

OPENFOAM E HPC: BINOMIO VINCENTE PER CAMPAGNE R&D IN AMBITO AUTOMOTIVE

FRANCESCO PASQUA, ROBERTO PIERI, RAFFAELE PONZINI

Viene qui presentato un workflow totalmente automatizzato sviluppato da SCS [1] per analisi automotive in galleria del vento virtuale. Il flusso di lavoro è stato testato sul modello DrivAer [2], sviluppato dal Dipartimento di Aerodinamica e Fluidodinamica della Facoltà di Ingegneria Meccanica della TUM (Technische Universität München) per proporre un'alternativa ai classici corpi semplificati (Ahmed body, SAE body) per gli studi di aerodinamica di autoveicoli. Lo scopo delle analisi effettuate è quello di fornire un servizio affidabile (validato con i dati sperimentali ufficiali pubblicati dalla TUM), robusto (testato con successo su diverse geometrie) e adatto alla piattaforma HPC, grazie all'ottima scalabilità di OpenFOAM [3].

Francesco Pasqua, Roberto Pieri - SCS Italy
Raffaele Ponzini - CINECA (IT)
f.pasqua@scsitaly.com, r.pieri@scsitaly.com

INTRODUZIONE

Con l'avanzamento tecnologico odierno, nel settore automotive la CFD assume un ruolo sempre più importante: le aziende che già ne fanno uso da anni sono alla ricerca di metodologie sempre più all'avanguardia, che permettano di analizzare un elevato numero di configurazioni a costi ridotti rispetto alle prove sperimentali; le aziende che invece non ne hanno mai fatto uso la introducono all'interno del processo standard di sviluppo dei loro prodotti.

La galleria del vento virtuale non è un'alternativa alle prove sperimentali, ma permette di ridurre a poche configurazioni promettenti i test in galleria reale, tra i quali selezionare la configurazione migliore. Questo permette ai progettisti di incrementare la loro produttività e di ridurre i costi di ricerca e sviluppo, consentendo di testare un gran numero di soluzioni e per ognuna valutarne l'impatto sulle prestazioni.

Per supportare questo tipo di attività il gruppo CFD di SCS ha sviluppato un workflow completo, totalmente automatizzato, adatto a rispondere a richieste anche in ambito motorsport. In particolare il flusso di lavoro permette di effettuare l'analisi numerica ed estrarre i risultati quantitativi e qualitativi di interesse (coefficienti aerodinamici, campo di moto, isosuperfici) a partire da una geometria CAD.

VALIDAZIONE NUMERICA

Finora lo standard delle analisi del flusso attorno al veicolo è stato condotto su corpi altamente semplificati (Ahmed body); la letteratura su questi modelli è ampia e permette di validare la metodologia grazie alla grande mole di dati

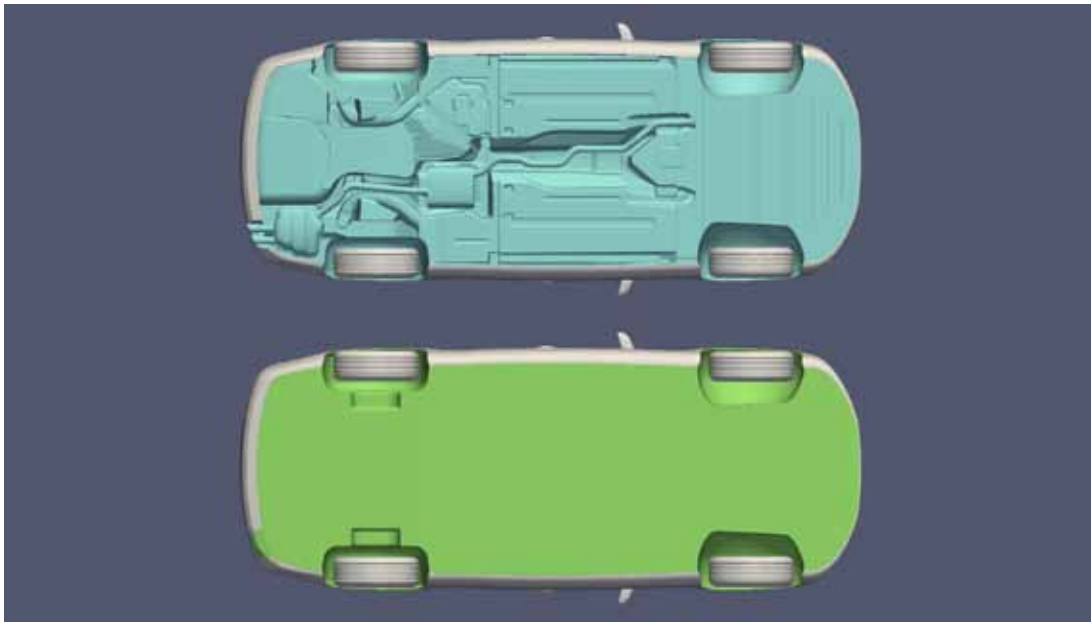


Figura 1. Configurazioni del fondo vettura.

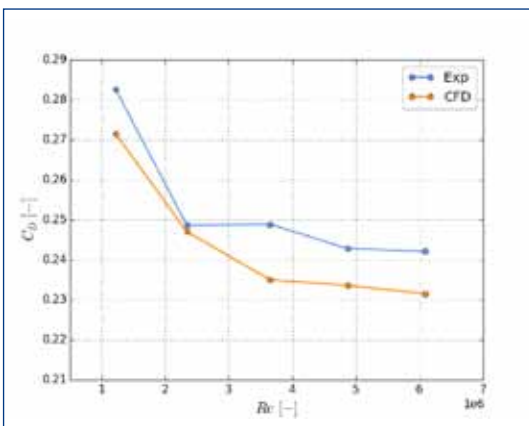


Figura 2. Dipendenza del C_D dal numero di Reynolds.

numerici e sperimentali. Nonostante aiutino ad identificare le caratteristiche principali del flusso, non riescono a catturare importanti andamenti delle proprietà nel campo di moto, dovuti all'interferenza tra le varie parti del veicolo, che influenzano pesantemente la soluzione. Per valutare gli effetti di differenti configurazioni realistiche di una tipica geometria automotive il Dipartimento di Aerodinamica e Fluidodinamica della TUM, in collaborazione con BMW e Audi, ha sviluppato un modello CAD modulare di un'autovettura basato su due veicoli del segmento di mercato D (Audi A4 e BMW serie 3): il modello DrivAer [4].

Il flusso di lavoro è stato validato con i dati sperimentali dell'articolo in bibliografia [4]. In particolare sono state svolte analisi con fondo vettura liscio e dettagliato, come mostrato in figura 1, confrontando i valori numerici dei co-

efficienti di resistenza aerodinamica con i valori sperimentali.

Il setup numerico, calibrato su una condizione di moto, è stato testato a cinque velocità differenti confrontando i risultati con i dati sperimentali. Le prove in galleria sono state effettuate, per problemi di bloccaggio e di potenza, su un modello in scala 1:2.5 in un range di velocità tra 10 e 50 m/s, mentre le simulazioni CFD sono state effettuate in scala reale utilizzando la relazione di similitudine aerodinamica del numero di Reynolds da 4 a 20 m/s.

In figura 2 i risultati relativi al confronto numerico/sperimentale con configurazione a fondo liscio mostrano un buon accordo e un scarto massimo inferiore al 5.6%. Si può notare che il C_D con l'aumentare del numero di Reynolds decresce fino ad assestarsi su un valore pressoché costante; il trend è confermato anche da un'ulteriore simulazione a 50 m/s.

Inoltre, per valutare la robustezza del setup su configurazioni differenti, è stata simulata una condizione di moto a 16 m/s con fondo dettagliato, ottenendo uno scarto inferiore all'1% rispetto alle prove sperimentali; ciò dimostra la buona affidabilità della metodologia sviluppata e l'accuratezza dei risultati ottenuti.

Infine è stata valutata l'efficienza computazionale tramite un'analisi di scalabilità. Da figura 7 si può notare come l'efficienza rimanga al di sopra del 70% fino a 33k cells/core.

Utilizzando questo valore ottimale l'intero workflow viene completato in poco meno di un'ora.

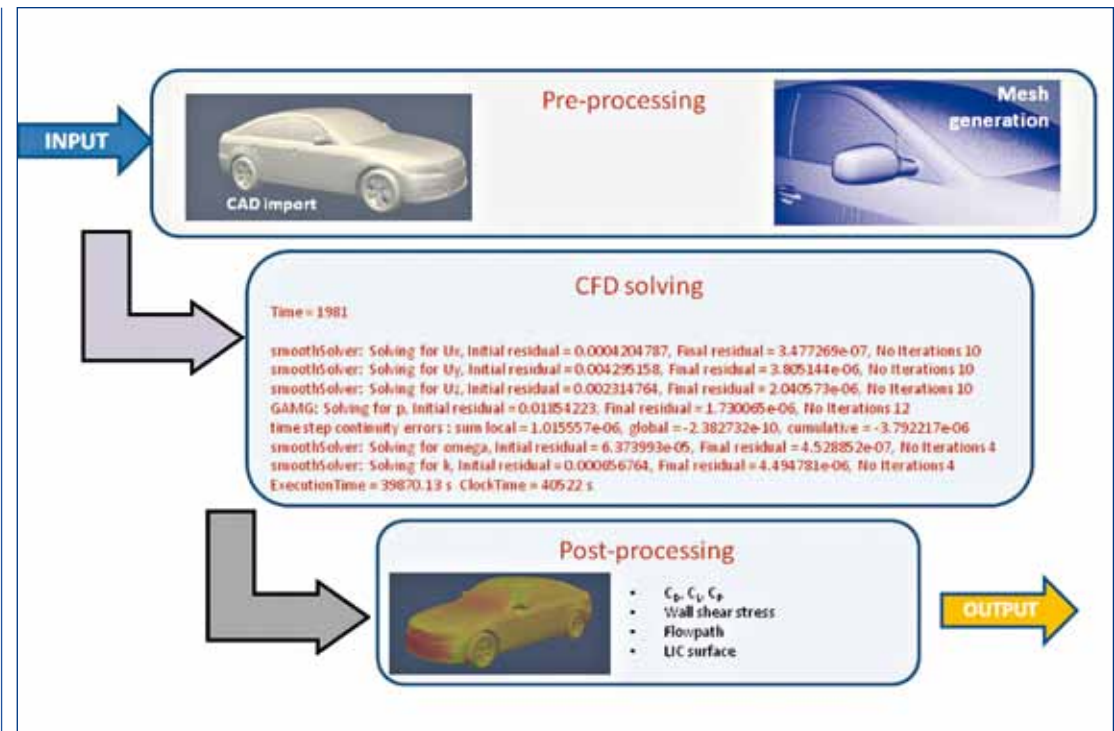


Figura 3. Workflow automatizzato

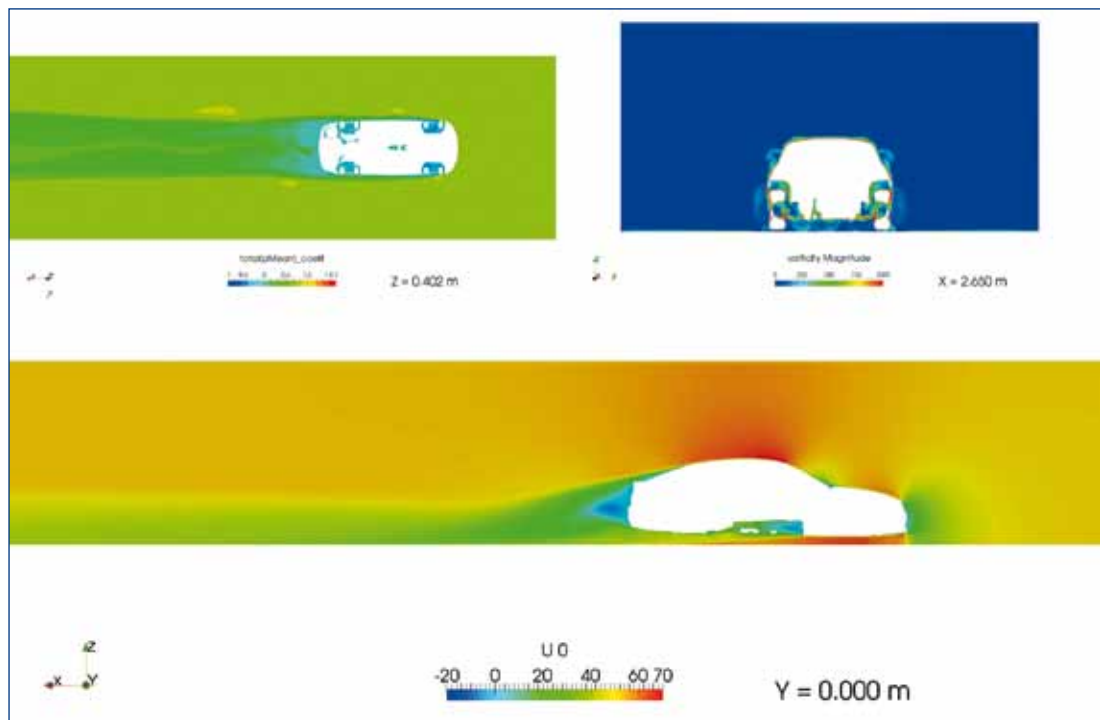


Figura 4. Sezioni del campo di moto

CONCLUSIONI

Grazie al continuo e rapido sviluppo delle infrastrutture di calcolo ad alte prestazioni è oggi possibile migliorare la progettazione in ambito automotive utilizzando analisi CFD. La metodo-

logia open-source presentata, applicata su piattaforme di calcolo ad alte prestazioni, permette di ottenere risultati accurati abbattendo il time-to-result e i costi e aumentando lo spettro di configurazioni simulabili a parità di budget.

WORKFLOW

Come mostrato in figura 3 il flusso di lavoro riceve in ingresso una geometria in formato STereoLithography (.stl) e le condizioni di moto in ingresso e avvia il workflow:

Pre-processing:

- generazione del dominio di calcolo;
- condizioni al contorno;
- generazione griglia di calcolo con snappyHexMesh.
-

CFD solving:

- quasi-steady RANS (simpleFoam);
- modello di turbolenza k-omega-SST.

Post-processing:

- coefficienti aerodinamici mediati sulle ultime iterazioni a convergenza raggiunta;
- calcolo dei campi mediati sulle ultime iterazioni a convergenza raggiunta;
- visualizzazione del campo di moto in sezioni ortogonali del dominio (vedi figura 4);
- visualizzazione di grandezze superficiali (vedi figura 5);
- visualizzazione di isosuperfici (vedi figura 6).

RINGRAZIAMENTI

Gli autori ringraziano l'AER-Team del Dipartimento di Aerodinamica e Fluidodinamica della Facoltà di Ingegneria Meccanica della TUM (Technische Universität München), e l'Arch. Elena Staffoni per il supporto nella generazione delle immagini pubblicate in questo articolo attraverso tecniche di foto inserimento realistico di dati provenienti da simulazioni fluidodinamiche computazionali.

RIFERIMENTI

- [1] SCS Italy: <http://www.scsitaly.com/>
- [2] Lehrstuhl für Aerodynamik und Strömungsmechanik: DrivAer <https://www.aer.mw.tum.de/en/research-groups/automotive/drivaer/>

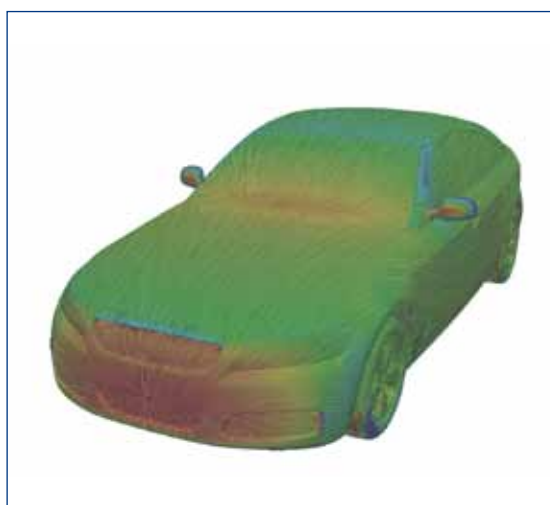


Figura 5. CP e LIC sulla superficie del modello.

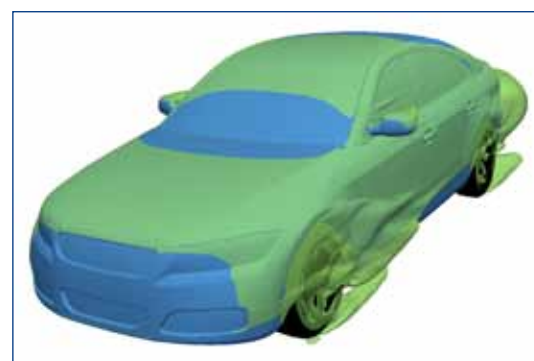


Figura 6. Isosuperficie con CP = 0.

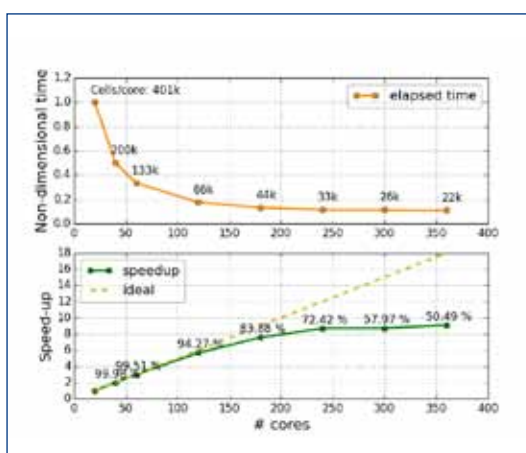


Figura 7. Scalabilità.

- [3] OpenFOAM - The Open Source Computational Fluid Dynamics (CFD) Toolbox, <http://www.openfoam.org>
- [4] A. Heft, T. Indinger, N. Adams: Experimental and Numerical Investigation of the DrivAer Model, ASME 2012, July 8-12, 2012, Puerto Rico, USA, FEDSM2012-72272