Curriculum vitæ
del dott. Marco Billó

Dati anagrafici e personali

- Data e luogo di nascita: *2 Agosto 1966, Mondovi' (CN).*
- Cittadinanza: *Italiana.*
- Stato civile: *Coniugato, con due figlie.*
- Residenza:*Via Madama Cristina 37, 10125, Torino.*
- Telefono: *011/6707213 (ufficio); 011/6509092 (abitazione).*
- Posta elettronica: `billo@to.infn.it`.

Studi

- Il 7 Luglio 1990 mi sono laureato in Fisica presso l'*Universitá di Torino*. Voto: 110 e lode.
- Dal 1990 al 1995 (con un'interruzione dal Maggio '93 al Maggio '94 per il servizio di leva) sono stato studente di Ph.D. del settore di Particelle Elementari della *SISSA* di Trieste. Supervisore: P. Fré.
- Nell'Ottobre 1992 ho conseguito il *Master* in particelle elementari con la tesi *"Gravitational Instantons and N=4 Superconformal Theory"*.
- Ho conseguito il Ph. D. il 31 Ottobre 1995, con la tesi *"Gravitational Instantons and N=2 Dualities"*.

Esperienze di ricerca e didattiche

- Dal Novembre 1995 al Novembre 1997 ho usufruito di una borsa post-doc per fisici teorici dell'INFN presso il NORDITA (Copenhagen).
- Dal Novembre 1997 al Dicembre 1998 ho avuto una Junior Fellowship presso l'Universitá di Leuven (Belgio).
- Dal Dicembre 1998 sono ricercatore universitario presso il Dipartimento di Fisica Teorica dell'Universitá di Torino.
- Fino a Giugno 1999, usufruendo anche di un periodo di tre mesi di congedo per motivi di studio, sono frequentemente stato presso l'Universitá di Leuven.
- Nell'anno accademico 1999-2000 ho coordinato l'attivitá di tutoraggio per gli studenti del primo anno del corso di Laurea in Fisica, attivitá che veniva svolta per la prima volta e richiedeva quindi uno sforzo di organizzazione e coordinamento.

- Negli anni accademici 1998-1999 e 1999-2000 ho tenuto alcune lezioni ed esercitazioni (circa una decina di ore ogni anno) nell'ambito del corso di Relativitá.
- Nell'anno accademico 2000-2001 ho tenuto le esercitazioni (c.a 70 ore) per i moduli di Meccanica e Onde.Fluidi e Termodinamica per il primo anno del Corso di Laurea in Fisica.
- Nell'anno accademico 2000-2001 ho tenuto una dozzina di ore di lezione del corso di Teoria dei Gruppi e la parte relativa agli Istantoni (c.a 8 ore) del corso di complementi di Teoria dei Campi per il Dottorato in Fisica, indirizzo teorico. Ho altresí tenuto 6 ore di lezione su teorie di gauge bidimensionali come teorie di stringa per i corsi di Dottorato presso il Dipartimento di Fisica dell'Universitá di Parma.
- Nell'anno accademico 2001-2002 ho tenuto il modulo (40 ore) di Introduzione alla Teoria dei Gruppi per il corso di Laurea in Fisica (quest'anno ancora inquadrato come parte del corso di Relativita' per gli studenti del vecchio ordinamento).
- Nell'anno accademico 2001/2002 ho tenuto le esercitazioni (ca 35 ore) per il modulo di Meccanica per il primo anno del Corso di Laurea in Fisica.
- Dall'a.a. 2002/2003 sono titolare del modulo di 6 c.f.u di *Introduzione alla Teoria dei gruppi* per la Laurea Specialistica in Interazioni Fondamentali, vedi `http://www.to.infn.it/~billo/didatt/gruppi2004/gruppi_2004_pf.html`.
- Dall'a.a. 2002/2003 faccio parte della Comissione Orientamento del Corso di Laurea. Tra le altre attivitá, mi occupo in particolare della realizzazione e gestione del sito del nostro Corso di Laurea dedicato all'orientamento, `http://studiarefisica.ph.unito.it`.

Seminari e lezioni

Alcuni seminari e lezioni che ho tenuto sono i seguenti:

- *Trieste, Settembre 1993*, meeting del network europeo "Gauge Symmetry, Quantum Gravity and Applied Supersymmetry", comunicazione su *CFT of ALE manifolds.*
- *Leuven, July 1995*, Workshop su "Gauge Theories, Applied Supersymmetry, and Quantum Gravity", comunicazione su *R-symmetry of heterotic* $N = 2$ *supergravities.*
- *Stoccolma, Maggio 1996.* Al "Nordic Meeting on String Theory", ho tenuto un seminario introduttivo e di rassegna (4 ore) su *Introduction to D-branes.*
- *Leuven, December 1997*, seminario su *D-branes, boundary states and classical p-branes.*
- *Corfú, Settembre 1998*, "2nd Conference on Quantum Aspects of Gauge Theories, Supersymmetry and Unification", comunicazione su *Ramond-Ramond (boundary) states.*

- *Leuven, Febbraio 2000*, seminario su *Matrix strings from (generalized) Yang-Mills in d=2.*

- *Parma, Marzo 2000*, seminario su *Teoria di Yang-Mills generalizzata in D=2 e teoria matriciale della stringa.*

- *Parma, Marzo 2000*, seminario su *Teoria di Yang-Mills generalizzata in D=2 e teoria matriciale della stringa.*

- *Corfú, Settembre 2001*, "2nd Conference on Quantum Aspects of Gauge Theories, Supersymmetry and Unification", comunicazione su *Ramond-Ramond (boundary) states.*

- *Universitá di Roma II (Tor Vergata), Novembre 2001*, seminario su *Boundary states, fractional branes and instantons.*

- *XV Congresso della Societá Italiana di Gravitazione, Frascati, Settembre 2002.* Speaker per una sessione plenaria. Titolo del talk: *Aspects of Gauge/Gravity Correspondence.*

- *Utrecht, Gennaio 2003* Seminario su *Gauge instantons from perturbative open strings.*

- *Problemi Attuali di Fisica Teorica, X ed, Vietri sul Mare, Aprile 2004*, speaker. Titolo del talk: *N=1/2 gauge theory and is instantons from open strings in RR background.*

- *S.I.S.S.A., Trieste, Aprile 2004*, seminario su *Instantons in (deformed) gauge theories from RNS open strings.*

Attivitá organizzative e varie

- Durante la mia permanenza all'Instituut voor Theoretische Fysica di Leuven, sono stato organizzatore dei seminari e dei gruppi di studio.

- Sono stato tra gli organizzatori della scuola su 'Quantum aspects of gauge theories, supersymmetry and quantum gravity', a Torino dal 26 Gennaio al 2 Febbraio 2000 e tra gli editori dei proceedings di tale conferenza, "Contemporary string theory and brane physics. Proceedings, 2nd graduate school, Turin, Italy, January 26-February 2, 2000", Class. Quant. Grav. **17** (2000) 3377-3597.

- Sono stato tra gli organizzatori del workshop del network RTN europeo "The quantum structure of spacetime and the geometric nature of fundamental interactions", che si terrá a Leuven, nel periodo 13-19/9/02, vedi `http://http://itf.fys.kuleuven.ac.be/workshop2002/` e tra gli editori dei proceedings, "Quantum structure of spacetime. Proceedings, European Workshop, Leuven, Belgium, September 13-19, 2002", Class. Quantum Grav. 20 (2003) 321-579.

- Sono stato tra gli organizzatori della "RTN Winter School on Strings, Supergravity and Gauge Theories", tenutasi a Torino dal 7 all'11 Gennaio 2003, vedi `http://www.rtnschool.to.infn.it/`, e tra gli editori dei "Proceedings if the RTN Winter School on Supergravity and Gauge theories, Torino, Italy, 7-11 January 2003", Fortschritte del Physik, Vol 52, no 2-3 (February-March 2004).

Attivitá di ricerca

La mia attivitá di ricerca si è svolta nell'ambito della teoria dei campi e della teoria delle corde (o stringhe). Piú in dettaglio, ho lavorato nelle seguenti direzioni connesse alle teorie di stringa:
a) modelli di supergravitá, teorie conformi e topologiche, teorie di campo supersimmetriche connesse alla propagazione di superstringhe su spazi curvi;
b) fisica delle brane di Dirichlet (D-brane).

Nell'ambito dellla teoria dei campi, mi sono principalmente occupato di:
c) teorie di gauge a temperatura finita;
d) teorie di gauge in due dimensioni.

Supergravitá, teorie conformi e topologiche, teorie di campo supersimmetriche La teoria delle stringhe rappresenta il tentativo piú promettente di unificare la gravitá con le altre interazioni fondamentali. Le teorie di superstringa sono consistenti se lo spazio targhetta, in cui esse sono immerse, ha 10 dimensioni; per ottenere teorie fenomenologicamente accettabili si indaga dunque la teoria in vuoti corrispondenti alla compattificazione su opportuni spazi. Lo studio della stringa su spazi curvi, sia dal punto di vista della superficie di mondo (world-sheet) che della teoria efficace nello spazio-tempo (supergravitá) è quindi di fondamentale importanza.

- *Stringhe e istantoni gravitazionali* A partire dalla tesi di laurea, avente come relatore P. Fré, e poi per il periodo iniziale del mio dottorato, mi sono occupato, in collaborazioni includenti D. Anselmi, P.Fré, L. Girardello e A. Zaffaroni, della propagazione delle corde su istantoni gravitazionali[1] [1] ed in particolare su varietá asintoticamente localmente euclidee (ALE) [2,3,P3]. In [1] si investiga la teoria di superstringa in un vuoto non-banale anche nello spazio-tempo quadridimensionale, dove corrisponde ad un istantone gravitazionale. Si mostra come a livello del world-sheet la propagazione su tali spazi sia descritta da una teoria conforme con $\mathcal{N}=4$ supersimmetrie e carica centrale $c=6$. In [2] si considera la classe di istantoni gravitazionali dal comportamento asintotico piú prossimo a quello dello spazio piatto, gli spazi ALE. Tali spazi possono essere ottenuti "risolvendo" la singolaritá conica di spazi quoziente del tipo $\mathbb{C}^2/\Gamma$, dove Γ è un sottogruppo discreto di SU(2). Ció conduce da un lato ad una classificazione ADE di tali spazi, dall'altro alla realizzazione degli spazi ALE come quozienti di HyperKähler. Si descrive la teoria superconforme corrispondente al punto di orbifold $\mathbb{C}^2/\Gamma$, costruendone la funzione di partizione, identificando gli operatori marginali corrispondenti alle sue deformazioni e mettendoli in corrispondenza alla risoluzione della singolaritá dal punto di vista algebrico e geometrico. Recentemente, molti dei metodi illustrati in questo lavoro sono stati ampiamente usati in letteratura nel contesto in cui gli spazi ALE servono come modello locale per la compattificazione della stringa su K3. In [3,P1] si indagano teorie di campo bi-dimensionali con supersimmetria $\mathcal{N}=4$ che nel limite di bassa energia inducono il σ-model super-conforme per la propagazione della stringa

[1] Nell'indicare i lavori, si fa riferimento alla lista delle pubblicazioni che costituisce l'ultima sezione del presente curriculum.

su di un istantone gravitazionale. La costruzione della teoria di bassa energia di tali teorie realizza fisicamente la descrizione delle varietá ALE in questione come quozienti di HyperKähler. In [3] si indagano anche le teorie topologiche ottenute per mezzo dellla procedura di "twist topologico" a partire da tali teorie supersimmetriche bidimensionali.

- *Dualitá di stringa* Intorno al 1995, si sono verificati progressi molto importanti nell'ambito della teoria delle stringhe, imperniati su relazioni di dualitá che collegano fra di loro tutte le teorie consistenti di (super)stringa (piú la teoria di supergravitá in 11 dimensioni, o M-teoria). Molte di queste dualitá collegano regioni di accoppiamento debole a regioni di accoppiamento forte, aprendo la possibilitá di indagare aspetti non-perturbativi.

In collaborazioni varie includenti A. Ceresole, R. D'Auria, F. Denef, S. Ferrara, P. Fré, I. Pesando, T. Regge, P. Soriani, W. Troost, A. Van Proeyen e D. Zanon ho lavorato su argomenti connessi con le dualitá in teoria delle stringhe, ponendo l'attenzione sulle teorie efficaci di supergravitá $\mathcal{N}+2$ (in particolare per stringhe compattificate su spazi di Calabi-Yau). In [5] si descrive la corretta R-simmetria per una rilevante classe di supergravitá $\mathcal{N}=2$ in 4 dimensioni, accoppiata a multipletti vettoriali e iper-multipletti. Si indaga poi il twist topologico consistente di tali teorie determinando la struttura delle equazioni istantoniche che fissano le simmetrie topologiche ottenute, e che descrivono l'accoppiamento consistente di istantoni gravitazionali, istantoni di gauge, e iper-istantoni. In [9] si deducono alcune proprietá delle varietá di Calabi-Yau che rappresentano, nell'ambito della dualitá tra stringa eterotica su $K3\times T_2$ e superstringa di tipo II su CY, l'analogo della soluzione di Seiberg-Witten in teorie di super Yang–Mills $\mathcal{N}=2$ in $d=4$. I lavori [P7,13] contengono l'analisi dettagliata del limite in cui la teoria efficace di supergravitá per superstringhe compattificate su spazi di Calabi-Yau dá origine ad azioni effettive esatte alla Seiberg-Witten per teorie di campo supersimmetriche (limite rigido).

- *Dualitá AdS/CFT* Un importante recente progresso in teoria di stringa è stata la congettura, dovuta a Maldacena, della dualitá AdS/CFT. Tale congettura identifica la supergravitá su particolari spazi curvi, contenenti uno spazio di anti-de Sitter, come una descrizione duale della teoria di campo conforme che vive sulle brane che rappresentano a livello di stringa (o di M-teoria) le sorgenti della geometria curva.

Se si considerano D0-brane (D-particelle), e 6 dimensioni sono compattificate, ad esempio su di un Calabi-Yau, la metrica creata da queste sorgenti è quella di un buco nero; vicino all'orizzonte, assume la forma di $\mathrm{AdS}_2\times S^2$. In [16] si ricava, implementando la κ-supersimmetria, l'azione della superparticella accoppiata ad una supergravitá $\mathcal{N}=2$ in $d=4$, accoppiata a multipletti vettoriali. Tale azione rappresenta la corretta sorgente per le soluzioni di buco nero $\mathcal{N}=2$ con area dell'orizzonte finita. Se la teoria di supergravitá rappresenta la compattificazione su di un Calabi-Yau, la nostra azione di 0-brana puó venire derivata avvolgendo l'azione di D3-brana su 3-cicli dello spazio interno. La trattazione viene estesa anche a casi con supersimmetria piú elevata. In [20], in collaborazione con P. Fré, D. Fabbri, P. Merlatti and A. Zaffaroni, si costruisce la teoria super-conforme 2+1-dimensionale duale alla compattificazione della M-teoria sullo spazio $\mathrm{AdS}_4\times N^{0,1,0}$, nello spirito della congettura di Maldacena. La teoria risultante dalla compattificazione sul coset space 7-dimensionale $N^{0,1,0}$ possiede $\mathcal{N}=3$ supersimmetrie. Si trova tuttavia, sia dal lato della teoria conforme che da quello della supergravitá compattificata su $N^{0,1,0}$, che certi modi massivi di Kaluza-Klein ricostruiscono inevitabilmente il multipletto di super-Higgs corrispondente ad una rottura spontanea da $\mathcal{N}=4$ a $\mathcal{N}=3$. In [21] si mostra come sia intrinseco ad ogni compattificazione $\mathcal{N}=3$ l'apparire di "multipletti ombra", cioè di multipletti lunghi (massivi) con dimensioni protette, per ogni multipletto corto (massless). Il multipletto di super-Higgs è il multipletto ombra del multipletto massless del gravitone. Ogni vuoto $\mathcal{N}=3$ $\mathrm{AdS}_4 \times X^7$ va dunque visto come una fase spontaneamente rotta di una teoria $\mathcal{N}=4$; ci sono peró indizi che sia necessario generalizzare la forma della lagrangiana di supergravitá $\mathcal{N}=4$ rispetto a quella solitamente considerata.

Recentemente, una delle direzioni di sviluppo piú importanti nell'ambito della corrispondenza tra teorie di gravita' e teorie di gauge è la estensione a casi piú "realistici", in cui le teorie di gauge non sono piu' conformi (e la teoria di gravita' duale non sara' quindi piu' su AdS puro), e/o la supersimmetria residua è minore. Io mi sono occupato in [24] di tale problematica in casi in cui si puó utilizzare direttamente la descrizione conforme delle D-brane sul cui world-volume vive la teoria di gauge (vedi paragrafo successivo).

Fisica delle D-brane La realizzazione del ruolo delle D(irichlet)-branes (Polchinski,1995) nelle dualitá di stringa è stato un passo cruciale nei recenti progressi. Una brane di Dirichlet $p+1$-dimensionale (Dp-brana) è un difetto (ipersuperficie) nello spazio-tempo su cui le stringhe fondamentali possono terminare; le stringhe appese a queste brane si possono descrivere con tecniche di stringa perturbativa e teorie conformi. D'altro canto, le D-brane appaiono nella teoria di bassa energia (supergravitá) come oggetti non-perturbativi, generalizzazioni dei buchi neri. Pertanto, la fisica delle D-brane permette di investigare regimi non-perturbativi della teoria delle stringhe.

Tramite l'interazione stringhe aperte-stringhe chiuse, le D-brane vengono a rappresentare una sorgente che emette stringhe chiuse. In questa prospettiva esse sono rappresentate come "stati di bordo" nella teoria conforme. Io ho lavorato allo sviluppo e all'utilizzo in vari problemi del formalismo degli stati di bordo.

- *Interazione fra D-brane* In [11], con P. Di Vecchia e D. Cangemi, si considera lo scattering di Dp-brane nel formalismo degli stati di bordo. Si ricava la parte dipendente della velocitá del potenziale d'interazione calcolando l'ampiezza al tree level per la propagazione di stringhe chiuse tra due stati di bordo cui è stato applicato un boost relativo. In [21], con P. Di Vecchia, M. Frau, A. Lerda, I. Pesando, R. Russo, vi è la costruzione generale degli stati di bordo su spazio piatto nel formalismo covariante, con particolare attenzione ai settori di ghost e superghost e all'invarianza di BRST, e la trattazione dell'interazione tra D0 e D8-brane, il caso piú problematico. L'interazione viene ricondotta ad una forza di tipo Coulombiano dovuta ad un identificazione non standard tra componenti dei potenziali di Ramond-Ramond. In [14], lo tesso tipo di considerazioni rivela un termine nell'interazione tra una D6 ed una D0 brana in moto relativo che era stato precedentemente trascurato, sia in trattazione di stringa che con tecniche di M(atrix) theory; il suo significato fisico è quello di una forza di Lorentz.

- *D-brane di tipo 0 e non-BPS* I risultati discussi precedentemente si riferiscono a D-brane in teorie di stringa supersimmetriche. Tali D-brane sono inoltre esse stesse BPS: le loro cariche e masse sono in rapporti speciali che assicurano la conservzione parziale delle supersimmetrie, e proteggono molte quantitá dal ricevere correzioni quantiche. È ovviamente molto interessante studiare da una parte D-brane in teorie non supersimmetriche, come le teorie di tipo 0, e dall'altra brane non-BPS. Ho lavorato in queste direzioni con B. Craps e F. Roose. In [17], usando stati di bordo, si deriva la presenza di fermioni chirali per D-brane in teorie di tipo 0 interesecantisi. Si calcolano quindi i corrispondenti accoppiamenti anomali sulle brane. Inoltre, si discutono sistemi di brane ad una singolaritá di tipo $\mathbb{C}^2/A_n$. In particolare, si deriva lo spettro massless sulle brane, e si da una descrizione in termini di stati di bordo. Questa descrizione in formalismo stringa chiusa delle D-brane ad una singolaritá di orbifold è interessante di per se, al di lá dell'applicazione alle teorie di tipo 0. In [18], studiamo il modo con cui brane non-BPS in teorie di tipo II si accoppiano ai potenziali di Ramond-Ramond. Tramite condensazione del tachione (in un kink, un monopolo di 't Hooft-Polyakov o una sua generalizzazione multi-dimensionale) gli accoppiamenti da noi trovati danno origine ai corretti accoppiamenti anomali delle brane BPS. Gli accoppiamente da noi proposti vengono controllati con calcoli espliciti di ampiezze di stringa sul disco.

- D-brane su orbifold, D-brane frazionarie Le D-brane in una teoria conforme generica (rappresentante, ad esempio, un background non geometrico di stringa) sono associate a condizioni al contorno consistenti che definiscono correttamente una teoria conforme con bordo (una teoria di strinag aperta). La consistenza porta a delle condizioni sui possibily boundary states che rappresentano tali D-brane, note come condizioni di Cardy. In [22] si mostra, da un lato, come la classificazione delle D-brane come possibili soluzioni della condizione di Cardy porti ad una comprensione piu' "economica" del possibile spettro di D-brane anche nei background piú semplici (spazi piatti o toroidali). Inoltre, si applica tale formalismo per ricavare lo spettro delle possibile brane trasverse al piú semplice background non-geometrico, quello dato da un orbifold dello spazio piatto, ottenendo una precisa descrizione delle cosiddette "D-brane frazionarie".

Con L. Gallot e A. Liccardo ho derivato in [24] la soluzione classica di supegravitá corrispondente ad una configurazione generica di D-brane frazionarie rispetto all'orbifold $\mathbb{C}^2/\Gamma$, dove Γ è un sottogruppo discreto di SU(2), descrivendone la relazione di "dualitá" con le teoria di gauge che vivono sul worldvolume delle D-brane stesse. Questo nello spirito di estendere la corrispondenza "AdS/CFT" a casi non-conformi. Infatti le teorie di gauge sulle D-brane frazionarie sono in generale non-conformi.

- D-brane su pp-waves Molto recentemente ha assunto importanza lo studio della propagazione della superstringa su di un certo background (detto *pp*-wave). Tale background preserva tutte le supersimmetrie, e corrisponde and un limite particolare di $\mathrm{AdS}_5 \times \mathrm{S}_5$; nell'ambito della dualita' con le teorie di gauge, studiare tale limite corrisponde a studiare un sottosettore della teoria di gauge. La stringa in tale background curvo ha la sorprendente caratteristica di essere esattamente risolubile, seppur solo nel light-cone gauge. In questo caso, quindi, si puo' indagare la dualita' di un sottosettore della teoria di gauge $\mathcal{N} = 4$ con una teoria di stringa (e non solo con il suo limite di supergravitá). Con I. Pesando, in [25] abbiamo esteso l'indagine sulla stringa in questo background costruendo i boundary states che ne descrivono le possibili D-brane.

- Istantoni di gauge e stringhe aperte In collaborazione con M. Frau, A. Lerda, I. Pesando (Torino), F. Fucito (INFN- Roma) e A. Liccardo (Napoli) abbi-

amo indagato in [26] in dettaglio il meccanismo tramite il quale le soluzioni istantoniche delle teorie di gauge (anche con supersimmetria estesa) vengono "prodotte" da configurazioni di D-istantoni localizzati all'interno delle D3-brane su cui vive la teoria di gauge. E' ben noto che questa costruzione di brane fornisce un efficente modo di rappresentare la costruzione di ADHM dello spazio dei moduli degli istantoni; la nostra trattazione spiega ad un livello piú profondo questo fatto, connotando i D-istantoni come vere e proprie sorgenti delle soluzioni istantoniche.

- *Stringhe aperte in background di stringa chiusa e deformazioni delle teorie di gauge.* Come descritto sopra, le teorie di gauge possono spesso essere efficacemente descritte tramite modelli di stringhe aperte appese a opportune configurazioni di D-brane. Le stringhe aperte contengono instrinsecamente la possibilita' di interazioni con stringhe chiuse. E' pertanto assi interessante studiare l'effetto di particolare background trattabili di stringa chiusa sulle teoriedi gauge che discendono dai modelli di stringhe aperte su D-brane. Si è trovato che alcuni tipi di semplici background chiusi, quali ad esempio un campo $B_{\mu\nu}$ constante o campi di Ramond-Ramond con field-strength costante, inducono interessanti deformazioni delle teorie di gauge, tipicamente corrispondenti alla formulazione delle teorie stesse su un (super)-spazio in cui le coordinate bosoniche (risp. fermioniche) non commutino (risp. non anti-commutino) piú. In [27], con M. Frau, I. Pesando e A. Lerda, abbiamo esplicitamente mostrato come la deformazione della teoria di gauge con supersimmetria $\mathcal{N} = 1$ ad una teorie con $\mathcal{N} = 1/2$ su superspazio non-commutativo (descritta recentemente da Seiberg) si ottenga in dettaglio dala considerazione della ampiezze di stringa aperta fra D3-brane frazionarie in presenza di un particolare background di Ramond-Ramond, conducendo esplicitamente il calcolo nel formalismo di NSR. Inoltre, abbiamo utilizzato le tecniche desceritte al punto precedente per studiare gli istantoni di tali teorie deformate ed il loro spazio dei moduli tramite sistemi di D3 e D-istantoni frazionari. Stiamo applicando analisi simili a svariati bacground di Ramond-Ramond in svariate teorie di gauge. Stiamo terminando un lavoro in cui il settore istantonico delle teorie di gauge non-commutative viene ritrovato tramite sistemi di D3/D-istantoni in presenza di background $B_{\mu\nu}$ costante. Stiamo inoltre studiando l'utilizzo del formalismo covariante per la superstringa sviluppato da N. Berkovits per appplicarlo a calcoli espliciti di ampiezze in bacground di Ramond-Ramond.

Teorie di gauge a temperatura finita La regolarizzazione su reticolo rappresenta il modo piú efficace di trattare gli aspetti non-perturbativi in teorie di campo, per mezzo di simulazioni Monte-Carlo. Io mi sono occupato, in collaborazioni varie con A. D'Adda, M. Caselle, L. Magnea e S. Panzeri, di aspetti *analitici* in teorie di gauge su reticolo (LGT), in particolare riguardanti la fisica della transizione di deconfinamento. Lo scopo non e' certo di entrare in competizione con le simulazioni Monte-Carlo, ma di migliorare la comprensione teorica dei meccanismi di tale transizione.

In [4] si discute analiticamente la transizione di deconfinamento per la LGT di SU(N) a temperatura finita, nel limite di grandi N. Si trattano complesse azioni efficaci per i loop di Polyakov con tecniche tipiche dei modelli matriciali, e si collega l'instabilitá del regime di weak coupling con la transizione di Douglas-Kazakov in QCD2. In [7] si considera la transizione di deconfinamento nel caso di SU(2). Con tecniche nuove, si costruisce un'azione efficace che tiene perturbativamente conto degli effetti delle placchette spaziali. Di conseguenza, lo scaling della temperatura critica in 3+1 dimensioni risulta assai migliorato. In [8], utilizzando tecniche alla Eguchi–Kawai, la LGT a temperatura finita nel limite di grandi N è ricondotta ad un modello twistato di una placchetta. Tale modello viene risolto nella fase di weak coupling, trascurando i contributi delle placchette spaziali. Ref. [9] è un lavoro di review sulla LGT a temperatura finita nel limite di grandi N, che estende i risultati di [4,12]. In [10] viene analiticamente predetto il termine sub-leading nello scaling della temperatura critica in 2+1 dimensioni per teorie di gauge di SU(N), con N finito, in notevole accordo coi dati Monte-Carlo.

Teorie di gauge bi-dimensionali In collaborazione con A. D'Adda, M. Caselle e P. Provero, mi sono occupato di teorie di Yang Mills in due dimensioni (YM2). Ci si attende che le teorie di Yang Mills confinanti ($2 \leq d \leq 4$) siano descritte da qualche tipo di teoria di stringa (adroni come tubi di flusso, espansione in $1/N$ di 't Hooft). Le teorie in $d = 2$ rappresentano un caso trattabile. Sono state risolte esattamente (Migdal, Rusakov, Witten), e la loro connessione con una teoria di stringa nel limite di grandi N è stata esibita da Gross e Taylor. Ció nonostante, indagando tali teorie nel cosiddetto gauge unitario (in cui la field strength è diagonale) abbiamo rivelato alcuni aspetti nuovi; in particolare abbiamo trovato indicazioni dell'emergere di una teoria di stringa del tutto diversa da quella di Gross e Taylor.

L'analisi della teoria di Yang Mills definita su un cilindro od un toro nel gauge unitario rivela la presenza di settori topologici prima trascurati [15,P9]. La funzione di partizione esatta che include tutti i settori topologici e' particolarmente semplice nel formalismo gran-canonico, ed esibisce una struttura molto simile a quella della cosiddetta M(atrix) string theory. In questa teoria, introdotta da Dijkgraaf-Verlinde-Verlinde (DVV), si dá una formulazione non perturbativa della superstringa di tipo II, in termini di una versione con supersimmetria $\mathcal{N} = 8$ di YM2. In effetti, la funzione di partizione del modello di DVV, calcolata in seguito da Kostov e Vanhove, concide esattamente con la funzione di partizione da noi trovata in [15] per YM2 pura. In [19,P12] la trattazione della teoria di YM2 nel gauge unitario è stata da noi estesa a superfici di Riemann generiche. A prezzo dell'introduzione di particolari accoppiamenti alla curvatura, tale teoria è stata ricondotta ad un modello di coverings (quindi ad una teoria di stringa) sul cui world-sheet vive una teoria di gauge di U(1). Tale teoria di stringa nasce in modo radicalmente diverso dalla stringa esibita da Gross e Taylor nel limite di grande N; non è ancora chiaro se è possibile collegare le due torie di stringha per mezzo di una relazione di dualitá.

Con A. D'Adda e P. Provero, abbiamo considerato in [23] la possibilitá che i coverings con gruppo di gauge U(1) sul world-sheet descritti poc'anzi siano branched coverings, ovverossia che le stringhe interagiscano, e abbiamo costruito un modello che enumera tali possibili coverings; tale modello è dato a sua volta, a grado N del covering fissato, da una teoria di gauge, quella del prodotto semidiretto del gruppo simmetrico S_N per $U(1)^N$ che enumera tali possibili coverings.

Pubblicazioni scientifiche

Articoli su riviste

1. M. Billó, P. Fré, L. Girardello e A. Zaffaroni, *Gravitational instantons in heterotic string theory: the h-map and the moduli deformations of (4,4) superconformal theories*, Int. J. Mod. Phys. **A8** (1993) 2351, `hep-th/9210076`.

2. D. Anselmi, M. Billó, P. Fré, L. Girardello e A. Zaffaroni, *Ale manifolds and conformal field theory*, Int. J. Mod. Phys. **A9** (1994) 3007, `hep-th/9304135`.

3. M. Billó e P. Fré, *$N=4$ versus $N=2$ phases, hyperkähler quotients and the 2-d topological twist*, Class. Quant. Grav. **11** (1994) 785, `hep-th/9310019`.

4. M Billó, M. Caselle, A. D'Adda, L. Magnea e S. Panzeri, *Deconfinement transition in large-N lattice gauge theory*, Nucl. Phys. **B435** (1995) 172, `hep-lat/9407019`.

5. M. Billó, R. D'Auria, S. Ferrara, P. Fré, P. Soriani e A. Van Proeyen, *R-symmetry and the topological twist of $N = 2$ effective supergravities of heterotic strings*, Int. J. Mod. Phys **A12** (1997) 379, `hep-th/9505123`.

6. M. Billó, A. Ceresole, R. D'Auria, S. Ferrara, P. Fré, T. Regge, P. Soriani e A. Van Proeyen, *A search for non-perturbative dualities of local $N = 2$ Yang-Mills theories from Calabi-Yau threefolds*, Class. Quant. Grav. **13** (1996) 831, `hep-th/9506075`.

7. M. Billó, M. Caselle, A. D'Adda e S. Panzeri, *Toward an analytic determination of the deconfinement temperature in SU(2) LGT*, Nucl. Phys. **B472** (1996) 163, `hep-lat/9601020`.

8. M. Billó e A. D'Adda, *A solvable twisted one-plaquette model*, Int. J. Mod. Phys. **A12** (1997) 2741, `hep-th/9607013`.

9. M. Billó, M. Caselle, A. D'Adda e S. Panzeri, *Finite temperature lattice gauge theories in the large-N limit*, Int. J. Mod. Phys. **A12** (1997) 1783, `hep-th/9610144`.

10. M. Billó, M. Caselle e A. D'Adda, *Analytic results in 2+1-dimensional finite-temperature LGT*, Int. J. Mod. Phys. **A12** (1997) 5753, `hep-th/9701145`.

11. M. Billó, D. Cangemi e P. Di Vecchia, *Boundary states for moving D-branes*, Phys. Lett. **B400** (1997) 63, `hep-th/9701190`.

12. M. Billó, P. Di Vecchia, M. Frau, A. Lerda, I. Pesando, R. Russo e S. Sciuto, *Microscopic string analysis of the D0-D8 brane system and dual R-R states*, Nucl. Phys. **B526** (1998) 199, `hep-th/9802088`.

13. M. Billó, F. Denef, P. Fre, I. Pesando, W. Troost, A. Van Proeyen e D. Zanon, *The rigid limit in special Kähler geometry: From K3-fibrations to special Riemann surfaces: A detailed case study*, Class. Quant. Grav. **15** (1998) 2083, `hep-th/9803228`.

14. M. Billó, P. Di Vecchia, M. Frau, A. Lerda, R. Russo e S. Sciuto, *The Lorentz force between D0 and D6 branes in string and M(atrix) theory*, Mod. Phys. Lett. **A13** (1998) 2977. `hep-th/9805091`.

15. M. Billó, M. Caselle, A. D'Adda e P. Provero, *Matrix string states in pure 2D Yang-Mills theories*, Nucl. Phys. **B543** (1999) 141, `hep-th/9809095`.

16. M. Billó, S. Cacciatori, F. Denef, P. Fre, A. Van Proeyen e D. Zanon, *The 0-brane action in a general $D = 4$ supergravity background*, Class. Quant. Grav. **16** (1999) 2335, `hep-th/9902100`.

17. M. Billó, B. Craps e F. Roose, *On D-branes in type 0 string theory*, Phys. Lett. **B457** (1999) 61, `hep-th/9902196`.

18. M. Billó, B. Craps e F. Roose, *Ramond-Ramond couplings of non-BPS D-branes*, JHEP **9906** (1999) 033, `hep-th/9905157`.

19. M. Billó, A. D'Adda e P. Provero, *Non-supersymmetric matrix strings from generalized Yang-Mills theory on arbitrary Riemann surfaces*, Nucl. Phys. **B576** (2000) 241, `hep-th/9911249`.

20. M. Billó, D. Fabbri, P. Fre, P. Merlatti e A. Zaffaroni, *Rings of short N = 3 superfields in three dimensions and M-theory on AdS(4) x* $N^{(0,1,0)}$, Class. Quant. Grav. **18** (2001) 1269, `hep-th/0005219`.

21. M. Billó, D. Fabbri, P. Fre, P. Merlatti e A. Zaffaroni, *Shadow multiplets in AdS(4)/CFT(3) and the super-Higgs mechanism*, Nucl. Phys. **B591** (2000) 139, `hep-th/0005220`.

22. M. Billó, B. Craps e F. Roose, *Orbifold boundary states from Cardy's condition*, JHEP **0101** (2001) 038, `hep-th/0011060`.

23. M. Billo, A. D'Adda and P. Provero, *Branched coverings and interacting matrix strings in two dimensions*, Nucl. Phys. **B616**, (2001) `hep-th/0103242`.

24. M. Billo, L. Gallot and A. Liccardo, *Classical geometry and gauge duals for fractional branes on ALE orbifolds*, Nucl. Phys. **B614** (2001) 254, `hep-th/0105258`.

25. M. Billo and I. Pesando, *Boundary states for GS superstrings in an Hpp wave background*, Phys. Lett. **B536** (2002) 121, `hep-th/0203028`.

26. M. Billo, M. Frau, I. Pesando, F. Fucito, A. Lerda and A. Liccardo, *Classical gauge instantons from open strings*, JHEP **0302** (2003) 045, `hep-th/0211250`.

27. M. Billo, M. Frau, I. Pesando and A. Lerda, *$N = 1/2$ gauge theory and its instanton moduli space from open strings in RR background*, `hep-th/0402160`, sottomesso a JHEP.

Proceedings di conferenze

P1. M. Billó, P. Fré, L. Girardello e A. Zaffaroni, *Stringy gravitational instantons, the h-map and N=4 moduli deformations*, nei proceedings di *International Workshop on String Theory, Quantum Gravity and the Unification of Fundamental Interactions*, Roma, 1992, ed. M. Bianchi et al., World Scientific, 1993.

P2. M. Billó, P. Fré, L. Girardello e A. Zaffaroni, *Heterotic vacua including gravitational instantons*, nei proceedings della *X Italian conference on General Relativity and Gravitational Physics*, Bardonecchia, 1–5 September 1992, ed. M. Cerdonio et al., World Scientific, 1993.

P3. M. Billó e P. Fré, *Hyperkähler quotients and $N = 4$ gauge theories in $d = 2$*, nei proceedings di *Gursey Memorial Conference I: On Strings and Symmetries*, Istanbul, 1994, ed.s G. Aktas et al., Springer-Verlag, 1995, `hep-th/9411183`.

P4. M. Billó, *R-symmetry of heterotic $N = 2$ supergravities*, nei proceedings di *Workshop on Gauge Theories, Applied Supersymmetry, and Quantum Gravity*, Leuven, Belgium, 1995, Leuven Univ. Press (1996), `hep-th/9511017`.

P5. M. Billó, M. Caselle, A. D'Adda e S. Panzeri, *Effective actions for finite-temperature LGT*, Nucl. Phys. Proc. Suppl **53** (1997) 459, `hep-lat/9609027`.

P6. M. Billó, F. Denef, P. Fre, I. Pesando, W. Troost, A. Van Proeyen e D. Zanon, *A detailed case study of the rigid limit in special Kähler geometry using K3*, nei proceedings di *31st International Ahrenshoop Symposium on the Theory of Elementary Particles*, Buckow, Germany, 2-6 Sep 1997 `hep-th/9801112`.

P7. M. Billó, F. Denef, P. Fre, I. Pesando, W. Troost, A. Van Proeyen e D. Zanon, *Special geometry of Calabi-Yau compactifications near a rigid limit*, Fortsch. Phys. **47** (1999) 133, `hep-th/9801140`.

P8. M. Billó e R. Russo, *Ramond-Ramond (boundary) states*, nei proceedings di *2nd Conference on Quantum Aspects of Gauge Theories, Supersymmetry and Unification*, Corfu, 21-26 Settembre 1998, `hep-th/9812200`.

P9. M. Billó, M. Caselle, A. D'Adda e P. Provero, *2D Yang-Mills theory as a matrix string theory*, nei proceedings di *2nd Conference on Quantum Aspects of Gauge Theories, Supersymmetry and Unification*, Corfu, 21-26 Settembre 1998, `hep-th/9901053`.

P10. M. Billó, B. Craps e F. Roose, *Anomalous couplings of non-BPS D-branes*, nei proceedings di *NATO Advanced Study Institute: TMR Summer School on Progress in String Theory and M-Theory*, Cargese, Corsica, 24 Maggio - 5 Giugno 1999, `hep-th/9908029`.

P11. M. Billó, B. Craps e F. Roose, *Anomalous couplings of type 0 D-branes*, nei proceedings di *NATO Advanced Study Institute: TMR Summer School on Progress in String Theory and M-Theory*, Cargese, Corsica, 24 Maggio - 5 Giugno 1999, `hep-th/9908030`.

P12. M. Billó, M. Caselle, A. D'adda e P. Provero, *Generalized two dimensional Yang-Mills theory is a matrix string theory*, Nucl. Phys. Proc. Suppl. **88** (2000) 142, `hep-th/0001076`.

P13. M. Billo, L. Gallot and A. Liccardo, *Fractional branes on ALE orbifolds*, arXiv:hep-th/0112190, apparirà nei . proceedings del *Workshop on the Quantum Structure of Spacetime and the Geometric Nature of Fundamental Interactions*, Corfù, Grecia, 13-20 Settembre 2001.

Torino, li 03/05/2004

(Marco Billó)