

# Attività di Ricerca di NPQCD

(Bari, Cosenza, LNGS, Pisa)

- **Proprietà non-perturbative della QCD:** proprietà del vuoto, proprietà topologiche, confinamento del colore e deconfinamento
- **Proprietà della QCD in condizioni estreme:** diagramma di fase di QCD, QCD in campi di background

La disponibilità di adeguato tempo macchina è fondamentale per competere a livello interazionale. Questo è stato garantito per lungo tempo dalle macchine APE, con una interruzione qualche anno fa.

- **Ultimo lavoro basato su apeNEXT pubblicato nel 2010**

M. D'Elia, S. Mukherjee and F. Sanfilippo, Phys. Rev. D 82, 051501 (2010)

- **Per qualche anno abbiamo fatto affidamento solo su risorse di calcolo medio (cluster com. IV) o ci siamo industriati ad usare le GPU, il che ci ha permesso di mantenere il livello della nostra ricerca. Alcuni dei lavori nel 2011-2013:**

C. Bonati, G. Cossu, M. D'Elia and F. Sanfilippo, Phys. Rev. D 83, 054505 (2011)

M. S. Cardaci, P. Cea, L. Cosmai, R. Falcone and A. Papa, Phys. Rev. D 83, 014502 (2011)

P. Cea, L. Cosmai, M. D'Elia, A. Papa and F. Sanfilippo, Phys. Rev. D 85, 094512 (2012)

P. Cea, L. Cosmai and A. Papa, Phys. Rev. D 86, 054501 (2012)

P. Cea, L. Cosmai, P. Giudice and A. Papa, Phys. Rev. D 85, 094505 (2012)

M. D'Elia and F. Negro, Phys. Rev. Lett. 109, 072001 (2012)

C. Bonati, G. Cossu, M. D'Elia and A. Di Giacomo, Phys. Rev. D 85, 065001 (2012)

M. D'Elia, M. Mariti and F. Negro, Phys. Rev. Lett. 110, 082002 (2013)

M. D'Elia and F. Negro, Phys. Rev. D 88, no. 3, 034503 (2013)

C. Bonati, M. D'Elia, H. Panagopoulos and E. Vicari Phys. Rev. Lett. 110, no. 25, 252003 (2013)

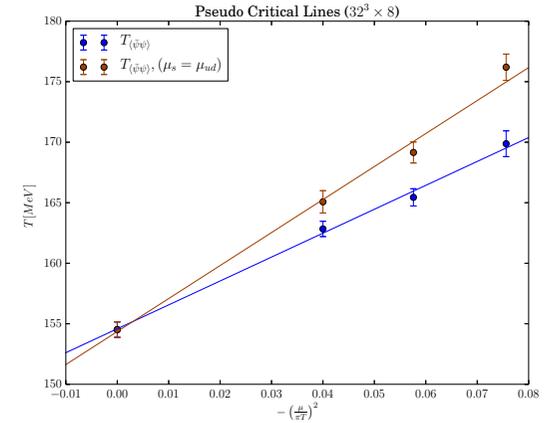
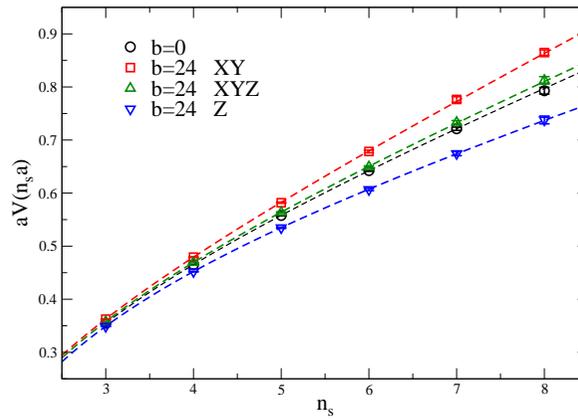
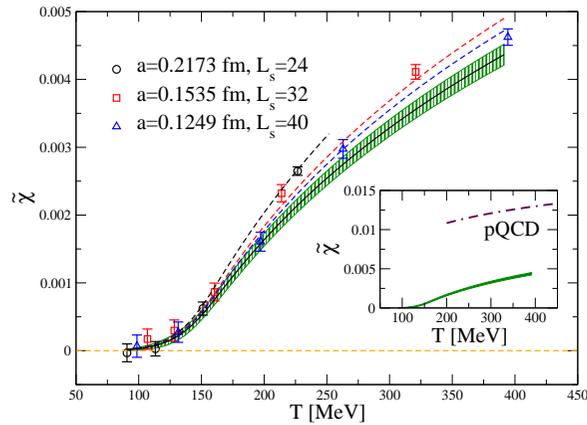
C. Bonati and M. D'Elia, Phys. Rev. D 88, no. 6, 065025 (2013)

C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, F. Negro and F. Sanfilippo, Phys. Rev. Lett. 111, 182001 (2013)

La recente possibilità, attraverso la convenzione INFN-CINECA, di usare una macchina alla frontiera dello sviluppo HPC (BG/Q Fermi), ha rappresentato una positiva rivoluzione in vari sensi:

- **Dopo un periodo di sviluppo ed aggiustamento dei codici, abbiamo acquisito la capacità di produrre ricerca basata non solo su idee, ma anche sull'utilizzo dell'attuale stato dell'arte nella discretizzazione della QCD. Questo ci ha messo in grado di competere con i maggiori gruppi a livello internazionale nello studio del diagramma di fase e della QCD in condizioni estreme.**
  - C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, F. Negro and F. Sanfilippo, “Magnetic susceptibility and equation of state of  $N_f = 2 + 1$  QCD with physical quark masses,” Phys. Rev. D 89, 054506 (2014) [arXiv:1310.8656 [hep-lat]].
  - P. Cea, L. Cosmai and A. Papa, “On the critical line of 2+1 flavor QCD,” Phys. Rev. D 89, 074512 (2014) [arXiv:1403.0821 [hep-lat]].
  - C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, M. Mesiti, F. Negro and F. Sanfilippo, “Anisotropy of the quark-antiquark potential in a magnetic field,” Phys. Rev. D 89, 114502 (2014) [arXiv:1403.6094 [hep-lat]].
  - C. Bonati, M. D'Elia, M. Mariti, M. Mesiti, F. Negro and F. Sanfilippo, “Curvature of the pseudo-critical line in QCD”, in preparation
- **Questo ci ha anche messo in grado di competere con successo in ulteriori richieste di tempo macchina in progetti ISCRA e PRACE**

## Alcuni risultati dal BG/Q



- Suscettività magnetica del Quark-Gluon Plasma (Phys. Rev. D 89, 054506 (2014))
- Anisotropia del potenziale quark-antiquark in campo magnetico esterno (Phys. Rev. D 89, 114502 (2014))
- Linea critica da  $\mu$  immaginario con e senza potenziale chimico strano (talk M. Mesiti a Lattice 14)
- Altri risultati: vedi slide Bari-Cosenza

**Ciò rende chiara l'importanza di adeguate risorse di calcolo e pone il problema della disponibilità di tempo macchina a medio-lungo termine.**

**Nel giro di poco tempo le risorse di cui disponiamo oggi non risulteranno più adeguate. Di cosa abbiamo bisogno per portare avanti in modo adeguato i nostri progetti di ricerca?**

**Riportiamo di seguito una lista parziale di progetti in programma per il medio termine, con una stima dei tempi macchina previsti.**

**Le stime sono riportate in MegaCoreHours (ad esempio di BlueGene/Q). 100MCH oggi sono, molto grossolanamente, 100Tflops\*year.**

**1. Limite continuo (reticoli con  $N_t = 10, 12$  più estrapolazione) della curvatura della linea critica con fermioni stout staggered al punto fisico. Siamo arrivati fino ad  $N_t = 8$  con 10MCH di un progetto ISCRA, con un codice sviluppato in casa che raggiunge un'efficienza di circa il 25% del picco sul BG/Q. Stimiamo 50MCH per raggiungere l'obiettivo.**

**2. Proprietà della QCD in forti campi magnetici esterni.**

- stima delle correzioni non-lineari all'equazione di stato in funzione di  $B$
- anisotropia del potenziale statico: limite continuo, effetti sul tubo di flusso di colore, estensione a  $T$  finita
- effetti sugli stati legati dei mesoni pesanti: previsioni dalla misura del potenziale statico e misura diretta
- diagramma di fase in campo magnetico e possibile punto critico ad alto  $B$

**45MCH già allocati per il prossimo anno su progetti ISCRA e PRACE. Tuttavia una stima ragionevole per il completamento di tutto il programma è di circa 100MCH aggiuntivi.**

**3. Ordine della transizione nel limite chirale di  $N_f = 2$  QCD. Abbiamo iniziato ad occuparci di questo problema, ancora non risolto, ai tempi di APEmille**

(M. D'Elia, A. Di Giacomo, C. Pica, "Two flavor QCD and confinement" Phys. Rev. D 72:114510 (2005))

**Recentemente, un metodo basato sullo studio del diagramma di fase a  $\mu$  immaginario ha permesso di confermare, su reticoli con  $a \sim 0.3$  fm, che la transizione è del prim'ordine (circa 10MCH equivalenti su GPU)**

C. Bonati, P. de Forcrand, M. D'Elia, O. Philipsen and F. Sanfilippo, "The chiral phase transition in two-flavor QCD from imaginary chemical potential," arXiv:1408.5086 [hep-lat].

**Il risultato richiede di essere confermato su reticoli più fini, già volendo arrivare ad  $a \sim 0.15$  fm, una stima minimale è di 150-200 MCH** (bisogna trovare l'endpoint di una linea del prim'ordine per varie masse e  $\mu$  immaginari, ed estrapolare al limite chirale)

**4. Vedi slide Bari-Cosenza**