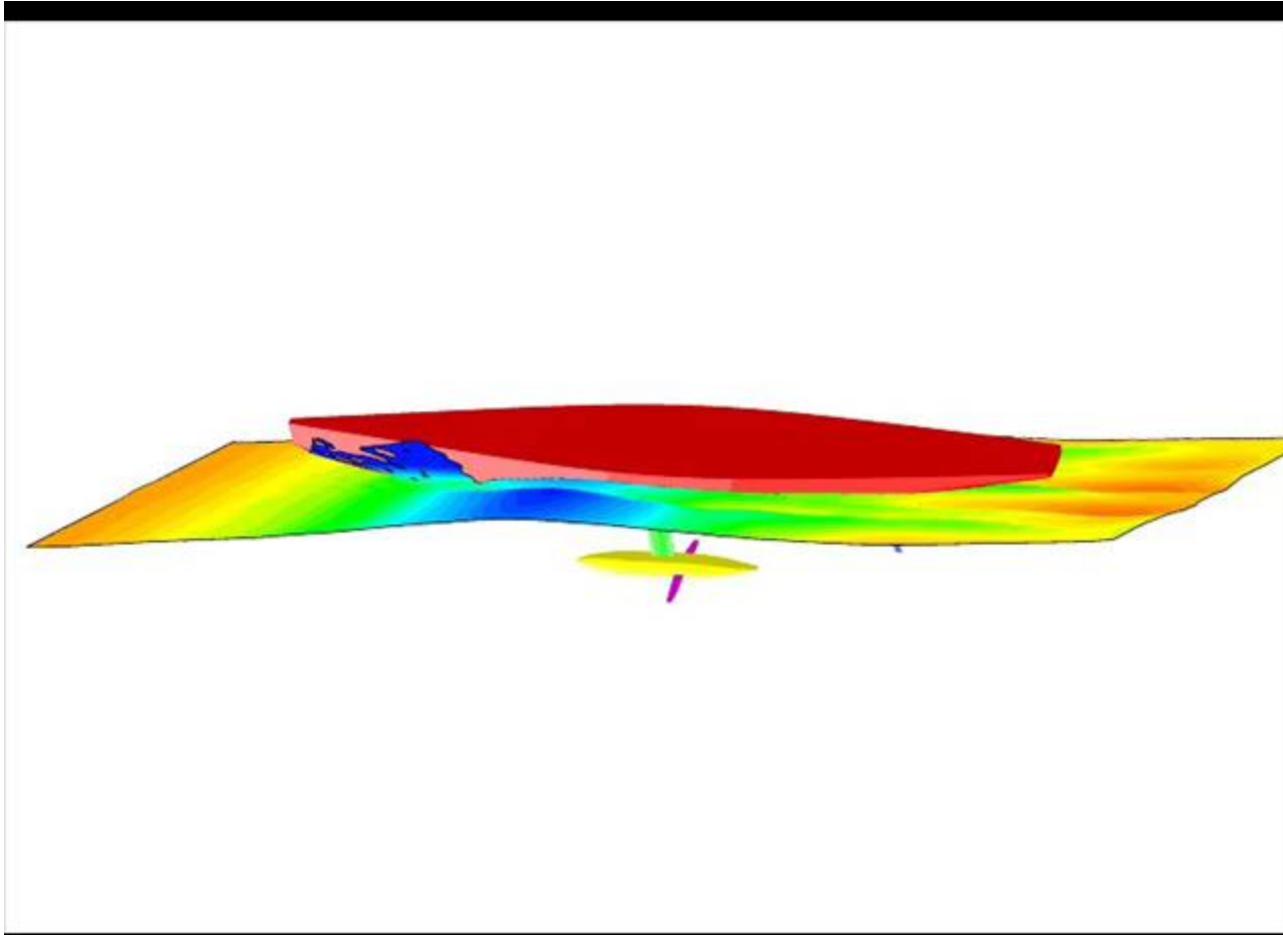
Date: 10/10/2007

V=10 kn, heel=30

Dynamic Pressure

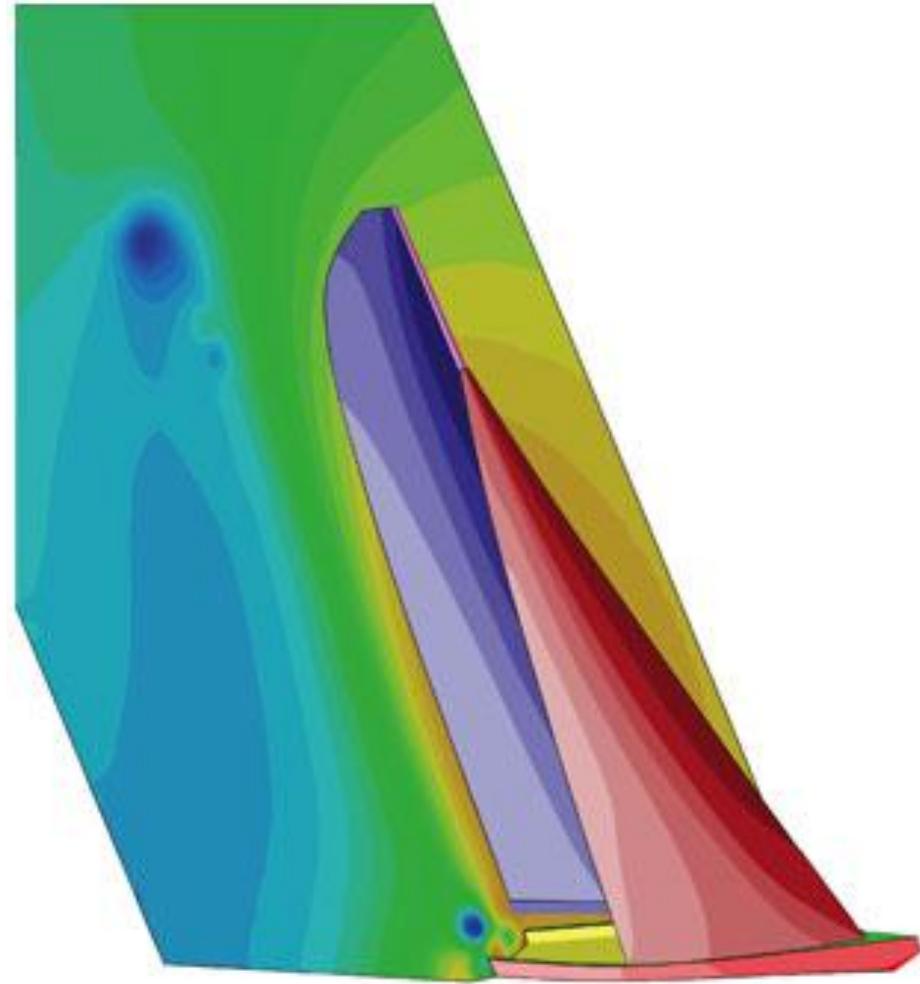
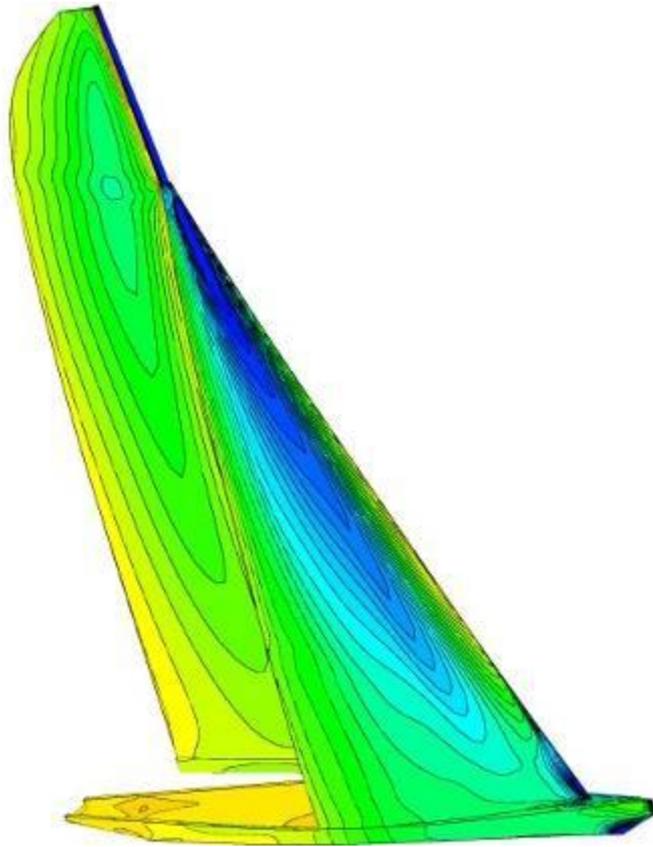


BMW ORACLE Racing.

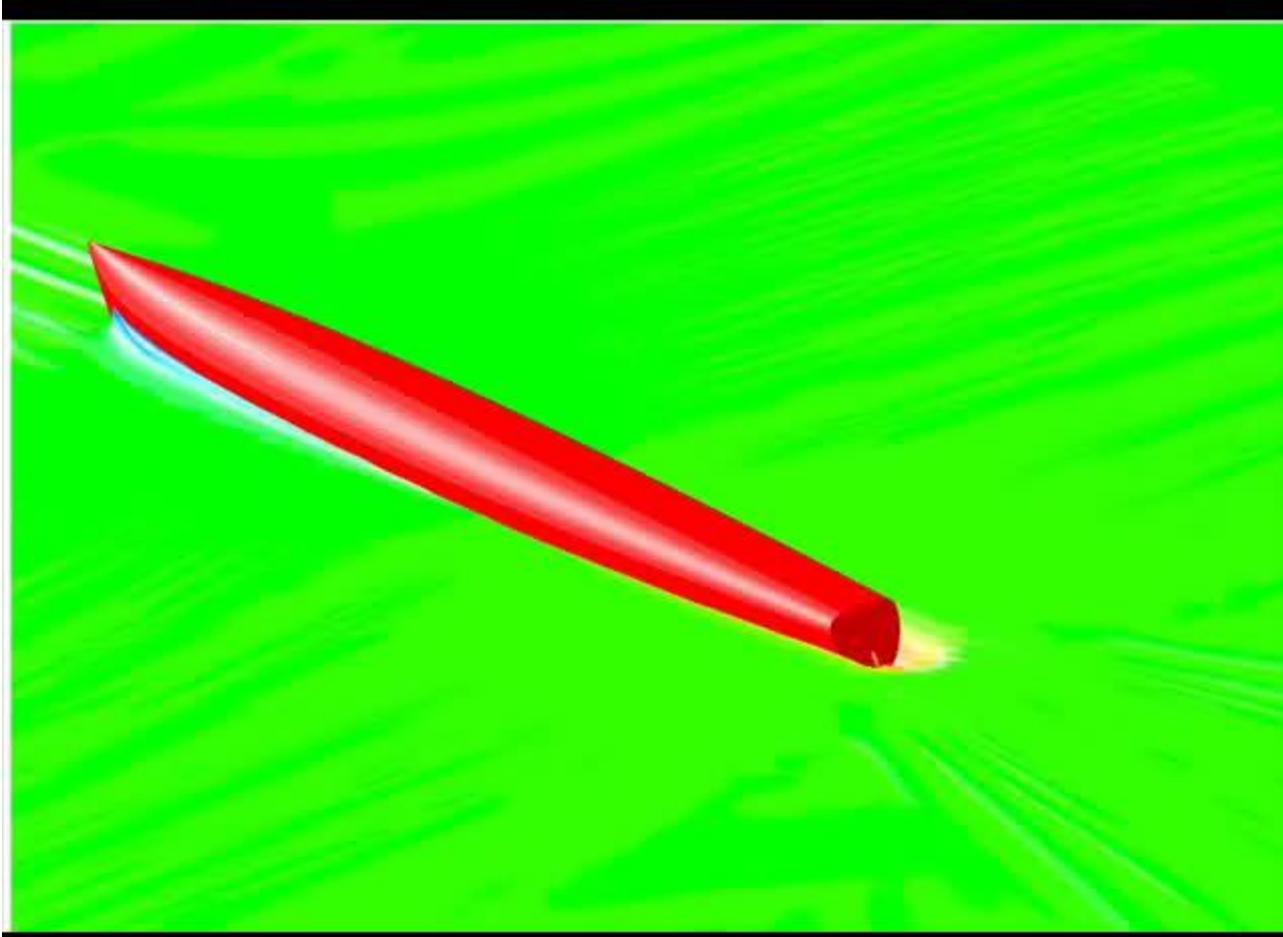


BMW ORACLE Racing.

Sails and rigging simulation



BMW ORACLE Racing.



BMW ORACLE Racing.

- Da un lato, oltre al vantaggio tecnico immediato, si e' andata formando una mentalita' piu' scientifica e meno *artigianale* tra gli architetti navali.
- Dall'altro lato alcuni insuccessi iniziali della CFD, legati principalmente alla mancanza di risorse di calcolo, hanno creato e generano ancora in alcuni, diffidenze.

BMW ORACLE Racing.

- Nel campo della nautica alcune aziende hanno saputo approfittare della ricaduta di queste tecnologie (es. italiano Ferretti Group)
- Una decina di anni fa hanno cominciato a credere nella CFD per lo sviluppo e l'ottimizzazione dei loro yachts

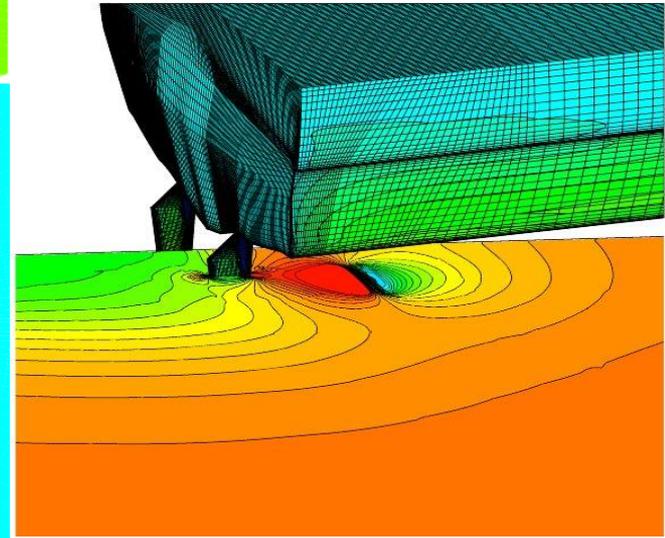
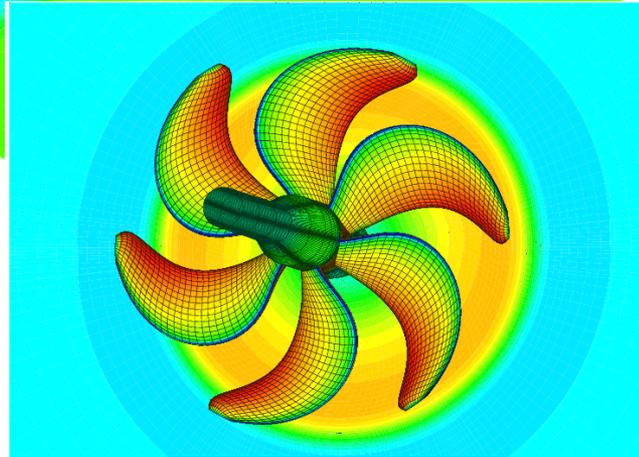
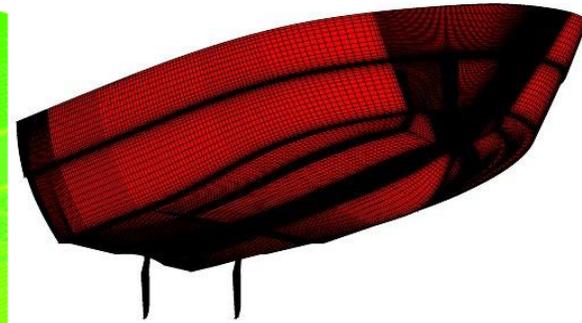
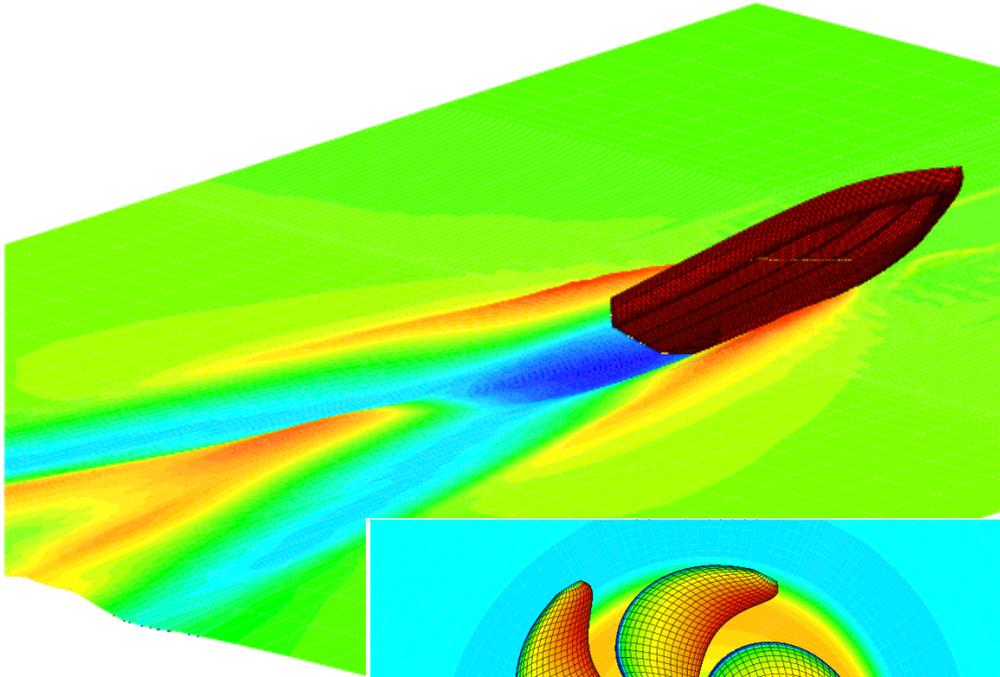
BMW ORACLE Racing.

- In passato il progetto di una nuova carena (e del suo sistema propulsivo) si sviluppava sulla base di esperienze pregresse, formule semi-empiriche e solo raramente su prove in vasca
- Le inevitabili approssimazioni portavano in genere a lunghe (e costose) prove in mare, alla ricerca del compromesso tra varie e contrastanti qualità marine, e soprattutto al rispetto dei vincoli contrattuali

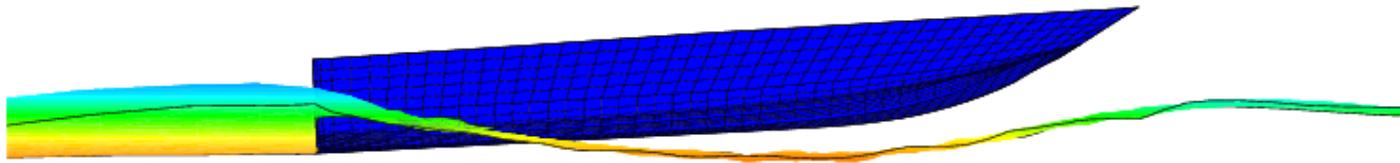
BMW ORACLE Racing.

- La peculiarità del prodotto (carena planante a spigolo) che non ha riscontro nella cantieristica maggiore (navi tonde dislocanti) ha richiesto la messa a punto di strumenti originali che, dopo una fase di validazione, vengono ormai utilizzati quotidianamente per la progettazione

BMW ORACLE Racing.



BMW ORACLE Racing.



CONCLUSIONE

- Il CFD e' uno strumento di modellizzazione dei fluidi di enorme utilita' in campo nautico
- I cantieri hanno in effetti la possibilita' di utilizzare gli stessi strumenti utizzati nel top della competizione (America's Cup) riducendo i rischi e i costi della produzione
- Personale opinione: con un po' di investimenti, cercare di trarre vantaggi da questa situazione...

BMW ORACLE Racing.
