

Giulio Manzonetto
Curriculum Vitae

15 luglio 2011

Curriculum Vitae

Informazioni Personali

Nome: Giulio Manzonetto.

Data e luogo di nascita: Conegliano Veneto (Italia), 18 Marzo 1980,

Nationalità: Italiana,

Email: gmanzone@gmail.com

Pagina Web: www-lipn.univ-paris13.fr/~gmanzonetto/

Lingue conosciute:

- Italiano (lingua madre)
- Francese
- Inglese
- Olandese (basilare)

Attività di Ricerca

Giulio Manzonetto ha ottenuto la Laurea Triennale e Magistrale in informatica presso l'Università Ca' Foscari di Venezia. In entrambe le occasioni ha scritto una tesi in Logica e Fondamenti dell'Informatica sotto la supervisione del Professor Antonino Salibra. Durante l'ultimo anno di Master, ha passato cinque mesi all'Università Vrije di Amsterdam, e ha partecipato alle attività di ricerca del gruppo di J.W. Klop. Nel Febbraio del 2008, Manzonetto ha ricevuto il diploma di Dottore di Ricerca Europeo in Informatica dall'università Ca' Foscari di Venezia e dall'Università di Parigi 7. Da Novembre 2007 a Dicembre 2008 ha lavorato come post-doc (ATER) all'Università di Parigi 7. Da Gennaio 2009 a Ottobre 2009 ha lavorato come post-doc presso l'INRIA-Rocquencourt, nel team MOSCOVA. Da Novembre 2010 ad Aprile 2010 ha lavorato come post-doc all'Università di Parigi 13. Attualmente ha un assegno di ricerca presso l'Università Radboud di Nimega sotto la supervisione di H.P. Barendregt.

Formazione

- 11/2004–10/2007 *Università Ca' Foscari di Venezia e Università Parigi 7 di Parigi.* Dottorato Europeo in Informatica, in co-tutela fra l'Università Ca' Foscari di Venezia e l'Università Parigi 7 di Parigi.
Supervisor: Prof. Antonino Salibra e Prof. Chantal Berline.
Titolo della tesi di dottorato: Models and theories of λ -calculus.
Data della discussione: Febbraio 2008.
- 09/2002–10/2004 *Università Ca' Foscari di Venezia, Italia.* Laurea Magistrale [M.Sc.] in Informatica. Laureato con pieni voti: 110/110 cum laude. Supervisore: Prof. Antonino Salibra.
Titolo della tesi magistrale: Topologie e λ -calcolo.
- 09/1999–10/2002 *Università Ca' Foscari di Venezia, Italia.* Laurea Triennale [B.Sc.] in Informatica. Voto finale: 108/110.
Supervisore: Prof. Antonino Salibra.
Titolo della tesi triennale: Sugli approcci alla teoria astratta della computabilità.

Posizioni Occupate

- 05/2010–Presente *Università Radboud.* Assegno di ricerca all'Università Radboud, Progetto Calmoc.
- 11/2009–04/2010 *Università di Parigi 13.* Assegno di ricerca nel laboratorio LIPN, Progetto Collodi.
- 01/2009–10/2009 *INRIA-Rocquencourt.* Assegno di ricerca nel team MOSCOVA, Progetto ANR ParSec.
- 09/2007–12/2008 *Università Paris-Diderot, Parigi 7, Francia.* Post-doc (ATER).
- 09/1999–09/2003 *i.SenSE society.* Sviluppatore e Project Manager.

Visite brevi

03/02/11–13/02/11 G. McCusker presso University of Bath (UK).
 20/11/10–28/11/10 M. Pagani presso LIPN, Paris 13 (FR).
 19/10/10–24/10/10 P. Tranquilli presso ENS-Lyon (FR).
 14/02/10–19/02/10 G. McCusker presso l'Università di Bath (UK).
 29/08/09–05/09/09 J.R. Longley presso l'Informatics Forum di Edinburgo (UK).
 01/05/09–05/05/09 J.W. Klop presso la Vrije Universiteit di Amsterdam (NL).
 06/05/09–08/05/09 H.P. Barendregt presso la Radboud University di Nijmegen (NL).

Attività di Insegnamento

2007–2008 Insegnante (ATER) presso l'*Università Paris-Diderot, Paris 7, Francia*.
 Titoli dei corsi svolti: “Compilatori” (26h), “Programmazione funzionale” (26h), “Introduzione a Java e alla programmazione orientata agli oggetti” (26h), “Progetto di programmazione” (25h), “Intelligenza Artificiale” (28h), “Algoritmi” (20h), “Analisi sintattica e compilazione” (28h).
 2007 Insegnante presso *Università of Paris-Sud, Orsay, Francia*. Titolo del corso: “Databases”.
 2002–2004 Tutor presso l'*Università Ca'Foscari, Venice, Italia*. Titolo del corso: “Architettura degli elaboratori A” (20h x 3 anni = 60h).
 2002 Tutor presso l'*Università Ca'Foscari, Venice, Italia*. Titolo del corso: “Computabilità” (20h).

Nel periodo 2007-2008, Manzonetto ha preparato le esercitazioni e gli esami dei corsi che ha svolto, e ha partecipato attivamente alla valutazione degli esami scritti e orali.

Qualifiche

01/2009-2011 Qualifica a svolgere il ruolo di “Maître de Conference”, Sezione: 27 (Informatica).

Attività di Dottorato

Partecipazione a Scuole Internazionali per Studenti di Dottorato

07/2010 *5° Scuola Internazionale in Riscrittura (Advanced Track)*, Utrecht, Olanda.
 05–06/2006 *34° Scuola Primavera in Informatica Teorica (EPIT 2006): Giochi in Semantica e Verifica di Programmi*, Ile de Ré, Francia.
 01–02/2006 *Geometria della Computazione 2006 (Geocal06)*, Marsiglia, Luminy, Francia.
 07/2005 *Scuola di Lipari. Metodi Formali: Teoria e Pratica. 17esima Scuola Internazionale per Ricercatori in Informatica*, Lipari, Italia.
 03/2005 *Scuola Primavera per Dottorandi in Informatica (BISS)*, Bertinoro, Italia.

Esami di dottorato svolti:

- Multimedia and Web Databases, S. Candan (Ira Fulton School of Engineering, Arizona)
- Strong static typing and advanced functional programming, F. Zappa Nardelli (Inria, Pargi)
- Machine Learning, A. Sperduti (Università di Padova)
- Approximation, Chance and Networks, A. Panconesi (Università di Roma)
- Game-theoretic approach to multi-agent systems, K.R. Apt (Università di Amsterdam)

Ricerca

Nella sua attività di ricerca, Giulio Manzonetto ha studiato principalmente i modelli denotazionali e le teorie equazionali del λ -calcolo non-tipato. I suoi risultati scientifici (ottenuti in collaborazione con Berlino,

Bucciarelli, Ehrhard, e Salibra) includono: una costruzione che permette di passare, in piena generalità, da oggetti riflessivi in categorie cartesiane chiuse (possibilmente senza abbastanza punti) a λ -modelli; Un teorema di rappresentazione di Stone per algebre combinatorie; una dimostrazione del fatto che nessun modello effettivo del λ -calcolo può avere $\lambda\beta$ o $\lambda\beta\eta$ come teoria equazionale (questo risultato può essere visto come una risposta parziale al problema aperto introdotto da Honsell e Ronchi della Rocca nel 1984). Questi risultati, ed altri, sono stati pubblicati in dodici articoli per conferenza, un articolo per workshop e tre articoli per rivista; tre ulteriori articoli per rivista sono attualmente sottomessi.

Partecipazione a Progetti di Ricerca

2010 – presente	Calmoc (“Categorical and ALgebraic MOdels of Computation”) Progetto di Ricerca NWO.
2009 – 2010	Collodi (“Complexity and concurrency through ludics and differential linear logic”) Progetto di Ricerca finanziato da Île de France/Digiteo.
2009	ParSec (“Parallelism and Security”) Progetto di Ricerca ANR-06-SETI-010-02.
2008 – 2010	CONCERTO (“CONtrollo e CERTificazione dell’uso delle risOrse”) Progetto di Ricerca MIUR (Ministero dell’Istruzione, Università e Ricerca).
2005 – 2006	FOLLIA (“FONDazioni Logiche di LInguaggi Astratti di programmazione”) Progetto di Ricerca MIUR (Ministero dell’Istruzione, Università e Ricerca).

Premi di Ricerca

- La tesi di dottorato di Manzonetto ha vinto il premio “**Prix EADS de la Meilleure Thèse 2008**” (Premio della miglior tesi 2008) nella categoria “Scienze e tecnologie dell’informazione e della comunicazione” della Fondazione EADS (www.fondation.eads.net/default.asp?contentID=580). Motivazione: “Il lavoro di Giulio Manzonetto porta un nuovo punto di vista sui modelli del λ -calcolo dimostrando, in particolare, che è possibile applicare loro nozioni standard di algebra universale”.

Borse di studio

- Borsa di dottorato dell’*Università Ca’Foscari di Venezia, Italia*. Durata: 3 anni.
- Borsa “Erasmus” dell’*Università Ca’Foscari di Venezia, Italia*. Durata: 5 mesi passati presso l’Università *Vrije*, di Amsterdam, Olanda.

Attività di revisore per Riviste, Conferenze e Workshop

JFP	Journal of Functional Programming, Cambridge University Press.
TCS	Theoretical Computer Science, Elsevier.
PPDP2006	8 th ACM-SIGPLAN International Symposium on Principles and Practice of Declarative Programming,
CSL2006	15 th EACSL Annual Conference on Computer Science Logic,
ICTCS2007	Tenth Italian Conference on Theoretical Computer Science,
CSL2008	17 th EACSL Annual Conference on Computer Science Logic,
LSFA2008	3 rd Workshop on Logical and Semantic Frameworks, with Applications,
FOSSACS2009	12 th International Conference on Foundations Of Software Science And Computation Structures.
ESOP2010	19 th European Symposium On Programming.
ICALP2010	37 th International Colloquium on Automata, Languages and Programming.
PPDP2010	12 th International ACM SIGPLAN Symposium on Principles and Practice of Declarative Programming.
HOR2010	5 th International Workshop on Higher-Order Rewriting.
FOSSACS2011	14 th International Conference on Foundations Of Software Science And Computation Structures.
RTA2011	22 nd Rewriting Techniques and Applications.

WoLLIC2011 18th Workshop on Logic, Language, Information and Computation.
 ICALP2011 38th International Colloquium on Automata, Languages and Programming.

Organizzazione di Conferenze

ICALP2006 Durante il suo dottorato, Manzonetto ha partecipato all'organizzazione della 33esima conferenza "International Colloquium on Automata, Languages and Programming", San Servolo, Venezia.

Seminari in Conferenze Internazionali

- Harnessing ML^F with the power of System F. MFCS 2011, Brno, Repubblica Ceca.
- A general class of models of \mathcal{H}^* . MFCS 2009, Novy Smokovec, Slovacchia.
- A relational model of a parallel and non-deterministic lambda calculus. LFCS 2009, Boca Raton, Florida.
- From lambda calculus to universal algebra, and back. MFCS 2008, Torun, Polonia.
- Lambda theories of effective lambda models. CSL 2007, Lausanne, Svizzera.
- Not enough points is enough. CSL 2007, Lausanne, Svizzera.

Inviti come conferenziere

- A differential model theory for resource lambda-calculi. Foundational Methods in Computer Science 2011. *University of Calgary*, Canada, 11 Giugno 2011.
- A resource conscious Böhm's Theorem. Workshop Curry-Howard pour la concurrence. *ENS-Lyon, France*. 5 Aprile 2011.

Seminari Recenti

- The resource lambda calculus. *Vrije University, Amsterdam, The Netherlands*. Invitato da Jan Willem Klop. 11 Marzo 2011.
- The Relational Model is Fully Abstract for the Resource Calculus with Tests. *University of Bath, UK*. Invitato da Guy McCusker. 9 Febbraio 2011.
- Harnessing ML^F with the power of System F. *Vrije Universiteit, Amsterdam, Holland*. Invitato da Femke van Raamdonk. 10 Dicembre 2010.
- A fully abstract model of resource calculus with convergence tests. *LIPN, France*. Invitato da Michele Pagani. 22 Novembre 2010.
- Full Abstraction for Resource Calculus in Tests. *École Normale Supérieure, Lione, Francia*. Invitato da Colin Riba. 21 Ottobre 2010.
- A relational model of a parallel and non-deterministic calculus. *Università di Parigi 12, Francia*. Invitato da Frédéric Gava. 15 Marzo 2010.
- Resource calculi: some syntax, some semantics. *Università di Bath, Inghilterra*. Invitato da Guy McCusker. 18 Febbraio 2010.
- A relational model of λ -calculus, and beyond (recent developments). *Università di Torino, Italia*. Invitato da Simona Ronchi Della Rocca. 2 Novembre 2009.
- A relational model of λ -calculus, and beyond. *University of Edinburgh, Inghilterra*. Invitato da John Longley. 3 Settembre 2009.
- From λ -calculus to universal algebra and applications. *University of Leicester, Inghilterra*. Invitato da Alexander Kurz. 14 Agosto 2009.
- Models and theories of λ -calculus. *Vrije Universiteit of Amsterdam, Olanda*. Invitato da Jan Willem Klop. 8 Maggio 2009.
- Applying Universal Algebra to λ -calculus. *Radboud Universiteit of Nijmegen, Olanda*. Invitato da Henk P. Barendregt. 8 Maggio 2009.
- Models and theories of λ -calculus. *Microsoft-INRIA Joint Center, Francia*. Invitato da Jean-Jacques Lévy. 22 Aprile 2009.

- Effective models of λ -calculus. *Laboratoire de MATHématiques de l'université de Savoie (LAMA), Francia*. Invitato da René David. 14 Febbraio 2008.
- Non concrete models of λ -calculus. *Institut de Mathématiques de Luminy (IML)*. Invitato da Laurent Regnier. 7 Febbraio 2008.
- Recursively enumerable λ -theories versus effective models. *Ecole polytechnique (LIX), Paris*. Invitato da Catuscia Palamidessi. 21 Novembre 2006.

Publicazioni

Riviste Internazionali

- [1] C. Berline, G. Manzonetto, and A. Salibra. Effective lambda models versus recursively enumerable lambda theories. *Mathematical Structures in Computer Science*, 19(5):897–942, October 2009.
- [2] G. Manzonetto and A. Salibra. Applying universal algebra to lambda calculus. *Journal of Logic and Computation*, 20(4):877–915, 2010.
- [3] G. Manzonetto and P. Tranquilli. Strong normalization of ML^F via a calculus of coercions, 201X. To appear in *Theoretical Computer Science*.

Atti di Conferenze Internazionali con Comitato di Lettura

- [4] C. Berline, G. Manzonetto, and A. Salibra. Lambda theories of effective lambda models. In J. Duparc and T. A. Henzinger, editors, *CSL'07: Proceedings of 16th Computer Science Logic*, volume 4646 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 298–312. Springer, 2007.
- [5] A. Bucciarelli, A. Carraro, T. Ehrhard, and G. Manzonetto. Full abstraction for resource calculus with tests. To appear in *Proc. of Computer Science Logic (CSL'11)*.
- [6] A. Bucciarelli, T. Ehrhard, and G. Manzonetto. Not enough points is enough. In J. Duparc and T. A. Henzinger, editors, *CSL'07: Proceedings of 16th Computer Science Logic*, volume 4646 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 268–282. Springer, 2007.
- [7] A. Bucciarelli, T. Ehrhard, and G. Manzonetto. A relational model of a parallel and non-deterministic lambda-calculus. volume 5407 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 107–121, 2009.
- [8] A. Bucciarelli, T. Ehrhard, and G. Manzonetto. Categorical models for simply typed resource calculi. volume 265 of *Electronic Notes in Theoretical Computer Science*, pages 213–230, 2010. MFPS'10: 26th Conference on the Mathematical Foundations of Programming Semantics.
- [9] J. Laird, G. Manzonetto, and G. McCusker. Constructing differential categories and deconstructing categories of games. In L. Aceto, M. Henzinger, and J. Sgall, editors, *Automata, Languages and Programming - 38th International Colloquium, ICALP 2011, Zurich, Switzerland, July 4-8, 2011, Proceedings, Part II*, volume 6756 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 186–197. Springer, 2011.
- [10] G. Manzonetto. A general class of models of \mathcal{H}^* . In *Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS'09)*, volume 5734 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 574–586. Springer, 2009.
- [11] G. Manzonetto and M. Pagani. Böhm theorem for resource lambda calculus through taylor expansion. volume 6690 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 153–168, 2011. To appear in *Typed Lambda Calculi and Applications (TLCA'11)*.
- [12] G. Manzonetto and A. Salibra. Boolean algebras for lambda calculus. In *LICS'06: Proceedings of the 21st Annual IEEE Symposium on Logic in Computer Science*, pages 317–326, 2006.
- [13] G. Manzonetto and A. Salibra. From lambda calculus to universal algebra and back. In *Mathematical Foundations of Computer Science 2008 (MFCS'08)*, volume 5162 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 479–490. Springer, 2008.
- [14] G. Manzonetto and A. Salibra. Lattices of equational theories as Church algebras. In C. Drossos, P. Peppas, and C. Tsinakis, editors, *Proc. 7th Panhellenic Logic Symposium*, pages 117–121. Patras University Press, 2009.
- [15] G. Manzonetto and P. Tranquilli. Harnessing ML^F with the power of System F. In *Mathematical Foundations of Computer Science 2010*, volume 6281 of *Lecture Notes in Computer Science*, pages 525–536. Springer, 2010.

Workshops Internazionali con Comitato di Lettura

- [16] G. Manzonetto and P. Tranquilli. A calculus of coercions proving the strong normalization of ML^F . In *Proc. of 5th International Workshop on Higher-Order Rewriting*, pages 17–21, 2010.

Articoli Invitati

- [17] H. P. Barendregt and G. Manzonetto. Turing’s contributions to lambda calculus. In B. Cooper and J. van Leeuwen, editors, *Alan Turing - His Work and Impact*. Elsevier, 2012. To appear.
- [18] H. P. Barendregt, G. Manzonetto, and M. J. Plasmeijer. The imperative and functional programming paradigm. In B. Cooper and J. van Leeuwen, editors, *Alan Turing - His Work and Impact*. Elsevier, 2012. To appear.

Tesi di Dottorato

- [19] G. Manzonetto. *Models and theories of lambda calculus*. PhD thesis, Univ. Ca’Foscari (Venice) and Univ. Paris Diderot (Paris 7), 2008.

Articoli Sottomessi

- [20] A. Bucciarelli, T. Ehrhard, and G. Manzonetto. A relational semantics for parallelism and non-determinism in a functional setting. *Annals of Pure and Applied Logic*.
- [21] J. Laird, G. Manzonetto, and G. McCusker. Constructing differential categories and deconstructing categories of games. *Information and Computation*.
- [22] G. Manzonetto. What is a categorical model of the differential and the resource λ -calculus? *Mathematical Structures in Computer Science*.

Risultati Principali

- **Algebre di Bool per il λ -calcolo [12, 2]:** I modelli del λ -calcolo (che sono particolari “algebre combinatorie” chiamate *λ -modelli*) sono *a priori* delle strutture algebriche poco canoniche; si è quindi diffusa una credenza comune che dice che il λ -calcolo è ‘patologico’ dal punto di vista algebrico. In collaborazione con Salibra, Manzonetto ha mostrato in [12, 2] che questa credenza è falsa: il teorema di rappresentazione di Stone per algebre di Bool, che è una pietra miliare dell’algebra moderna, può essere infatti generalizzato alle algebre combinatorie. In ogni algebra combinatoria c’è un’algebra di Bool composta dai suoi *elementi centrali* (che giocano il ruolo degli elementi idempotenti negli anelli), che può essere utilizzata per rappresentare ogni algebra combinatoria come un prodotto Booleano debole di algebre combinatorie indecomponibili. In [12, 2] Manzonetto e Salibra hanno applicato questo teorema di rappresentazione di Stone al λ -calcolo, mostrando che tecniche di algebra universale possono essere quindi utilizzate per studiare la semantica del λ -calcolo.
- **Dal λ -calcolo all’algebra universale, e vice versa [13, 14]:** In [13] Manzonetto e Salibra hanno validato lo slogan inverso: il λ -calcolo può essere utilizzato come fonte d’ispirazione per trovare risultati di algebra universale. Infatti, gli autori hanno dimostrato che tutte le proprietà algebriche dimostrate in [12, 2] per le algebre combinatorie sono in realtà valide per una più vasta classe di algebre, chiamate *algebre di Church*. Intuitivamente, le algebre di Church sono algebre che in cui è possibile rappresentare l’istruzione “if-then-else” dei linguaggi di programmazione. Questa classe include, oltre alle algebre combinatorie, tutte le algebre di λ -astrazione, tutte le algebre di Bool, e tutti gli anelli con unità. Generalizzando all’algebra universale la nozione di *termine facile* che ha origine nel λ -calcolo, gli autori hanno dimostrato un nuovo risultato sul reticolo $\lambda\mathcal{T}$ delle λ -teorie (le teorie equazionali del λ -calcolo): per ogni numero naturale n , $\lambda\mathcal{T}$ ammette (alla sommità) un intervallo reticolare che è isomorfo all’algebra Booleana libera con n generatori. Infine, hanno dimostrato un teorema generale di algebra universale *pura* che può essere visto come una sorta di *meta-teorema* di rappresentazione di Stone poiché può essere applicato a tutte le varietà di algebre e in [14] è stato applicato per studiare i reticoli delle teorie equazionali.

- **Dalla semantica categoriale alla semantica algebrica e ritorno [6, 10]:** In questo processo di “algebrizzazione” della semantica del λ -calcolo, Manzonetto, assieme a Bucciarelli e Ehrhard, ha mostrato che *ogni* oggetto riflessivo in una categoria cartesiana chiusa (questa è la definizione categorica classica di modello del λ -calcolo) può essere vista come un algebra combinatoria che soddisfa gli assiomi dei λ -modelli. Utilizzando questo risultato gli autori sono riusciti a costruire un nuovo modello del λ -calcolo, che vive in una semantica relazionale, e a studiare le sue proprietà algeriche che lo rendono adatto a modellare anche un λ -calcolo esteso con un operatore di scelta non-deterministica e un operatore di composizione parallela. In [10], Manzonetto ha anche fornito delle condizioni sufficienti per modelli categorici che vivono in categorie cartesiane chiuse e “cpo-enriched” per avere \mathcal{H}^* (la λ -teoria massimale consistente e sensibile) come teoria equazionale; inoltre, ha dimostrato che il modello relazionale precedentemente menzionato, soddisfa queste condizioni.
- **Un modello relazionale del λ -calcolo parallelo e non-deterministico [7, 20]:** Il modello relazionale \mathcal{D} introdotto in [6] soddisfa delle buone proprietà algebriche che lo rendono adatto per modellare un’estensione parallela e non-deterministica del λ -calcolo, chiamata “ $\lambda_{+||}$ -calcolo”. Al contrario degli approcci tradizionali, che utilizzano una costruzione di Plotkin chiamata ‘powerdomain’, questo modo di interpretare il non-determinismo non richiede alcuna costruzione supplementare. Infatti il modello \mathcal{D} permette di interpretare in modo diretto il *non-determinismo* tramite l’unione delle interpretazioni dei termini, e anche il *parallelismo* utilizzando un’operazione binaria, non idempotente che è disponibile sul modello, ed è collegata alla regola *mix* della Logica Lineare. Infine, gli autori hanno dimostrato che l’interpretazione del $\lambda_{+||}$ -calcolo in \mathcal{D} è “adeguata” rispetto alla semantica operativa: un termine converge se e solo se la sua interpretazione nel modello non è vuota.
- **Modelli effettivi del λ -calcolo [4, 1]:** Le semantiche del λ -calcolo che sono state principalmente studiate in letteratura, ovvero la semantica continua, la semantica stabile e la semantica fortemente stabile, sono tutte (largamente) *incomplete*: esiste un continuum di λ -teorie T tali che per nessun modello \mathcal{M} continuo, stabile o fortemente stabile si ha che la teoria equazionale di \mathcal{M} è uguale a T . In realtà non si sa nemmeno se esiste un modello (non-sintattico) in una di queste semantiche che abbia come teoria equazionale esattamente $\lambda\beta$ o $\lambda\beta\eta$. Questo problema è stato proposto da Honsell e Ronchi della Rocca nel 1984, ed è a tutt’oggi aperto. In collaborazione con Berline e Salibra, Manzonetto ha introdotto in [4] una nozione di *modello effettivo* del λ -calcolo e si è chiesto se la teoria equazionale o disequazionale di un modello effettivo del λ -calcolo possa essere ricorsivamente enumerabile. Questo problema è infatti una generalizzazione del problema originale di Honsell e Ronchi della Rocca visto che $\lambda\beta$ e $\lambda\beta\eta$ sono teorie ricorsivamente enumerabili. Gli autori hanno dimostrato che nessuna teoria disequazionale di un modello effettivo può essere ricorsivamente enumerabile; da questo segue che la sua teoria equazionale non può essere $\lambda\beta$ o $\lambda\beta\eta$. In seguito, gli autori hanno mostrato che nessun modello effettivo appartenente alla semantica stabile o fortemente stabile può avere una teoria equazionale ricorsivamente enumerabile. In particolare, questi risultati coprono tutti i modelli che sono stati introdotti individualmente in letteratura.
- **Modelli categorici per calcoli con risorse [8, 22]:** Nel 2003, Ehrhard e Regnier hanno definito il *λ -calcolo differenziale*, un linguaggio di programmazione paradigmatico esteso con un operatore di derivazione sintattica. Questo operatore è un eccellente candidato per aumentare il controllo sulle risorse utilizzate dai programmi durante la loro esecuzione. Partendo dal lavoro di Blute *et Al.* sulle categorie cartesiane differenziali, Manzonetto ha introdotto la nozione di *λ -categoria differenziale*. Ha quindi dimostrato, in collaborazione con Bucciarelli e Ehrhard, che queste categorie costituiscono un modello del λ -calcolo differenziale semplicemente tipato (fornendo dunque una prima definizione astratta di modello di questo calcolo). In seguito, ha mostrato che queste categorie possono essere utilizzate per modellare anche il *λ -calcolo con risorse*, una versione non lazy del λ -calcolo con molteplicità di Boudol. Infine, gli autori hanno dato due esempi concreti di λ -categorie differenziali, ovvero la categoria degli insiemi e delle (multi-)relazioni, e la categoria degli spazi di finitezza e (multi-)relazioni finitarie.
- **Full abstraction per calcoli con risorse esteso con test [5]:** In questo lavoro Manzonetto, assieme a Bucciarelli, Carraro ed Ehrhard, ha studiato la semantica del calcolo con risorse esteso con

dei nuovi costrutti, che implementano un sistema di eccezioni molto semplice, e con un operatore di composizione parallela “must”. Questi costrutti sono già apparsi nel contesto della logica lineare differenziale: corrispondono al tensore 0-ario e alle porte “par”. Per implementare l’estensione corrispondente del calcolo, essi introducono due tipi di espressioni: *termini* (che ora possono anche “sollevare” un test) e *test* (il test vuoto, la composizione parallela di test e un’operazione per “catturare” le eccezioni sollevate). Il *calcolo con risorse esteso coi test*, può essere interpretato nel nostro modello relazionale \mathcal{D} , la cui struttura logica permette di associare ad ogni elemento α di \mathcal{D} , un test $\alpha^+(\cdot)$ con un buco (\cdot) per un termine. Gli autori hanno quindi dimostrato che α appartiene all’interpretazione di un termine (chiuso) M se e solo se un test $\alpha^+(M)$ converge. Da questo fatto, ne deriva facilmente un risultato di full abstraction per il frammento del calcolo con risorse esteso coi test nel quale tutte le applicazioni ordinarie sono banali. Per estendere questo risultato all’intero calcolo con risorse esteso coi test, gli autori usano l’espansione di Taylor, che permette di trasformare ogni applicazione ordinaria in una somma infinita di applicazioni lineari di ogni possibile arietà. Gli autori sfruttano il fatto (dimostrato in [22]) che la formula di Taylor vale nel modello, e anche un lemma di simulazione che collega la riduzione di testa di un termine con la riduzione di testa della sua espansione di Taylor.

- **Costruzione di semantiche a giochi differenziali [9, 21]:** Come dimostrato in [7, 22] il λ -calcolo differenziale e il calcolo con risorse sono strettamente legati a livello semantico: entrambi possono essere interpretati nelle λ -categorie differenziali. In [9, 21] Manzonetto, in collaborazione con Laird e McCusker, presenta una costruzione astratta che trasforma una categoria monoidale simmetrica in una λ -categoria differenziale, e mostra come questa costruzione possa essere applicata a categorie di giochi. Come prima istanza, gli autori ritrovano una categoria precedentemente usata per dare un modello fully abstract di un linguaggio imperativo non-deterministico. La costruzione espone la struttura differenziale già presente nel modello, e mostra come il combinatore differenziale possa essere programmato nel linguaggio imperativo. Una seconda istanza corrisponde ad una nuova λ -categoria differenziale di giochi. Gli autori forniscono un modello di un calcolo con risorse semplicemente tipato, Resource PCF, in questa categoria e dimostrano che tutti gli elementi del modello sono definibili. Una comparazione con la semantica relazionale mostra come questa possieda anch’essa questa proprietà e sia inoltre un modello fully abstract di Resource PCF.
- **Un teorema di Böhm sensibile alle risorse [11]:** Il teorema di Böhm è un risultato fondamentale nel λ -calcolo. Da un punto di vista informatico, questo risultato dice che due programmi del λ -calcolo sono equivalenti quando si comportano allo stesso modo su tutti i possibili input; come conseguenza del teorema di Böhm, due termini in forma “ $\beta\eta$ -normale” sono equivalenti se sono scritti nello stesso modo, altrimenti possono essere separati. Nel calcolo con risorse la situazione è molto più complessa: ci sono programmi $\beta\eta$ -diversi che sono equivalenti perché hanno la stessa espansione di Taylor, ma anche programmi $\beta\eta$ -diversi con espansione di Taylor diversa che non possano essere separati. Il problema di trovare la formulazione corretta del teorema di Böhm per il calcolo con risorse e dimostrarlo è stato affrontato in [11] da Manzonetto e Pagani. Innanzitutto gli autori definiscono sintatticamente una relazione di equivalenza \equiv_τ che cattura l’eguaglianza di programmi aventi la stessa espansione di Taylor. In seguito essi dimostrano che due programmi P_1, P_2 in forma β -normale tale che $P_1 \not\equiv_\tau P_2$ (dove \equiv_τ è l’equivalenza generata dalla τ -riduzione modulo \equiv_τ) possono essere separati. Questo risultato può essere visto come un teorema di Böhm per il calcolo con risorse. Infine gli autori dimostrano che \equiv_τ è la più grande relazione di equivalenza non-banale sulle forme β -normali.
- **Normalizzazione forte di ML^F e delle sue varianti [15, 16, 3].** ML^F è un linguaggio ottenuto arricchendo ML con il polimorfismo di system F. Lo scopo è di rendere l’inferenza di tipi decidibile fornendo un meccanismo di annotazione parziale di tipi e un ricostruttore di tipi automatico. È ben noto che system F è contenuto in ML^F e questa inclusione sembra essere stretta: questo rende non banale il problema di determinare se ML^F è fortemente normalizzante. In collaborazione con Tranquilli, Manzonetto ha dimostrato in [16, 15, 3] che sia ML^F che le sue varianti introdotte in letteratura sono fortemente normalizzanti. Il punto di partenza in questi lavori è xML^F , la versione *à la Church* di ML^F : gli autori hanno prima dimostrato che xML^F può essere tradotto in un *calcolo con*

coerzioni (inviando le istanziazioni di tipo di λML^F nelle coerzioni), e in seguito hanno dimostrato che il calcolo con coerzioni può essere visto come una versione decorata di system F, ed è quindi fortemente normalizzante. Il calcolo con coerzioni è abbastanza generale da permettere di trasferire questo risultato a tutte le versioni di ML^F tramite appropriati risultati di bisimulazione. Si noti che, mentre la normalizzazione forte delle β -riduzioni è un risultato di interesse piuttosto teorico, quella delle riduzioni di tipo è necessaria per implementare correttamente interpreti e compilatori del linguaggio.