

Dall'Approssimazione all'Algebra Lineare: metodi numerici per l'Analisi Isogeometrica

Responsabile: Francesca Pelosi
pelosi@mat.uniroma2.it

Relazione Progetto di Ricerca - GNCS 2014

Numero dei partecipanti: 13
Finanziamento erogato: 7000 euro
(totalmente utilizzato per il rimborso di missioni)

1 Partecipanti al progetto

- Responsabile:** Francesca Pelosi
Posizione: Ricercatrice confermata
Affiliazione: Università di Roma "Tor Vergata", Dip. di Matematica
e-mail: pelosi@mat.uniroma2.it
- Partecipante:** Alessandra Aimi
Posizione: Professore associato
Affiliazione: Università di Parma, Dipartimento di Matematica e Informatica
e-mail: alessandra.aimi@unipr.it
- Partecipante:** Annalisa Buffa
Posizione: Dirigente di Ricerca
Affiliazione: Istituto di Matematica Applicata e Tecnologie Informatiche del C.N.R., Pavia
e-mail: annalisa@imati.cnr.it
- Partecipante:** Francesco Calabrò
Posizione: Ricercatore confermato
Affiliazione: Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale, Dip. di Ingegneria Elettrica e dell'Informazione
e-mail: calabro@unicas.it
- Partecipante:** Carlotta Giannelli
Posizione: Ricercatrice INDAM

- Affiliazione:** INdAM c/o Università di Firenze, Dip. di Matematica ed Informatica
e-mail: carlotta.giannelli@unifi.it
6. **Partecipante:** Mauro Diligenti
Posizione: Professore Ordinario
Affiliazione: Università di Parma, Dipartimento di Matematica e Informatica
e-mail: mauro.diligenti@unipr.it
 7. **Partecipante:** Marco Donatelli
Posizione: Professore associato
Affiliazione: Università dell’Insubria, Como, Dip. di Scienza ed Alta Tecnologia
e-mail: marco.donatelli@uninsubria.it
 8. **Partecipante:** Massimiliano Martinelli
Posizione: Assegnista di ricerca
Affiliazione: IMATI “Enrico Magenes” – CNR, Pavia
e-mail: martinelli@imati.cnr.it
 9. **Partecipante:** Maria Lucia Sampoli
Posizione: Ricercatrice confermata
Affiliazione: Università di Siena, Dip. di Ingegneria dell’Informazione e Scienze Matematiche
e-mail: marialucia.sampoli@unisi.it
 10. **Partecipante:** Giancarlo Sangalli
Posizione: Professore Associato
Affiliazione: Università di Pavia, Dipartimento di Matematica
e-mail: giancarlo.sangalli@unipv.it
 11. **Partecipante:** Debora Sesana
Posizione: Post Doc
Affiliazione: Università dell’Insubria, Como, Dip. Scienza ed Alta Tecnologia
e-mail: de.sesa@libero.it
 12. **Partecipante:** Alessandra Sestini
Posizione: Professore associato
Affiliazione: Università di Firenze, Dip. di Matematica e Informatica Ulisse Dini
e-mail: alessandra.sestini@unifi.it
 13. **Partecipante:** Hendrik Speleers
Posizione: Ricercatore t.d.
Affiliazione: Università di Roma “Tor Vergata”, Dip. di Matematica
e-mail: speleers@axp.mat.uniroma2.it

2 Relazione finale sull'attività scientifica svolta

Il nuovo paradigma dell'Analisi Isogeometrica (IgA) è emerso come un'importante alternativa alle tradizionali metodologie di progettazione e analisi per problemi retti da equazioni differenziali alle derivate parziali (PDE) e solo recentemente si è incominciato a studiarne le potenzialità nell'ambito della discretizzazione di problemi modellabili da equazioni integrali di contorno (BIE) [XII, XIII].

L'IgA, introdotta da Hughes e collaboratori [VI] nella comunità dell'Analisi agli Elementi Finiti (FEA), stabilisce un legame fondamentale con la geometria fornita dai moderni sistemi CAD (Computer Aided Design) utilizzando la base geometrica direttamente come base per l'analisi. Infatti in IgA, le funzioni B-splines o Non-Uniform Rational B-Splines (NURBS), che tipicamente sono utilizzate per rappresentare la geometria del dominio nella parametrizzazione CAD, diventano le basi per lo spazio delle soluzioni della formulazione variazionale alla Galerkin della PDE (o della BIE). Di conseguenza la geometria viene descritta *esattamente*, fin dal primo livello della discretizzazione, e rimane inalterata durante tutto il processo di analisi, eliminando così il continuo interfacciamento con i sistemi CAD (tipico dei FEM) ogni volta che, per migliorare la risoluzione, lo spazio iniziale viene modificato con l'operazione di raffinamento.

Fin dalle prime indagini, sono emersi sorprendenti vantaggi computazionali, grazie all'utilizzo di funzioni regolari di tipo B-splines, che hanno permesso la progettazione di nuovi metodi arricchiti di interessanti proprietà. Inoltre gli algoritmi stabili ed accurati a disposizione del CAD per la manipolazione di tali basi, hanno reso semplice ed efficiente il raffinamento degli spazi approssimanti considerati. Come testimonianza del crescente interesse per l'utilizzo delle basi B-splines nell'ambito generale della risoluzione numerica di problemi differenziali, significativa è la quasi contemporanea introduzione in letteratura dei metodi BS che costituiscono una classe di metodi multistep stabili basati su B-Splines per la risoluzione numerica di problemi al contorno unidimensionali [X, XI].

In tutti i casi, i passi che concorrono nella determinazione della soluzione finale e ne influenzano l'accuratezza, possono essere sintetizzati nei seguenti punti:

- (a) determinazione dello spazio da utilizzare per la discretizzazione;
- (b) costruzione degli elementi del sistema lineare tramite quadratura numerica degli integrali (che nel caso delle BIE sono singolari o ipersingolari);
- (c) risoluzione del sistema lineare.

Affinchè ogni punto sia trattato in maniera efficiente al fine di non deteriorare l'accuratezza globale dell'approssimazione finale, si richiede l'utilizzo delle più appropriate e innovative tecniche risolutive, nonchè l'adeguamento dei metodi esistenti. Inoltre, al fine di essere aggiornati nell'ambito delle rappresentazioni CAD di geometrie, risulta di interesse per il progetto approfondire le conoscenze di schemi innovativi di interpolazione e in generale di modellizzazione geometrica automatica. Pertanto si è resa necessaria la completa sinergia tra diversi settori dell'Analisi Numerica e dell'Algebra Lineare Numerica e del Computer Aided Geometric Design.

Grazie al finanziamento ricevuto nell'ambito del Progetto GNCS 2013, dal titolo “*Studio di spazi con struttura di raffinamento per l'analisi isogeometrica*”, alcune collaborazioni, nella direzioni suddette, sono state avviate. Nel progetto attuale si sono consolidate tali collaborazioni al fine di approfondire ed estendere alcuni dei risultati ottenuti, delineando al tempo stesso nuove direzioni di ricerca.

In particolare sono stati sviluppati i seguenti temi:

- (a) *Nuovi spazi con struttura di raffinamento locale per l'IgA*, [1-6]
ricerca di spazi dotati di strutture di raffinamento che permettano facile manipolazione di geometrie complesse.
- (b) *Formule di quadratura per l'IgA* [7]:
costruzione di formule di quadratura ad hoc
- (c) *Algebra lineare per l'IgA*, [8]:
analisi delle caratteristiche spettrali delle matrici risultanti per la successiva costruzione di metodi multigrad e/o tecniche di preconditionamento per la risoluzione dei relativi sistemi lineari.
- (d) *BEM per l'IgA basata su basi B-splines*, [9-12]:
l'accoppiamento fra l'IgA e il metodo agli elementi di contorno per la risoluzione di PDE.
- (e) *Metodi BS2 per problemi al contorno 1D del secondo ordine* [13]:
sviluppo e studio delle caratteristiche di convergenza e stabilità di metodi multistep basati su B-splines specifici per problemi al contorno 1D del secondo ordine.
- (f) *Schemi di interpolazione 3D basati su biarchi spline PH* [14-16]
sviluppo e studio delle caratteristiche di convergenza e di shape-preserving di schemi di interpolazione 3D basati su curve spline Pythagorean Hodograph (PH) con applicazioni alla progettazione di moti di corpi rigidi.

Di seguito diamo maggiori dettagli sugli studi sviluppati per per ognuno dei punti sopra.

- (a) *Nuovi spazi con struttura di raffinamento locale per l'IgA*, [1-6].
Le basi a prodotto tensoriale NURBS rappresentano lo standard indiscusso nei sistemi CAD commerciali, grazie alle proprietà che ereditano dalle funzioni B-splines, a cui aggiungono la capacità di rappresentare esattamente sezioni di coniche, di fondamentale interesse nelle applicazioni ingegneristiche. Tuttavia la loro rigida struttura di prodotto tensoriale inibisce ogni possibilità di operare raffinamenti locali, e rende estremamente complicata la modellizzazione di regioni “non rettangolari”. Ciò ha motivato l'interesse in ambito isogeometrico verso strutture, tipiche del mondo del CAGD e della Teoria dell'Approssimazione, che permettano raffinamenti locali, quali ad esempio le T-splines [III] e le strutture gerarchiche basate su B-splines [XVI] o su loro generalizzazioni [IX].
Nel contesto delle T-splines, gli studi iniziati nell'ambito del progetto GNCS 2013, hanno permesso la comprensione di alcuni aspetti legati all'indipendenza lineare delle funzioni che generano lo spazio di discretizzazione, garantita solo per opportune strutture della mesh, si veda [IV] e referenze ivi citate. Nel progetto attuale

si è cercato di generalizzare i risultati ottenuti [2], proponendo il loro utilizzo in problemi elettromagnetici [1].

L'attività di ricerca nell'ambito delle tecniche gerarchiche si è concentrata sullo studio di possibili caratterizzazioni di spazi B-spline gerarchici, tramite opportune basi troncate [3,4], sullo studio di proprietà di approssimazione [6] e sulla ricerca di ulteriori applicazioni in IgA [5]. Un'alternativa può essere fornita dalle funzioni spline definite su triangolazioni: esse permettono sia efficienti raffinamenti locali che la rappresentazione di geometrie complesse. Interessanti risultati si sono ottenuti con splines di tipo Powell-Sabin [XIV] e loro estensione in forma razionale (NURPS) [XV].

Se restringiamo l'attenzione a triangolazioni regolari, i relativi spazi spline sono dotati di basi (box splines) che rappresentano la naturale generalizzazione bivariata delle B-splines monovariate e possono facilmente essere estese a dimensioni maggiori. Pertanto sembrano possedere tutte le proprietà auspicabili e la flessibilità necessaria per definire un modello isogeometrico alternativo di tipo spline.

Nell'ambito del progetto abbiamo proposto la possibilità di utilizzare opportune basi box splines di tipo quartico e con continuità C^2 definite su triangolazioni regolari tri-direzionali in ambito isogeometrico. Un primo risultato ha riguardato il trattamento delle condizioni al bordo, considerando opportune formulazioni deboli (si veda [II] e citazioni), è stato oggetto delle comunicazioni [C2, C3] e la relativa pubblicazione è in fase di preparazione.

(b) *Formule di quadratura per l'IgA*, [7].

Altro aspetto che determina in maniera cruciale l'accuratezza della soluzione è legato alle formule di quadratura, utilizzate per approssimare i termini integrali in caso di discretizzazioni di tipo Galerkin. Risulta pertanto di fondamentale importanza avere a disposizione formule di quadratura particolarmente adatte agli spazi utilizzati in IgA [I].

Considerando i risultati [V], ottenuti nell'ambito del precedente progetto si è investigato sulla possibilità di costruire formule con precisione ottimale, che considerino le funzioni dato del problema solo su nodi prefissati dall'utente, e utilizzino proiezioni dei termini su spazi splines. I risultati di tali studi sono stati oggetto delle comunicazioni [C7] e alcuni sviluppi pubblicati in [7] ed in ulteriori pubblicazioni ancora in fase di ultimazione.

(c) *Algebra lineare per l'IgA*, [8]

L'analisi spettrale delle matrici derivanti dalla discretizzazione di tipo IgA e la definizione di metodi numerici ad hoc per la risoluzione dei corrispondenti sistemi lineari sono state solo parzialmente investigate in letteratura.

Un primo contributo in questa direzione ha riguardato la determinazione del simbolo delle matrici di stiffness ottenute mediante discretizzazioni di tipo Galerkin basate su B-splines. Tale risultato ha permesso di avere una completa conoscenza del comportamento asintotico dello spettro di tale matrici, in quanto gli autovalori si distribuiscono esattamente come un campionamento uniforme del simbolo. I risultati sono stati pubblicati in [VII].

Gli studi suddetti hanno permesso la progettazione di efficienti preconditionatori

e metodi multigrid per il trattamento dei sistemi lineari in oggetto, presentati al [C8] e oggetto di pubblicazioni, alcune in fase di ultimazione ([8]).

Successivamente si è cercato di estendere l'analisi spettrale basata sul simbolo per le matrici ottenute in IgA mediante tecniche di collocazione, che stanno ricevendo una notevole attenzione soprattutto nel caso di discretizzazioni basate su spazi spline di grado elevato. Quest'ultime infatti danno origine a sistemi lineari particolarmente difficili da trattare dal punto di vista numerico.

(d) *BEM per l'IgA basata su basi B-splines*, [9-12]

Con il progetto attuale, ci si proponeva di cominciare a studiare l'accoppiamento fra l'IgA, basata B-splines, e il metodo di Galerkin agli elementi di contorno per la risoluzione numerica di problemi ellittici, definiti su domini bidimensionali, anche in presenza di disomogeneità o cavità variamente dislocate. In questo contesto si è investigato da un punto di vista numerico il metodo di Galerkin simmetrico agli elementi di contorno (SGBEM) applicato alla risoluzione di problemi ellittici al contorno bidimensionali, dove il contorno del dominio e le incognite su di esso sono rappresentati mediante B-splines. Abbiamo confrontato questo approccio, che abbiamo denominato IGA-SGBEM, con un SGBEM curvilineo, versione avanzata rispetto ai convenzionali metodi agli elementi di contorno, che opera su qualsiasi contorno dato da rappresentazione parametrica esplicita e dove la soluzione approssimata viene rappresentata mediante base Lagrangiana. Entrambe le tecniche sono state comparate con un SGBEM di tipo standard, dove il contorno del problema assegnato è approssimato da elementi lineari e la soluzione è espressa in termini di base Lagrangiana. Diversi esempi numerici sono stati presentati e discussi al [C10], in particolare relativi a domini limitati regolari, non regolari, con fori o domini illimitati esterni ad archi di curve piane.

Sono anche stati condotti studi sui metodi agli elementi di contorno per problemi iperbolici [9-12], a cui si prevede in un prossimo futuro di applicare l'approccio isogeometrico basato su B-splines.

(e) *Metodi BS2 per problemi al contorno 1D del secondo ordine*, [13]

A continuazione di ricerche precedentemente sviluppate nell'ambito della risoluzione numerica di problemi al contorno unidimensionali basati sull'impiego di splines, in [13] è stata introdotta una nuova classe di metodi lineari multistep basati su B-splines detti metodi BS2 che sono specifici per problemi del secondo ordine semi-lineari. In particolare è stato dimostrato che i BS2 a due o a quattro passi sono assolutamente stabili e che la soluzione numerica prodotta dai metodi BS2 può essere associata ad una spline di collocazione facilmente costruibile.

(f) *Schemi di interpolazione 3D basati su biarchi spline PH*, [14-16]

Come sviluppo di ricerche svolte precedentemente nell'ambito dell'interpolazione basata su curve Pythagorean Hodograph che stanno acquistando sempre crescente importanza nell'ambito del CAGD, in [14] è stato sviluppato uno schema di interpolazione di tipo Hermite nello spazio che utilizza biarchi PH di terzo grado. Tale schema consente il controllo del segno della torsione e ha ordine di approssimazione pari a tre. In [15] e [16] sono stati invece sviluppati schemi di interpolazione basati

su biarchi razionali spline utili per la modellizzazione di moti di corpi rigidi e che risultano di interesse per specifiche applicazioni.

Riferimenti Bibliografici

- [I] F. Auricchio, F. Calabrò, T. J. R. Hughes, A. Reali, G. Sangalli; A simple algorithm for obtaining nearly optimal quadrature rules for NURBS-based isogeometric analysis, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **249–252** (2012), 15–27.
- [II] J. Baiges, R. Codina, F. Henke, S. Shahmiri, W. A. Wall; A symmetric method for weakly imposing Dirichlet boundary conditions in embedded finite element meshes, *Int. J. Numer. Meth. Engrg.* **90** (2012), 636–658.
- [III] Y. Bazilevs, V. M. Calo, J. A. Cottrell, J. A. Evans, T. J. R. Hughes, S. Lipton, M. A. Scott, T. W. Sederberg; Isogeometric analysis using T-splines, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **199** (2010), 229–263.
- [IV] L. Beirão da Veiga, A. Buffa, G. Sangalli, R. Vázquez; Analysis-suitable T-splines of arbitrary degree: definition, linear independence and approximation properties, *Math. Models Methods Appl. Sci.* **23** (2013), 1979–2003.
- [V] F. Calabrò, C. Manni; The choice of quadrature in NURBS-based Isogeometric Analysis, *Proceedings SECCM III, M. Papadrakakis, M. Kojic, I. Tuncer (eds.)* (2013).
- [VI] J. A. Cottrell, T. J. R. Hughes, Y. Bazilevs; Isogeometric Analysis: Toward Integration of CAD and FEA, John Wiley & Sons, 2009.
- [VII] C. Garoni, C. Manni, F. Pelosi, S. Serra-Capizzano, H. Speleers; On the spectrum of stiffness matrices arising from isogeometric analysis; *Numer. Math.* **127** (2014), 751–799.
- [VIII] C. Manni, F. Pelosi, M. L. Sampoli; Generalized B-splines as a tool in Isogeometric Analysis, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **200** (2011), 867–881.
- [IX] C. Manni, F. Pelosi, H. Speleers; Local hierarchical h -refinements in IgA based on generalized B-splines; M.S. Floater et al. (eds), *Mathematical Methods for Curves and Surfaces, LNCS 8177* (2014), 341–363.
- [X] F. Mazzia, A. Sestini and D. Trigiante, B-spline Linear Multistep Methods and their Continuous Extensions, *Siam J. of Numerical Analysis* **44**, No. 5 (2006), 1954–1973.
- [XI] F. Mazzia, A. Sestini and D. Trigiante, BS Linear Multistep Methods on Non-uniform Meshes, *Journal of Numerical Analysis, Industrial and Applied Mathematics* **1** (2006), 131–144.
- [XII] C.G. Politis, A.I. Ginnis, P.D. Kaklis, K. Belibassakis, C. Feurer, An isogeometric BEM for exterior potential-flow problems in the plane, *SIAM/ACM Joint Conference on Geometric and Physical Modeling*, 349–354, (2009).
- [XIII] R. N. Simpson, S. P. A. Bordas, J. Trevelyan, T. Rabczuk; A two-dimensional isogeometric Boundary Element Method for elastostatic analysis, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **209–212** (2012), 87–100.
- [XIV] H. Speleers, C. Manni, F. Pelosi, M. L. Sampoli; Isogeometric analysis with Powell-Sabin splines for advection-diffusion-reaction problems, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **221–222** (2012), 132–148.

[XV] H. Speleers, C. Manni, F. Pelosi; From NURBS to NURPS geometries, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **255** (2013), 238–254.

[XVI] A.-V. Vuong, C. Giannelli, B. Jüttler, B. Simeon; A hierarchical approach to adaptive local refinement in isogeometric analysis, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **200** (2011), 3554–3567.

3 Pubblicazioni

Di seguito si elencano le pubblicazioni prodotte nell’ambito del progetto suddivise per argomenti trattati.

(a) *Nuovi spazi con struttura di raffinamento locale per l’IgA*

[1] L. Beirao da Veiga, A. Buffa, G. Sangalli, R. Vázquez; Isogeometric methods for computational electromagnetics: B-spline and T-spline discretizations, *J. Comput. Phys.* **257** (2014), 1291–1320.

[2] L. Beirao da Veiga, A. Buffa, G. Sangalli, R. Vázquez; Mathematical analysis of variational isogeometric methods, *Acta Numer.* **23** (2014), 157–287.

[3] C. Giannelli, B. Jüttler and H. Speleers; Strongly stable bases for adaptively refined multilevel spline spaces, *Adv. Comp. Math.* **40** (2014), 459–490.

[4] G. Kiss, C. Giannelli, B. Jüttler; Algorithms and data structures for truncated hierarchical B-splines, *Lecture Notes in Computer Science* (M. Floater et al., eds.) Vol. 8177 (2014), pp. 304–323, Springer.

[5] G. Kiss, C. Giannelli, U. Zore, B. Jüttler, D. Großmann, J. Barner; Adaptive CAD model (re-)construction with THB-splines, *Graphical models* **76** (2014), 273–288.

[6] D. Mokriš, B. Jüttler, C. Giannelli; On the completeness of hierarchical tensor-product B-splines, *J. Comp. Applied Math.* **271** (2014), 53–70.

(b) *Formule di quadratura per l’IgA*

[7] P. Antolin, A. Buffa, F. Calabrò, M. Martinelli and G. Sangalli; Efficient matrix computation for tensor-product isogeometric analysis: The use of sum factorization, *CMAME* **285** (2015), 817–828.

(c) *Algebra lineare per l’IgA*

[8] M. Donatelli, C. Garoni, C. Manni, S. Serra-Capizzano, and H. Speleers; Robust and optimal multi-iterative techniques for IgA Galerkin linear systems, *Comput. Methods Appl. Mech. Engrg.* **284** (2015), 230–264.

(d) *BEM per l’IgA basata su basi B-splines*

[9] A. Aimi, S. Panizzi; BEM-FEM coupling for the 1D Klein-Gordon equation, *Numerical Methods for Partial Differential Equations* **30** (6) (2014), 2042–2082.

- [10] A. Aimi, M. Diligenti, A. Frangi, C. Guardasoni; Energetic BEM-FEM coupling for wave propagation in 3D multidomains, *Internat. j. Numer. Methods Engrg.* **97** (2014), 377–394.
- [11] A. Aimi, L. Desiderio, M. Diligenti, A. Frangi, C. Guardasoni; A numerical study of energetic BEM-FEM applied to wave propagation in 2D multidomains, *Publications de l’Institut Mathématique* **96** (110) (2014), 5–22.
- [12] A. Aimi, G. Buffoni, M. Groppi; Decomposition of a planar vector field into irrotational and rotational components, *Appl. Math. Comp.* **244** (2014), 63–90.
- (e) *Metodi basati su B-Splines per problemi al contorno 1D del secondo ordine*
- [13] C. Manni, F. Mazzia, A. Sestini and H. Speleers, BS2 methods for semi-linear second order boundary value problems, in press in *Applied Mathematics and Computation* DOI: 10.1016/j.amc.2014.08.046.
- (f) *Schemi di interpolazione 3D basati su biarchi spline PH*
- [14] A. Sestini, K. Ferjancic, C. Manni, M.L Sampoli; A fully data-dependent criterion for free angles selection in spatial PH cubic biarc Hermite interpolation, *Computer Aided Geom. Design* **31** (2014), 398–411.
- [15] Krajnc, M., Sampoli, M.L., Sestini, A., Žagar, E.; C^1 interpolation by rational biarcs with rational rotation minimizing directed frames, *Computer Aided Geom. Design* **31** (201), 427–440.
- [16] M.L. Sampoli, A. Sestini, G. Jaklič and E. Žagar, A Theoretical Analysis of an Improved Rational Spline Scheme for Spherical Camera Motions, *Lecture Notes in Computer Science* **8177** (2014), 442–455, Springer–Verlag Berlin Heidelberg.

4 Comunicazioni a convegni internazionali

Riportiamo di seguito le comunicazioni relative ai risultati ottenuti nell’ambito del progetto, in blu sono evidenziati i convegni oggetto di missioni in parte finanziate grazie al finanziamento ricevuto.

- [C1] *Isogeometric Analysis and Applications: IGAA 2014*, Annweiler am Trifels (Germania), 7–10 Aprile 2014 (Hendrik Speleers);
- [C2] *Geometric Modeling, Dagstuhl Seminar 14221*, Dagstuhl (Germania), 25–30 Maggio 2014 (Maria Lucia Sampoli, su invito);
- [C3] *8th International Conference CURVES and SURFACES*, Parigi (Francia), 12–18 Giugno 2014 (Annalisa Buffa organizza mini-simposio, Carlotta Giannelli, Maria Lucia Sampoli, Giancarlo Sangalli, Alessandra Sestini, Hendrik Speleers);
- [C4] *6th International Conference on Advanced Computational Methods in Engineering (ACOMEN)*, Gand (Belgio), 23–28 Giugno, 2014 (Hendrik Speleers);

- [C5] *Sixth International Workshop on High-Order Finite Element and Isogeometric Methods (HOFEIM)*, Frauenchiemsee Island (Germania), 15–18 Luglio 2014 (Giancarlo Sangalli, Hendrik Speleers su invito);
- [C6] *SIMAI 2014*, Taormina 7-10 Luglio, (Carlotta Giannelli organizza mini-simposio con Carla Manni, Maria Lucia Sampoli);
- [C7] *11th World Congress on Computational Mechanics (WCCM XI)*, Barcellona (Spagna), 20–25 Luglio 2014 (Alessandra Aimi);
- [C8] *SLA 2014 – Structured Numerical Linear and Multilinear Algebra: Analysis, Algorithms and Applications*, Kalamata (Grecia), 8–12 settembre 2014 (Marco Donatelli su invito);
- [C9] *12th International Conference of Numerical Analysis and Applied Mathematics (ICNAAM 2014)*, Rodi (Grecia), 22-28 Settembre 2014 (Alessandra Aimi, Francesco Calabrò);
- [C10] *1st International Conference on Subdivision, geometric and algebraic Methods, isogeometric Analysis and Refinability in Tuscany (SMART)*, 28 Settembre - 1 ottobre 2014 (Alessandra Aimi, Carlotta Giannelli, Francesco Calabrò, Hendrik Speleers su invito, Francesca Pelosi, Maria Lucia Sampoli ed Alessandra Sestini tra le organizzatrici);
- [C11] *Foundations of Computational Mathematics Conference (FoCM) 2014*, Montevideo (Uruguay), 11-20 Dicembre 2014 (Annalisa Buffa su invito e Carlotta Giannelli).