

Il Centro di Eccellenza in Meccanica Computazionale (CEMeC) al Politecnico di Bari

Michele Napolitano

Principal Investigator

Il Centro di Eccellenza in Meccanica Computazionale (CEMeC) è uno dei 22 Centri italiani (l'unico nell'area dell'Ingegneria Meccanica ed appartenente ad un Politecnico) finanziati dal primo bando Cofinlab 2000, con un importo di 998 milioni di lire più altri 900 cofinanziati dal Politecnico di Bari. Il CEMeC, coordinato dal prof. Michele Napolitano, è un punto di riferimento nell'ambito della meccanica computazionale dei fluidi e dei solidi, in cui operano sinergicamente diversi gruppi di ricerca del Politecnico di Bari, afferenti ai Dipartimenti di Ingegneria Meccanica e Gestionale (DIMeG) e di Ingegneria dell'Ambiente e per lo Sviluppo Sostenibile (DIASS) e di altre università italiane (Università di Roma Tor Vergata, della Basilicata, Magna Grecia di Catanzaro) che collaborano con prestigiose università e centri di ricerca internazionali (University of Texas, Austin, University of Maryland, Stanford University, Paristech e numerose altre).

La missione del CEMeC è sviluppare tematiche di ricerca innovative e promuovere l'alta formazione nei settori di competenza ed il trasferimento tecnologico nel territorio. In particolare, in esso sono attive nove linee di ricerca, tra cui: lo studio di problemi di vibrazioni di ali di aeroplani, palette di turbine o compressori; la progettazione e l'ottimizzazione fluidodinamica di profili alari, di camere di combustione, di caldaie; la progettazione multilivello di freni, frizioni, cambi ed altri componenti meccanici; lo studio della meccanica del contatto su corpi rugosi e micro- e nano-strutturati; lo studio della transizione e della turbolenza; applicazioni bioingegneristiche di micro- e nano-tecnologie; la simulazione di processi di lavorazione per deformazione plastica.

Il CEMeC è dotato di attrezzature tecnologicamente avanzate, di strumenti di calcolo e di visualizzazione scientifica, di calcolatori paralleli.

Un sistema di realtà virtuale, assemblato dai ricercatori del Centro, che lavorano sulle tecniche di analisi e manipolazione di dati in ambiente virtuale, consente la gestione e la visualizzazione dati in ambiente immersivo.

Il CEMeC rappresenta un'opportunità di formazione e crescita professionale per gli studenti di dottorato e i giovani ricercatori che intendano acquisire competenze specifiche nello sviluppo e nell'applicazione di tecniche computazionali e strumenti di simulazione avanzati. Infatti, dalla sua formazione, il Centro ha finanziato l'attività di ricerca di oltre 40 studenti di dottorato e post-dottorato ed ha una produzione scientifica di oltre 20 pubblicazioni l'anno su riviste internazionali. Attualmente, docenti del CEMeC sono: titolari di un brevetto europeo; responsabili del progetto TRASFORMA finanziato dal programma *Reti di laboratori* della regione Puglia, di progetti di ricerca di interesse nazionale (PRIN) e di sei progetti di ricerca finanziati dalla General Electric (Nuovo Pignone).

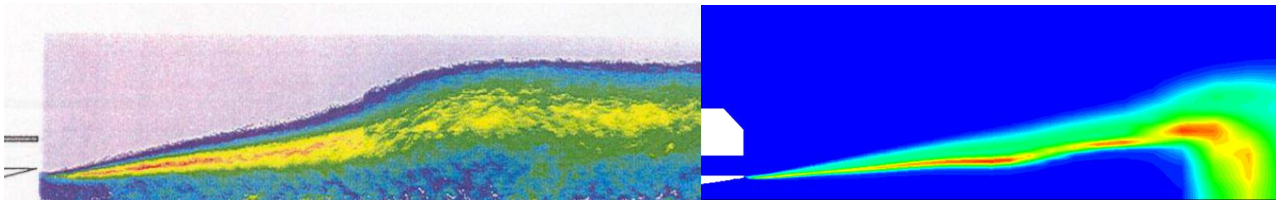
Per completezza, nel seguito si riportano le 9 linee di ricerca originali del CEMeC ed i corrispondenti coordinatori:

1. Sviluppo di metodi innovativi per la termofluidodinamica (P. De Palma);
2. Studio dell'interazione fluido struttura (G. Pascazio);
3. Studio della turbolenza mediante simulazioni large eddy (LES) e dirette (DNS) (R. Verzicco);
4. Progettazione e ottimizzazione fluidodinamiche (L. A. Catalano);
5. Fatica termica e da fretting in componenti di turbine a gas (G. Demelio);
6. Studio di fenomeni di instabilità per attrito in freni, frizioni, protesi, binari ferroviari (M. Ciavarella);
7. Simulazione dinamica e ottimizzazione di trasmissioni CVT (L. M. Mangialardi);
8. Simulazione di processi di lavorazione per deformazione plastica (L. Tricarico);
9. Tecniche di analisi e manipolazione di dati in ambiente virtuale (G. Monno).

Per ciascuna delle 9 linee di ricerca, si riportano nel seguito solo alcuni risultati di una singola attività particolarmente significativa. Maggiori informazioni sono disponibili sul sito <http://cemec.poliba.it>

Linea 1. A Flamelet/Progress-variable Approach for the Simulation of Turbulent Combustion of Real Gas Mixtures

This research work provides a numerical method for the simulation of high pressure turbulent combustion, employing a detailed chemistry description based on a flamelet/progress-variable approach, embedded in a solver of the Reynolds-averaged Navier-Stokes equations with low-Reynolds-number $k-\omega$ turbulence closure. For the class of engines of interest in this work, namely, liquid-propellant rocket engines, propellants are stored at supercritical pressure, whereas the temperature could be either sub- or super-critical; however, they are typically injected into an environment that exceeds the critical temperature and pressure for both the fuel and the oxidizer, inducing a fast transition to a supercritical state. In such a condition, it is possible to neglect the liquid phase and treat the liquid as a *dense* gaseous jet. At the operating pressure and temperature typical of LOx/HC rocket combustion chambers, the ideal gas equation of state is not suitable for computing the correct $p-v-T$ relationship for oxygen and fuel. Therefore, the Peng-Robinson equation of state together with suitable model equations for the transport properties are employed.

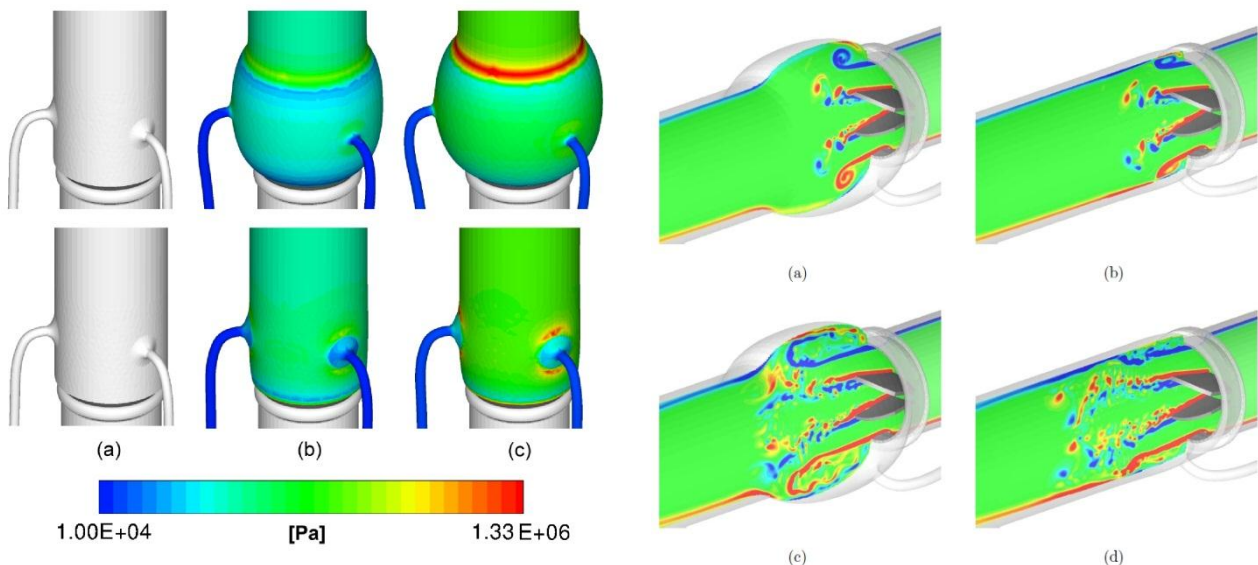


The figures above show the experimental Abel-transformed emission (left) and the computed ones (right), for the case of the cryogenic injection and supercritical combustion of H₂ and O₂ in the MASCOTTE combustion chamber at a pressure of 60 bar.

For details, see: Cutrone L., De Palma P., Pascazio G., Napolitano M., *A RANS flamelet-progress-variable method for computing reacting flows of real-gas mixtures*, **Computers & Fluids**, Vol. 39, issue n. 3, 2010, pp. 485-498 (ISSN 0045-7930).

Linea 2. Simulazione dell'interazione fluido-struttura di protesi cardiovascolari e studio degli effetti indotti sulle componenti cellulari del sangue.

La valvola aortica è soggetta a differenze di pressione molto elevate e quindi può danneggiarsi, spesso insieme alla radice aortica ed all'aorta ascendente, rendendo così necessaria la sostituzione di queste con una protesi tubolare sintetica, equipaggiata con una valvola meccanica o biologica, a cui poi andranno ricucite le due coronarie (procedura Bentall). Questa pratica chirurgica è ormai molto diffusa e relativamente sicura. Questa ricerca riguarda lo studio di valvole meccaniche a doppia aletta, le più utilizzate nella pratica chirurgica. Si è effettuato uno studio comparativo completo del flusso all'interno di due modelli di protesi aortiche, : il primo a tubo diritto e l'altro con un rigonfiamento che riproduce la presenza dei seni di Valsalva. Per trattare adeguatamente le geometrie complesse in movimento nel flusso è stato messo a punto un metodo numerico ai contorni immersi, particolarmente efficiente, che è stato poi accoppiato con un codice meccanico per il calcolo della dinamica delle alette ed un codice strutturale per il calcolo degli sforzi e delle deformazioni delle pareti delle due protesi. La metodologia sviluppata ha permesso di simulare il problema in modo soddisfacente, sia nella descrizione della geometria che nello studio della dinamica del flusso, anche alle scale più piccole responsabili dell'attivazione delle piastrine e della conseguente formazione di trombi oltre che dell'emolisi. Nella zona di giunzione delle coronarie alla protesi, il modello con i seni di Valsalva ha mostrato un livello di sforzo massimo inferiore a quello del tubo diritto, rivelandosi più indicato a ridurre le complicazioni post-operatorie e la formazione di pseudo-aneurismi. È stato anche possibile studiare il livello di sforzo che le particelle del sangue subiscono nell'attraversare questi dispositivi, valutandone l'indice di danneggiamento subito, tenendo conto non solo del livello di sforzo a cui sono sottoposte, ma anche del tempo di esposizione e della storia di carico.



Le figure mostrano: a sinistra, i livelli di tensione sulle protesi calcolati secondo Von Mises, nel caso di valore minimo (b) e massimo (c) di pressione, confrontate con il caso di assenza di

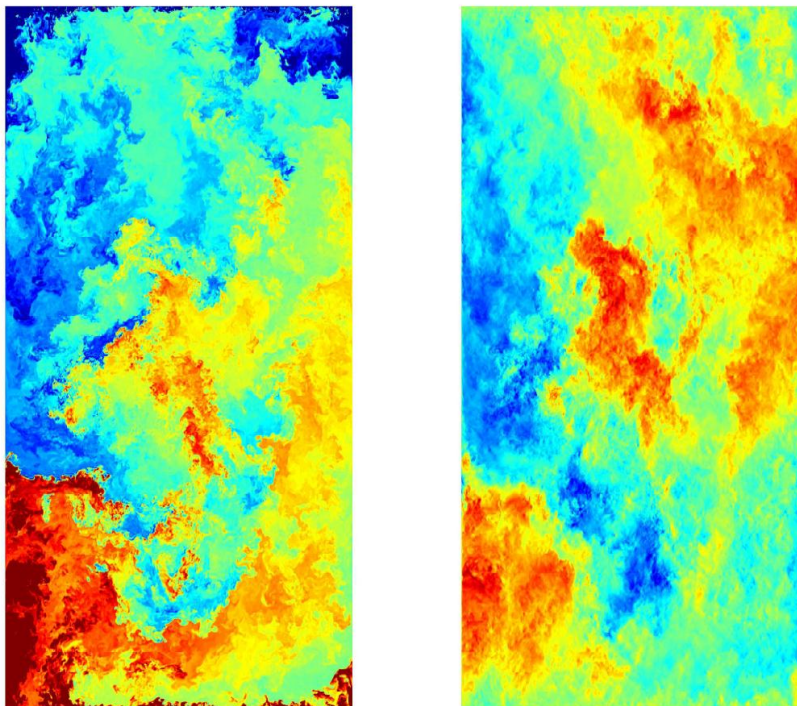
carico (a); a destra le linee di iso-vorticità azimutale per la protesi di Valsalva e a tubo dritto, negli istanti di fine apertura valvola (a)-(b) e di picco di portata cardiaca (c)-(d).

For details, see: de Tullio M. D., Afferrante L., Napolitano M., Pascazio G., Verzicco R., Fluid Mechanics in Aortic prostheses After a Bentall Procedure. In: **Computational Fluid Dynamics 2010** (Alexander Kutzmin Ed.). St Petersburg, Russia, July 12-16, 2010, BERLIN HEIDELBERG: Springer-Verlag, p. 371-376, ISBN/ISSN: 978-3-642-17883-2;

de Tullio M.D., Afferrante L., Demelio G., Pascazio G., and Verzicco R., Fluid-structure interaction of deformable aortic prostheses with a bileaflet mechanical valve. **Journal of Biomechanics**, vol. 44, pp. 1684-1690, 2011.

Linea 3. Simulazione diretta della convezione naturale di Rayleigh-Benard.

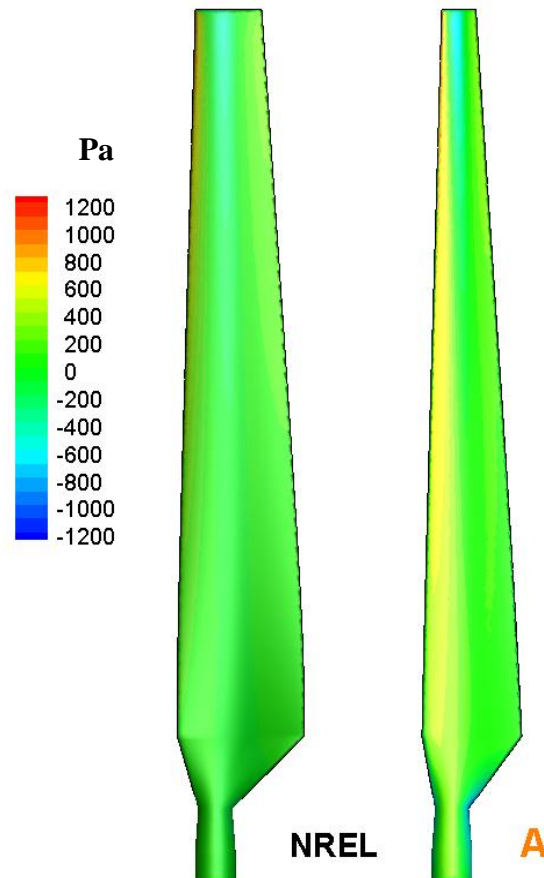
Nella convezione di Rayleigh-Benard (RB) del fluido viene riscaldato dal basso e raffreddato dall'alto. Il sistema costituisce un esempio di trasporto di calore turbolento in molte applicazioni atmosferiche, di fisica ambientale, di astrofisica e di tecnologie di processo. La sua dinamica è caratterizzata dai numeri di Rayleigh, Ra , e di Prandtl, Pr . Quasi tutte le misure sperimentali e le simulazioni numeriche sono in accordo sullo scambio termico, indicato dal numero di Nusselt Nu , fino a $Ra = 2 \times 10^{11}$ ed i valori sono in accordo con il modello di Grossmann–Lohse. Per numeri di Rayleigh maggiori, tuttavia, la situazione è meno chiara. La maggior parte degli esperimenti sono stati effettuati a $Ra = 2 \times 10^{11}$ in celle con rapporto d'aspetto $\Gamma = D/L = 0.5$, in cui D ed L sono il diametro e l'altezza della cella, rispettivamente. In questa ricerca si vuole indagare sulla causa del disaccordo dei risultati tra i vari esperimenti e tra esperimenti e simulazioni numeriche per $Ra > 10^{11}$; a tale scopo è stata effettuata una serie di simulazioni numeriche dirette la più grande delle quali a $Ra = 2 \times 10^{12}$, $Pr = 0.7$ e $\Gamma = 0.5$ su una griglia di $2701 \times 671 \times 2501$ punti, che ha richiesto circa 9×10^6 ore di CPU (equivalenti su un sistema IBM Pwr6). Una sezione istantanea di tale simulazione è mostrata in figura 1 e, costituendo la più grande simulazione mai effettuata per flussi turbolenti completamente confinati, costituisce un nuovo standard di riferimento per le simulazioni della turbolenza oltre che un prezioso database a cui riferirsi per i flussi di convezione naturale. Maggiori dettagli sul flusso ed i risultati si possono trovare in Stevens, R. J. A. M., Verzicco, R. & Lohse, D. , **J. Fluid. Mech.** 643, 495–507. 2010 e in Stevens, R. J. A. M., Lohse, D. & Verzicco, R., **J. Fluid. Mech.** 2011.



Visualizzazioni istantanee di temperatura (sinistra) e componente velocità verticale di velocità (destra) per la simulazione a $Ra = 2 \times 10^{12}$ e $Pr = 0.7$ per $\Gamma = 0.5$. Rosso e blu indicano fluido caldo (velocità verso l'alto) e freddo (velocità verso il basso) nei pannelli di sinistra (destra).

Linea 4. Progettazione aero-strutturale di una turbina eolica ad asse orizzontale.

Nell'ambito di questa attività di ricerca, finalizzata a produrre tecniche di calcolo direttamente utili alla progettazione industriale, si sono sviluppate due applicazioni diverse: i) progettazione aerodinamica con obiettivi – quali ad esempio la massimizzazione della coppia prodotta – e vincoli solo di tipo aerodinamico; ii) progettazione aero-strutturale con obiettivi – quali ad esempio la minimizzazione del momento flettente della pala – e vincoli di natura sia strutturale sia aerodinamica. La ricerca è documentata nelle due pubblicazioni sotto riportate. La figura riporta il risultato dell'applicazione del metodo all'ottimizzazione della turbina NREL, che ha consentito una significativa riduzione delle dimensioni e quindi del peso, a parità di prestazioni aerodinamiche.



Design ottimale della progettazione aero-strutturale confrontato con il caso di riferimento NREL: visualizzazione delle pressioni statiche agenti sulla superficie a 20 m/s

1. F. De Bellis, L. A. Catalano, Multi-disciplinary CFD optimization of conventional and non-conventional HAWT blades, Eurogen 2011, 14-16 September, Capua, Italy;
2. De Bellis, L. A. Catalano, Single and Multi Objective CFD Optimization of Horizontal Axis Wind Turbine, GT2011-45607, Proceedings of ASME Turbo Expo 2011: Power for Land, Sea and Air, GT2011, Vancouver, Canada.

Linea 5. Tribologia delle superfici in contatto.

Lo studio della fatica per *fretting* ha portato alla necessità di approfondire gli aspetti tribologici che governano la fisica delle superfici in contatto. In particolare, il contatto di superfici rugose trova numerose applicazioni nei sistemi ingegneristici, in quanto molti aspetti tecnologicamente importanti come l'attrito, l'usura, la rigidità, la resistenza elettrica e termica di contatto sono fortemente influenzati dalla rugosità. Di recente, l'interesse in tale campo è considerevolmente cresciuto come conseguenza di nuove sfide tecnologiche, quali la costruzione di nuovi adesivi *bio-inspired*, l'ottimizzazione delle tenute meccaniche e l'estrema miniaturizzazione di dispositivi elettrici e meccanici. In particolare, nei sistemi micro- e nano-meccanici (MEMS/NEMS), dove è prevalente l'influenza dei fenomeni superficiali, è fondamentale conoscere con estrema precisione l'area di contatto reale e l'effettiva

distribuzione delle pressioni di contatto e della separazione tra le superfici, parametri dai quali dipendono le proprietà di adesione e attrito. Di qui nasce l'esigenza di disporre di strumenti matematici che consentano di valutare con accuratezza ed affidabilità le grandezze che caratterizzano le proprietà tribologiche delle superfici in contatto. Pertanto, l'attività di ricerca si è incentrata sullo sviluppo di nuove, efficienti metodologie numeriche che, superando le attuali limitazioni delle teorie presenti in letteratura, permettano di valutare, con l'accuratezza necessaria, i parametri che governano la fisica del contatto delle superfici (che nella realtà non sono mai completamente lisce, ma presentano sempre un certo grado di rugosità). Si vedano, ad esempio, la figura 1, dove è mostrata la distribuzione degli sforzi di interfaccia che nascono al contatto tra due superfici rugose, e la figura 2, in cui è mostrata in un *plot* tridimensionale la distribuzione della separazione tra le superfici – nulla nelle zone di contatto e positiva in quelle di non contatto.

Per dettagli si veda: C. Putignano, L. Afferrante, G. Carbone G., G. Demelio (2011), A new efficient numerical method for contact mechanics of rough surfaces, **International Journal of Solids and Structures**, DOI:10.1016/j.ijsolstr.2011.10.009.

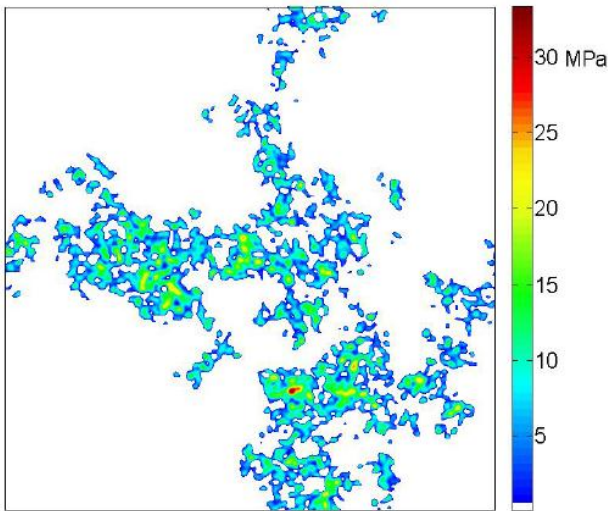


Figura 1. Distribuzione delle pressioni nel contatto tra due superfici frattali auto-affini.

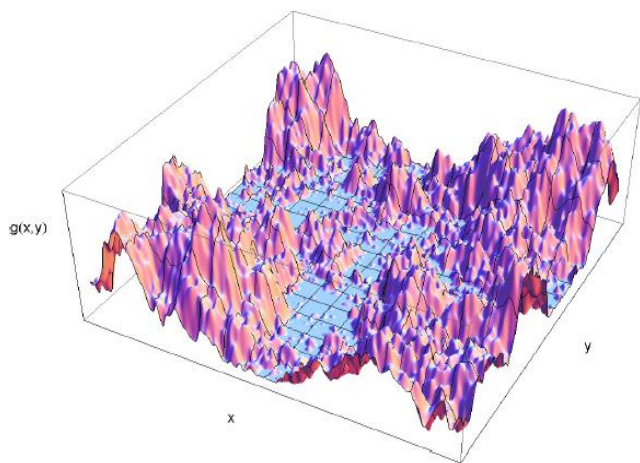
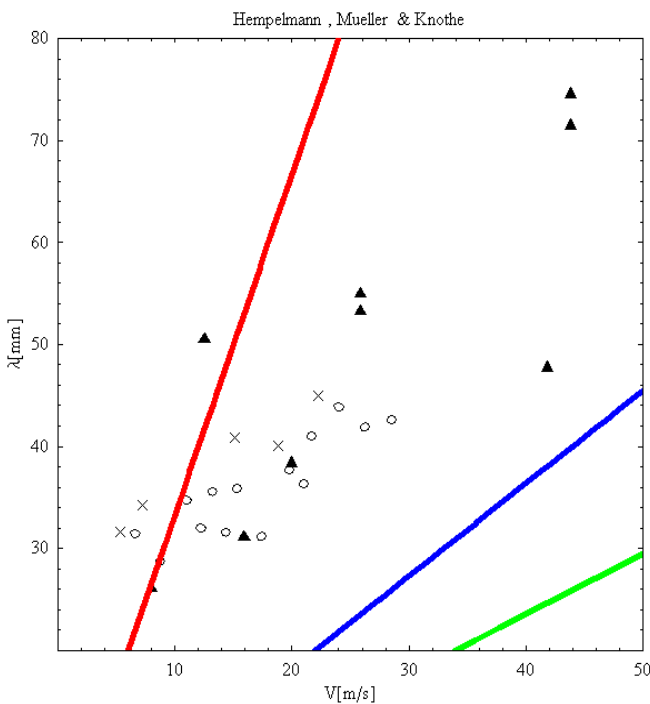


Figura 2. Distribuzione della separazione tra due superfici frattali auto-affini in contatto.

Linea 6. Short pitch railways corrugation – solution of the *enigma*?

There are about 1500 papers on corrugation (Sato et al., 2002), but still no clear convincing simple model and mechanism for the short-pitch one (40 to 80mm in wavelength)! Simple models having failed, complicated ones are required. Most models expect corrugation at vertical resonances of the system (300-1000-1800 Hz, shown in red, blue and green, in the figure below, giving the wavelength of the dominant corrugation as a function of train speed), and this clearly does not explain the experimental data, which do not seem to follow any particular frequency, hence, the *enigma* as suggested by the Cambridge School of K.L. Johnson. Recently, the authors enlarged the class of analytical solutions for the rolling contact on a corrugated track. All such solutions use linear perturbation theory, which, previously had been used only in complex numerical models. Here, solutions have been obtained using the simple Winkler model first, under both full- and partial-stick conditions, and then also by perturbing the well known Carter solution, using the continuum elasticity of the halfplanes. Furthermore, corrective factors were introduced to account for the 3-D nature of elliptical Hertzian contacts, approximately. It was shown that it is not possible, except for a trivial 0th order perturbation, to use simple "contact stiffness" and "contact damping" equivalent models to account for the perturbation (as suggested for example by Bhashkar et al 1999), particularly in order to take into account the varying part of the normal load. These models were then used to make estimates of possible corrugation regimes. It was found that the longitudinal creepage mechanism, which was found to suppress corrugation by Grassie and Johnson (1985) and later by Bhashkar et al. (1999), can indeed promote corrugation if account is made of wheel inertia. Hence, the possibility of a "resonance free" corrugation regime, i.e., independent of wheelset or railtrack resonances, was suggested as a solution to the *enigma*. However, this finding not

necessarily justifies all of the available data, and, when considering lateral creepage mechanisms, corrugation would be predicted to grow 10–20 times faster at the fixed frequency corresponding to the pinned/pinned resonance of the track, which is not always observed and would be not justified in systems with continuous support. Our resonance-free model is therefore purely longitudinal, and it may still be dominant as the corrugation growth depends on the square of creepage and the longitudinal creepage can be 10 times higher than the lateral one (5 per cent instead of 0.5 per cent). Some recent results in the Literature continue to oscillate between suppression and promotion of short pitch corrugation, depending on some apparent minor change in the models, and the matter is still very controversial. Therefore, we should not claim to have solved the *enigma* entirely!



Barber J.R., Ciavarella M., Afferrante L., Sackfield A., Effect of small harmonic oscillations during the steady rolling of a cylinder on a plane **International Journal of Mechanical Sciences** Volume: 50, Issue: 9, September, 2008, pp. 1344-1353
 Ciavarella M., Barber J.R., Corrugation and the roaring rails 'enigma'. **Proc. Inst Mech Eng, J, Journal of Engineering Tribology** 2008; 222:171–81.
 Afferrante L., Ciavarella M., Short-pitch rail corrugation: A possible resonance-free regime as a step forward to explain the "enigma"? **Wear**, 266, Issue: 9-10, April 24, 2009, pp. 934-944.
 Afferrante L., Ciavarella M., Short pitch corrugation of railway tracks with wooden or concrete sleepers: An enigma solved? **Tribology International** Volume: 43, Issue: 3, March, 2010, pp. 610-622.

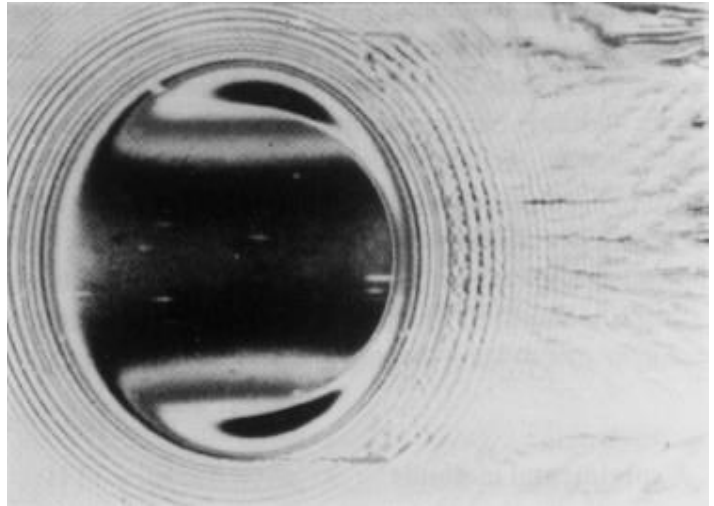
Linea 7. Modellazione trasmissioni a variazione continua del rapporto di velocità.

La ricerca è orientata alla modellazione dinamica di trasmissioni toroidali a singolo *roller* o doppio *roller* con il fine primario di determinarne le prestazioni in termini di efficienza meccanica e capacità di trasmettere coppia. Viene utilizzato un modello di contatto lubrificato tra *roller* e dischi basato sulla teoria della lubrificazione elastoidrodinamica per valutare le perdite per *spin* e la capacità di trazione della trasmissione. A cause delle severe condizioni operative (pressioni elevatissime, ~ 2 GPa, spessori di lubrificante molto sottili, ~ 0.1 μm) del fluido lubrificante (*traction oil*) viene adottato il modello reologico non newtoniano di Bair e Winer considerando anche l'effetto della pressione e della temperatura sul valore limite della tensione tangenziale. Gli effetti della pressione e della temperatura sul valore della viscosità del lubrificante vengono considerati mediante il modello di Roelands. Le simulazioni mostrano che, a causa delle elevatissime pressioni di contatto, la loro distribuzione differisce poco da quella hertziana, che pertanto viene utilizzata nel modello. I risultati ottenuti mostrano che il CVT di tipo Double Full Toroidal Variator (DFTV) ha un rendimento meccanico ed una capacità di trasmettere coppia più elevati rispetto a tutte le altre tipologie. Le ragioni di questa differenza vanno ricercate nelle più basse perdite di *spin* e nell'assenza di cuscinetti di spinta. Il rendimento meccanico del CVT-DFTV si attesta attorno al 95-96%, mantenendosi al di sopra della soglia del 93% in un ampio intervallo di valori di coppia. I risultati ottenuti risultano in buon accordo con i risultati sperimentali presenti in letteratura scientifica. Attualmente, studi riguardanti l'influenza dei raggi di curvatura dei dischi e dei *roller* sul rendimento meccanico dei variatori vengono condotti al fine di ottimizzare le caratteristiche geometriche al fine di migliorare ulteriormente le loro prestazioni.

Per ulteriori dettagli, si veda: De Novellis L., Carbone G., Mangialardi L., The performance of the Double roller Full Toroidal Variator: A comparison with the Half-Toroidal and Full-Toroidal drives, **Transactions of ASME Journal of Mechanical Design**, submitted (2011).



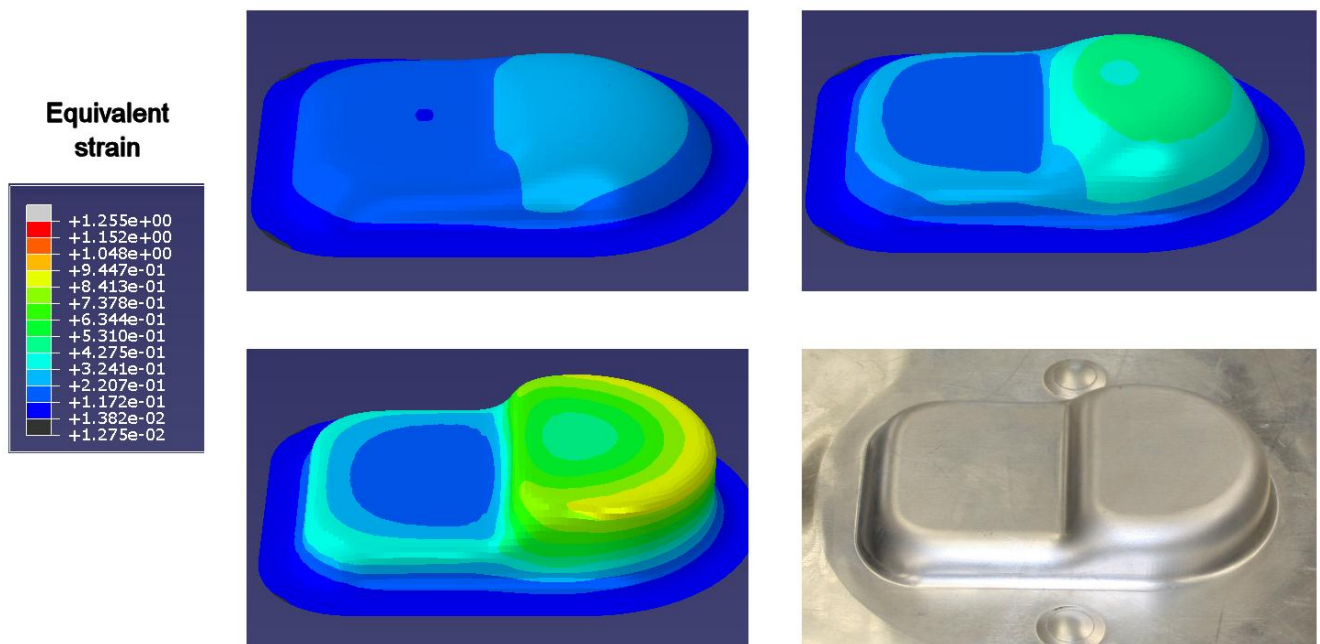
(a)



(b)

Fig. 1, Modello CAD di trasmissioni CVT-DFTV, (a); Immagine interferometrica di un contatto *roller*-dischi in condizioni di lubrificazione elastoidrodinamica, (b).

Linea 8. Simulazione di processi di lavorazione per deformazione plastica

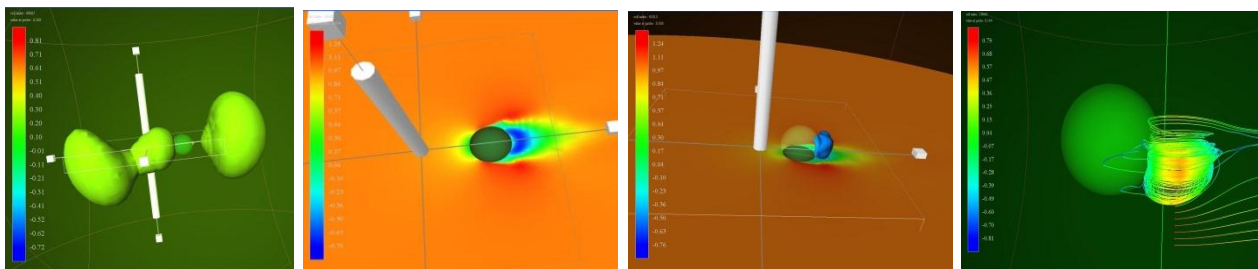


Le figure riportate mostrano l'evoluzione temporale della mappa di deformazione plastica equivalente su una lamiera in lega d'alluminio ed il relativo componente ottenuto sperimentalmente ad alta temperatura tramite l'utilizzo di fluidi in pressione. La geometria rappresenta il caso di studio del Progetto Dimostratore della Rete di Laboratori Pubblici TRASFORMA, che si propone di investigare la formatura con mezzi flessibili di leghe leggere tramite l'utilizzo di superfici ad attrito controllato e lamiere saldate di differente spessore. In particolare, le tecniche di formatura investigate sono l'Idroformatura a caldo (Warm Hydroforming, WHF) e la Formatura Superplastica (Superplastic Forming, SPF), sia di lamiere monolitiche che di lamiere preventivamente saldate tramite fascio laser (Laser Tailor Welded Blanks); entrambi i processi effettuano la deformazione della lamiera tramite l'azione di un fluido in pressione, anziché dei convenzionali utensili, a temperatura che vanno da 300°C (WHF di leghe di alluminio e magnesio) a 1000°C (SPF di leghe di titanio), con una conseguente semplificazione delle attrezzature e miglioramento di finitura superficiale,

precisione dimensionale e livelli massimi di deformazione. La simulazione numerica in questo campo si rende necessaria non solo come supporto ad una migliore comprensione del processo, ma come strumento di ottimizzazione del processo di deformazione plastica. Nella formatura a caldo, infatti, il comportamento del materiale è fortemente influenzato dalla velocità di deformazione a cui avviene il processo. Per questo la lamiera, tramite opportune leggi di pressione calcolate numericamente, deve essere deformata con velocità di deformazione prossime ad un valore ottimale; questo consente di ottenere le migliori *performance* deformative del materiale e contestualmente le caratteristiche ottimali sul componente formato.

Linea 9. Tecniche di analisi e manipolazione di dati in ambiente virtuale.

L'attività di ricerca è stata focalizzata principalmente sullo studio delle potenzialità degli ambienti immersivi per la visualizzazione scientifica. Un importante studio è stato condotto sulla capacità dell'utente di interagire con i dati in 3D. In particolare sono state valutate le performance dell'utente mentre esegue operazioni di *pointing*, navigazione e manipolazione di dati. I risultati più interessanti sono quelli ottenuti relativamente alla anisotropia dell'errore ed all'affaticamento dell'utente. Lo studio ha permesso di definire e testare alcuni algoritmi e *tools* per migliorare le performance e la precisione dell'interazione. In parallelo all'analisi e la sperimentazione di nuove metafore all'interno di un ambiente immersivo di visualizzazione per l'interazione, la manipolazione, ed il controllo di geometrie semplici e complesse, è stato condotto uno studio per valutare quale modello di visualizzazione fosse più appropriato per la gestione dei dati ingegneristici provenienti dalle varie linee di ricerca nell'ambito di collaborazioni all'interno del CEMeC: risultati notevoli sono stati ottenuti per l'analisi e la visualizzazione di campi di moto tridimensionali turbolenti con griglie di molti milioni di nodi.



La visualizzazione del campo tridimensionale prevede sezioni, isosuperfici e linee di corrente che vengono calcolate e rese disponibili per l'utente in real-time. Altri tipi di analisi sono completamente programmabili e quindi adattabili al particolare tipo di fenomeno in esame.

Per maggiori dettagli, si veda, ad esempio: M. Dellisanti, M. Fiorentino, G. Monno, A. Uva, Enhanced 3D object snap for CAD modelling on large stereo displays. **International journal of computer applications in technology**, vol. 33, p. 54-61, 2008, ISSN: 0952-8091

Conclusioni

Dal materiale presentato, che è solo una piccola finestra sulle numerose ed importanti attività di ricerca svolte dai docenti e ricercatori afferenti al CEMeC nei dieci anni di attività del Centro, emerge chiaramente che gli stessi hanno meritato pienamente questo importante e ambito finanziamento e che esso ha contribuito a rendere ancora più rilevante e di interesse internazionale le ricerche da essi svolte. Il direttore del Centro ed il Politecnico di Bari sono fieri di aver reso possibile con il finanziamento MIUR-Politecnico il lungo periodo di precariato che ha preceduto l'ingresso nei ruoli universitari di giovani e brillanti docenti del calibro di L. Afferrante, M. de Tullio, D. Sorgente e di aver cofinanziato attività di ricerca post-laurea e post-dottorato, consentendo a numerosi brillanti giovani laureati e dottori di ricerca di accedere ad importanti posizioni professionali.

Ad Maiora