

## CURRICULUM VITAE, ACTIVITES ET PUBLICATIONS

September 6, 2010

### Giuseppe Longo

Directeur de Recherches (1ère cl. depuis 1994, HEC3),

<http://www.di.ens.fr/users/longo>

Laboratoire d'Informatique, **CNRS - Ecole Normale Supérieure**, Paris

et CREA Ecole Polytechnique, Paris

Ancien "Professore Ordinario di Informatica", Università di Pisa

ETUDES: "Laurea" (cum laude) en Mathématique, Université de Pisa, Février 1971. *Thèse: Complessita' di calcolo delle funzioni ricorsive.*

#### SECTEURS PRINCIPAUX D'INTERET:

Logique Mathématique et ses applications à l'Informatique : théorie de la récursivité ; sémantique dénotationnelle et  $\lambda$ -calcul ; théorie des types ; théorie des catégories et leurs applications aux langages fonctionnels.

Nouveaux thèmes : nouvelles interfaces entre mathématiques, informatique et sciences de la nature. Sciences Cognitives et épistémologie des mathématiques : les fondements cognitifs des mathématiques. Les dynamiques et l'aléatoire computationnels et physiques ; information et aléatoire en biologie. Le problème mathématique de l'espace et du temps dans les phénomènes du vivant ; criticité étendue et entropie en biologie des systèmes ; la notion d'anti-entropie.

#### EXPÉRIENCE EN FRANCE

- **École Normale Supérieure**, Paris (Dépt. de Mathématiques et Informatique): Professeur Invité (enseignement: *I sem.*: Langages Fonctionnels ; *II sem.*: cours de D.E.A.), Octobre 1989 - Mai 1990.
- **École Normale Supérieure**, Paris (Laboratoire d'Informatique): Directeur de Recherches Associé **CNRS**, Juin - Août 1990.
- **École Normale Supérieure**, Paris (Laboratoire d'Informatique): Directeur de Recherches **CNRS**, 2ème cl. à partir de Nov. 1990; 1ère cl. à partir de Nov. 1994.
- **Dec-Prl** (Digital, Paris Research Laboratory): Consultant, de 1991 à 1993.

#### POSTES OCCUPES AUPRES DE LA FACULTÉ DES SCIENCES, UNIVERSITE DE PISE:

- Assistant (~ Maître de Conf.) de Mathématique Appliquée, Nov. 1971 - Mars 1973
- Assistant (même sujet, titulaire), Mars 1973 - Août 1980
- Professeur "Incaricato" (~ chargé de cours) de Methodes Mathématiques en Informatique, Novembre 1976 - Août 1980
- Professeur "Associato" (titulaire) de Logique Mathématique, Août 1980 - Octobre 1987  
(en congé de Janvier 1980 à Octobre 1981: Oxford, Berkeley et M.I.T., voir ci-dessous)

- Professeur “Ordinario” (~ 1ère classe) d’Informatique, Nov. 1987 - Oct. 1990 (en congé en 1987/88 (Carnegie Mellon Univ.) et 1989/90 (E.N.S.), voir plus bas)

#### AUTRES EXPERIENCES DE RECHERCHE ET ENSEIGNEMENT:

##### 1. A L’ETRANGER (trois ans et quatre mois au total):

- **Utrecht University** (Math. Dept.): Visiting Scientist, Nederlandse Z.W.O. grant, Decembre 1978; Visiting Professor, guest of the dept., Septembre et Octobre 1979.
- **Oxford University** (Math. Inst.): Visiting Scholar, British Council grant, Janvier et Février 1980.
- **U.C.Berkeley** (Math. Dept.): Research Associate, bourse du Conseil National des Recherches italien (CNR), de Mars à Decembre 1980.
- **M.I.T.** (Lab. for Computer Science (LCS)): Research Associate, bourse du CNR et financement du LCS-M.I.T., de Janvier à Octobre 1981.
- **E.T.H.** Zurich (Math. Forshunginst.): Visiting Scientist, hôte du Forshunginst., Octobre 1982.
- **Carnegie Mellon Univ** (Computer Science): Invited Professor (enseignement: *I sem.*: Formal Lang. and Comp.; *II sem.*: graduate course on Recursion, Categories and Polymorphism), année academique 1987/88. Plus, Juin et Août 1988, “research summer salary”.
- **Dec-Src** (Digital, System Research Center, Palo Alto, California): Juillet 1988, consultant.

##### 2. EN ITALIE:

- **Université de Pise et CNR** (Dept. Math.et Ist.Elaborazione dell’Informazione, Pisa ): boursier du C.N.R., 1970/71.
- **C.N.R.** (Ist. Applicazioni del Calcolo, Roma): collabor. de recherche, 1971-1975 (MdC á Pise).
- **Université de Genova** (Dept. Math.): “Prof. Incaricato” de Logique Mathématique, 1975/76 (MdC á Pise).

#### PRIX:

- Unione Matematica Italiana, Prix National pour jeunes Mathématiciens, 1974.
- Membre de l’**Academia Europaea**, depuis 1992.

**ACTIVITES DE REDACTION DE REVUES SCIENTIFIQUES:**

- Editor - in - chief, **Mathematical Structures in Computer Science**, Cambridge University Press, à partir de 1990. (*Activité éditoriale de loin la plus importante*).
- Editor, **Information and Computation**, à partir de 1982.
- Editor, **Informatique Theoretique et Applications** (auparavant: **R.A.I.R.O.**), à partir de 1985.
- Editor, **La Nuova Critica**: rivista di Filosofia della Scienza, à partir de 1993.
- Editor, **The Journal of Universal Computer Science**, a Springer electronically available journal, à partir de 1994.
- Editor, **The European Journal**, the interdisciplinary journal of the Academia Europaea, à partir de 2010.

**EDITION DE COLLECTION:**

- Co-direction de la collection, **Vision des Sciences**, Hermann, Paris, à partir de 2006.

**AUTRES ACTIVITES EDITORIALES:**

- **Logic Colloquium 82**. G. Lolli, G. Longo, and A. Marcja (Editors), Studies in Logic and the Foundations of Mathematics n. 112 (pp. 1 - 358), North-Holland, 1984.
- **Selected papers of the 5th biennial meeting on Category Theory and Computer Science 93**. G. Longo and A. Pitts (Editors), MSCS 5 (4), Cambridge University Press, 1995.
- **Lambda-calculus and Logic**. M. Dezani, G. Longo, and J. Seldin (Editors), Volume in honour of Roger Hindley, MSCS 9 (4), Cambridge University Press, 1999.
- **On Computer Science**. G. Longo (editor), Special issue of the Monist, Journal in Philosophy of Science, vol. 82, n. 1, 1999.
- **The Difference between Concurrent and Sequential Computations**, Special issue of Mathematical Structures in Computer Science, L. Aceto, G. Longo, B. Victor (Editors), MSCS 13, n.4 and 5, Cambridge University Press, 2003.
- **New Programs and open problems in the Foundations of Mathematics**, Special issue of The Bulletin of Symbolic Logic, G. Longo and P. Scott (Editors), ASL, vol. 9, n. 2, June 2003.
- **Géométrie et Cognition**, G. Longo (Editeur), numéro spécial de la Revue de Synthèse, Editions de la rue d'Ulm, tome 124, 2004.
- **Images and Reasoning**, P. Grialou, G. Longo, M. Okada (Eds), Keio University Press, Tokio, 2005 .

## EVALUATION DE LA RECHERCHE

- Membre du Comité Scientifique du Centre Applications et Mathématiques Sociales (CAMS) de l'EHESS, 1997.
- Membre du conseil de coordination régional des activités en Cogniscience (CogniSeine, présidé par A. Berthoz du Collège de France), 1997 et 1998.
- Member, International Panel for the evaluation of Research in Mathematics and Computer Science in Portugal, Ministry of Science and Technology (réunions: Février 1998 et Janvier 1999, Lisboa.)
- Membre du Comité de Coordination de Jumelage, CNRS - Académie des Sciences de Russie.
- ACI Nouvelles Interfaces des Mathématiques, CNRS, 2003 et 2004.
- Advisory Committee, Center for Logic and Computation, Lisbon, Portugal, depuis 2004.

Auteur de recensions pour les Math. Reviews, pour le Journal of Symbolic Logic. Philosophy of Science; "Referee" et "reviewer" pour les Projets ESPRIT CEE, le U.S. NSF et le NSERC du Canada (Computer Science Grant Selection Committee), pour le Ministre de l'Université italien.

## COMITES DE PROGRAMME DE CONGRES:

1. Membre, Program Committee, **Lambda Calculus Conference**, Swansea (G.B.) 1979.
2. Membre, Program Committee, **Logic Colloquium 82**, Florence 1982 et Editor, **Proceedings**, North Holland (Studies in Logic, vol. 112), 1984.
3. Membre, Program Committee, **Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science (STACS 86)**, Paris 1986.
4. Membre, Program Committee, **2<sup>nd</sup> IEEE Conference on Logic in Computer Science (LICS 87)**, Cornell (Ithaca, N.Y.), Juin 1987.
5. Membre, Program Committee, **CAAP '90**, Copenhagen, Mars 1990.
6. Membre, Program Committee, **Category Theory and Computer Science (CT&CS 91)**, Paris, Septembre 1991.
7. Membre, Program Committee, **6<sup>th</sup> IEEE Conference on Logic in Computer Science (LICS 91)**, Amsterdam, Juin 1991.
8. Co-organisateur, **La nouvelle vie de la Logique Mathématique** (Logique entre fondement et Informatique), Paris, Avril 1992.
9. Membre, Program Committee, **Category Theory and Computer Science (CT&CS 93)**, Amsterdam, Septembre 1993.
10. Membre, Comittée du Programme, **Rationalité Logique et Intuition Géométrique**, Paris, Juin 1994.
11. Organisateur, **Constructivité, en Mathématiques et en Vision**, ENS, Paris, Mars 1995.

12. Membre, Program Committee, **Typed Lambda Calculus and Applications**, Edinburgh, Avril, 1995.
13. Membre, Program Committee, **World Conference on Fundamentals of A. I.**, Paris, Juillet, 1995.
14. Membre, Program Committee, **Category Theory and Computer Science (CT&CS 95)**, Cambridge, Août, 1995.
15. Membre, Program Committee, **Logic Methodology and Philosophy of Science**, Florence, Août, 1995.
16. Organisateur, **Mathématiques, Machines et Cerveau**, ENS, Paris, Mai 1996.
17. Membre, Program Committee, **Functional and Object-Oriented Programming Languages**, Rutgers University, N.Y., USA, Juillet 1996.
18. Membre, Steering Committee, **Functional and Object-Oriented Programming Languages**, Paris, Janvier 1997.
19. Co-organisateur, **Construction d'objectivité : entre intuition et raisonnement**, ENS, Paris, Janvier 1997.
20. Membre, Organizing Committee, **HCM meeting on Denotational Semantics**, Siena, Mars, 1997.
21. Membre, Program Committee, **Logical Foundations of Computer Science (LFCS97)**, Yaroslavl, Russie, Juillet 1997.
22. Membre, Program Committee, **Category Theory and Computer Science (CT&CS 97)**, S. Margherita Ligure, Septembre 1997.
23. Co-organisateur, **Wittgenstein et les fondements des Mathématiques**, ENS, Paris, Avril 1998.
24. Membre, Program Committee, **13<sup>th</sup> IEEE conference on Logic in Computer Science**, Indianapolis (In., USA), Juin 1998.
25. Membre, Program Committee, **Computer Science Logic**, Brno, Czech Republic, Septembre 1998.
26. Membre, Comité du Programme, **Journées Francophones des Langages Applicatifs, JFLA'98**, Octobre 1998.
27. Membre, Organizing Committee, **Workshop on Realizability Semantics**, Trento, Italie, June 1999.
28. Chairman of the Program Committee, **15<sup>th</sup> IEEE Conference on Logic in Computer Science, LICS'99**, Trento, Italie, Juillet 1999.
29. Membre, Comité du Programme, **Foundations of Software Science and Computation Structures, FOSSACS'00**, Berlin, D., Mars 2000.
30. Organisateur du Programme, **New programs and open problems in the foundation of mathematics and of its applications**, Paris, November 13-14, 2000.
31. Co-organisateur local, **Genesis of perception and the notion of space in machines and humans**, Paris, ENS, Octobre 18-19, 2001.

32. Co-organisateur local, **Is the dynamics of forms at the core of cognition?**, Paris, 5 - 6 Avril, 2002.
33. Membre, comm. du programme, **Forme et objet du logique**, Rome, 2 - 4 mai, 2002.
34. Membre, Organizing Committee of the **IEEE Conference on Logic in Computer Science, LICS**, from 1997 till 2001 (2000 : Santa Barbara, Ca.; 2001 : Boston, Mass.; 2002 : Copenhagen (DK)).
35. Membre, comm. du programme, **Isomorphisms of Types**, International workshop at IRIT, Toulouse (Fr.), 8-9 November, 2002.
36. Organisateur, Colloque: **Géométrie, continu et théorie de la connaissance / Workshop on Geometry, continuum and theory of knowledge**, Ecole normale supérieure, 2 juin 2003.
37. Organisateur, Colloque: **Images, reason and reasoning / Images, raison et raisonnement**, Ecole normale supérieure, 15 mars, 2004.
38. Membre, comm. du programme, Workshop: **Logique et Interaction: vers une Géométrie de la Cognition**, Aix-en-Provence , 9 - 11 Mai, 2004.
39. Membre, comm. du programme, Colloque: **3 corps, classique-quantique et discret-continu mathématiques**, Ecole normale supérieure, Paris, 28-29 septembre, 2004.
40. Membre, comm. du programme, Colloque **Qu'est-ce qui est réel?** , Ecole normale supérieure, Paris, 27 septembre, 2005.
41. Membre, comm. du programme, Conference **The impact of categories**, Ecole normale supérieure, Paris, 10 -14 October, 2005.
42. Membre, comm. du programme, International Workshop on **Invertibility of Lambda-Terms**, Toulouse (France), October 28-29, 2005
43. Co-organisateur, **Géométrie et complexité : la logique et ses images**, Salle des Conférences au 46, Ecole normale supérieure, Paris, 18 - 19 novembre, 2005. Réunion annuelle du groupe : "Logique et Intéraction: vers une Géométrie de la Cognition".
44. Organisateur, Conference **Continuous Dynamics and Computability**, Salle Weil, 45 Rue d'Ulm, Ecole normale supérieure, Paris, May 3, 2006.
45. Membre, comm. du programme, Ecole **Constructivisme et énaction. Un nouveau paradigme pour les sciences cognitives**, Ile d'Oléron, 29 mai - 3 juin, 2006.
46. Membre, comm. du programme, Conference **Computability in Europe, CiE, 2006: New Computational Paradigms**, Swansea, GB, June 30 - July 5, 2006.
47. Co-organisateur, Colloque **Ouvrir la logique au monde**, Salle Dussane, 45 Rue d'Ulm, Ecole normale supérieure, Paris, 29 septembre, 2006.
48. Co-organisateur, **Giornate di studio, Continuo e discreto: dall'esperienza percettiva alle costruzioni di razionalità**, Villa Feltrinelli, Gargnano (It.), 5-7 Ottobre, 2006.

49. Co-organisateur, Deuxième rencontre annuelle “More Geometrico”: “**Changement d’échelle - changement de niveau**”, Paris, 2 - 4 mai, 2007.
50. Membre, comm. du programme, 4th annual Conference on **Theory and Applications of Models of Computation (TAMC07)**, Shanghai, China, May 22-25, 2007.
51. Membre, comm. du programme, Conference **Computability in Europe, CiE, 2007: Computation and Logic in the Real World**, Siena, Italy, June 18-23, 2007.
52. Membre, comm. du programme, 5th annual Conference on **Theory and Applications of Models of Computation (TAMC08)**, Shanghai, China, April, 2008.
53. Membre, comm. du programme, Workshop, **Logic, Language, Information and Computation**, Edinburgh, June 1-4, 2008.
54. Membre, comm. du programme, Giornate di studio, **Le dinamiche del vivente**, Villa Feltrinelli, Gargano (It.), 28-30 settembre, 2008.
55. Membre, comm. du programme, Colloque **Négation, Dualité, Polarité** du Groupe LIGC, Carry le Rouet (Marseille), 16-19 octobre 2008.
56. Workshop : **The physical singularity of life phenomena. Extending concepts and techniques from Physics to Life Science**, Ens, Paris, 10 avril, 2009.
57. 6th annual Conference on **Theory and Applications of Models of Computation (TAMC09)**, Changsha, China, May 26-30, 2009.
58. Colloque **Quelque part : entre biologie et philosophie**, Ens, Paris, 12 - 13 juin, 2009.
59. Workshop : **Games, Dialogue and Interaction**, University Paris VII, Paris, September 28-29, 2009.
60. Conference **Computability in Europe, CiE, 2010: Programs, Proofs, Processes**, Ponta Delgada (Acores), Portugal, June 2010.
61. Workshop, **Logic, Language, Information and Computation**, Brasilia (Br), July 6-9, 2010.

#### PRINCIPAUX FINANCEMENTS DE RECHERCHE

- Membre, CNR (It) Gruppo Nazionale Strutture Algebriche e Geometriche, 1976-90.
- NSF (USA) - CNR: financement conjoint (avec K. Bruce, Albert R. Meyer (M.I.T.)), 1982-86.
- Communauté Européenne (CE-Science): projet “Lambda-calcul” (J.Y. Girard (Paris VII, responsable européen du projet), 1988 - 91.
- BRA-Esprit project n. 3020: *Integration*, 1989 - 1990.
- CNR: Universités Italiennes/Stanford University (avec S. Feferman et J. Mitchell (Stanford)), 1989 - 92.

- Groupe De Recherche *Programmation* (GDR 690 du CNRS), 1991-1997.
- NSF (USA) - Esprit (CE): Workshop on *Functional and Object Oriented Programming Languages* (responsable USA: K. Bruce), 1993 - 96.
- CHM, CE: Responsable pour la region parisienne du Reseau Européen pour le recherche fondamentale en Informatique (EUROFOCS), avec centre principal à Edinburg (G. Plotkin), 1993 - 97.
- European community research training project: *European institute in the logical Foundations of Computer Science* (EUROFOCS), 1993-1997.
- Esprit working group 21900: *Types for Proofs and Programs* (TYPES), 1993-1998.
- Academie des Sciences Polonaise/Ambassade de France: contrat d'échange de chercheurs, 1995 - 97.
- INTAS: contrat CE/Russie, 1995 - 98.
- Capital Humain et Mobilité (CHM): responsable pour le groupe ENS-INRIA-PARIS VII du projet "TYPES" 1993 - 98 (J.Y. Girard, Marseille, responsable européen).
- Esprit Working Group 26142: *Applied Semantics* (APPSEM), 1998-2001.
- Action intégrée de coopération scientifique et technique franco-italienne, ministères des affaires étrangères et éducation nationale, 1999-2000.
- Action Cognitive du MENRST: responsable de l'atelier interdisciplinaire *Géométrie et Cognition: le problème mathématique de l'espace physique et du vivant*, 2000-02 (14 participants: chercheurs en maths., biologie, physique et philosophie).
- Programme MATH/STIC CNRS (OSV BS): Projet *Isomorphisme de types: nouveaux développements*. Responsable national : S. Soloviev (Univ. Toulouse), 2002 - 2003.
- ECOS-Sud (Cooperation avec l'Uruguay): projet *Types et programmation multi paradigmes*. Responsable, 1999 - 2004.
- Projet MyThS: *Modèles et Types pour la Sécurité dans le systèmes distribués avec mobilité*, action IST de l'Union Européenne dans le cadre du FET Global Computing. Contrat IST-2001-32617, 2002-2004. (Dotation globale 4.9MF, dont 1.5MF pour l'équipe; responsable local : G. Castagna).
- Projet *Invertibilité des termes et programmes en Théorie des Types et applications*, financement CNRS, 2004-5 (responsable: S. Soloviev).
- Projet *Neurogéométrie du cortex visuel*, financement ACINIM, 2004-7 (responsable: B. Teissier).
- Responsable du projet ANR (2006-2009) : *Singularités physiques et calculabilité effective* (Etats critiques, singularités et calcul digital : théorie et applications).
- BQR ENS, 2008.



Depuis 2004, chercheur à temps partiel (20/100) au **CREA** (Centre d'Epistémologie Appliquée), Ecole Polytechnique, Paris.

MISE EN PLACE ET RENOUVELLEMENT DU :

**CENECC**: CENTre d'Etudes des systèmes Complexes et de la Cognition, Unité inter-Départements de l'ENS, avec J.-P. Nadal (Physique), B. Victorri (Linguistique), depuis 2000.

**CIM**: Nouvelle équipe au LIENS: Complexité et information morphologiques (octobre 2002).

Animateur des séminaires de l'ENS : "Géométrie et Cognition" et "Philosophie et mathématiques". Au Crea : "Biologie théorique" (avec M. Mossio).

DATE DE NAISSANCE: 23/7/1947 (Roma, Italie).

LANGUES: Italien, français et anglais.

ANNIVERSAIRE: Paris, 28-29 June 2007: **From Type Theory to Morphologic Complexity: A Colloquium in Honor of Giuseppe Longo**  
(voir <http://www.pps.jussieu.fr/gc/other/rdp/talks.html>)

## 1 Activité scientifique

La partie la plus importante de mes activités de recherche a concerné l'étude des propriétés syntaxiques et sémantiques des langages fonctionnels "de base" (Logique Combinatoire, Lambda-calcul et leurs extensions). Toutefois, j'ai toujours intégré ces études dans une vision plus vaste des rapports entre les différentes théories mathématiques qui sont à la base de ces langages en tant qu'outils logiques et informatiques. Dans cette perspective, je me suis consacré à des travaux qui vont des théories axiomatiques de la récursivité (par exemple, les articles [62], [63]), à la récursivité dans les types supérieurs ([64], [69], [73]), jusqu'à la théorie des catégories ([1], [76], [31], [93]). Sont en dehors de ce cadre les articles [61] et [89], dans lesquels on dresse un bilan de différentes mesures de complexité de calcul, ainsi que [68], qui donne une démonstration sémantique du théorème d'indépendance de Paris-Harrington pour l'Arithmétique (sujet auquel je m'étais intéressé à Berkeley, en 1980, avant que mon expérience de recherche au M.I.T., en 1981, ne me ramène à la théorie des langages de programmation).

En bref, par mes articles, j'ai essayé d'expliquer en quoi les retombées informatiques des théories mathématiques mentionnées plus haut, proviennent en grande partie des relations entre ces différentes disciplines, en particulier à travers l'étude de la sémantique mathématique des langages de programmation. Ceci, dans le but de contribuer à la construction d'un cadre mathématique rigoureux pour la théorie des langages de programmation. Ces recherches ont donné lieu d'une part à des résultats qui relient la syntaxe à la sémantique (voir [66] et [65], sur la notion générale de modèle et la "fully-abstractness"), d'autre part à un approfondissement des propriétés structurelles des modèles (e.g. [70] et [72]). Elles ont aussi permis d'établir des liens originaux avec un domaine très riche et important de la logique qui est celui de la récursivité dans les types supérieurs, en particulier grâce aux articles [69] et [72].

Les articles [73] et [74] sont les plus représentatifs de ce dernier sujet. Ils sont fondés sur des notions présentées en [103] et donnent une caractérisation originale de la calculabilité dans les types supérieurs, qui a permis de relier les domaines de Scott à la calculabilité dans les types supérieurs de Kleene et Kreisel. Les méthodes mathématiques ainsi approfondies (récursivité dans les types supérieurs, sémantique du lambda-calcul sans types) ont fourni les outils techniques pour les travaux suivants (aussi bien les miens que ceux de mes élèves) concernant les structures catégoriques pour la sémantique de constructions très actuelles en théorie des langages fonctionnels:

- l'affectation et le contrôle des types (voir [74] et [92], qui démontrent, entre autre, la complétude de certains systèmes de typage)
- le polymorphisme (voir [1], [75], [78], [77], [95], [96]).

L'importance du polymorphisme en programmation vient de ce qu'il permet de capturer une partie de la notion de "modularité" en programmation (voir le langage ML de Edimbourg ou les applications du système  $F$  de J.Y.Girard). Dans l'étude du polymorphisme, la puissance des méthodes logiques comme celles mentionnées plus haut devient essentielle. Mes travaux dans ce domaine ont établi des liens originaux entre des notions très souvent utilisées en informatique (types comme paramètres, records, héritage etc....) et les structures mathématiques qui viennent de la récursivité généralisée, de la théorie de la démonstration et de la théorie des catégories.

Les articles [76], [31] et [93] entre autres, utilisent les outils traditionnels de la théorie des catégories, ainsi que des concepts nouveaux (espaces de morphismes partiels, objets complets...) pour l'analyse sémantique de la "complétude fonctionnelle"

des langages sans types et de la divergence. A la suite de ces recherches, j'ai senti le besoin de contribuer à une systématisation de certains des aspects de la Théorie des Catégories que j'ai trouvé intéressants pour les applications à l'informatique. Cette systématisation est la motivation du livre [1], publié par l'M.I.T. Press, qui se veut à la fois une introduction aux catégories pour les informaticiens et un outil pour les chercheurs intéressés à des domaines avancés de l'interaction catégories-théorie de la programmation. Ce livre présente par exemple :

- la notion de fermeture cartésienne dans le cadre de la sémantique dénotationnelle
- les catégories monoïdales et leurs liens avec la logique linéaire
- les catégories internes en tant qu'instrument pour la sémantique du polymorphisme.

Du côté des applications, il faut mentionner que ces études ont eu quelques influences, non seulement dans l'investigation sémantique mais aussi dans la conception de langages de programmations prototypes. Le langage Quest, par exemple, implémenté chez Digital (Dec-src, Palo Alto), est basé sur une très riche discipline de types et une très forte utilisation du polymorphisme, formalisé par des systèmes d'ordre supérieur enrichis par une notion de sous-type (essentiellement, la notion d'héritage des langages orientés objets). L'extension du noyau typé du langage, avec records et sous-types, à été inspirée par la sémantique du polymorphisme et de l'héritage en termes de "catégories internes" dans un cadre catégorique constructif (décrite en [77]). L'influence de l'année d'enseignement et de recherche à l'Université de Carnegie Mellon et la période d'activité en tant que consultant chez Digital à Palo-Alto, en 1987 et 1988, ont eu une grande importance sur mon travail successif dans le traitement fonctionnel des langages Orienté Objets.

La reprise de l'activité de consultant chez Digital à Paris (Dec-prl), de 1991 à 1993, a été l'occasion pour mieux apprécier l'importance pratique d'un aspect du polymorphisme qui n'a pas eu assez d'attention du côté théorique: le polymorphisme "ad hoc". L'étude de ce problème m'a conduit, d'un côté, à démontrer les caractéristiques de "paramétrie" des systèmes du second ordre, largement utilisé en programmation ([12], [13]), de l'autre, j'ai développé avec des élèves ou anciens élèves une extension des systèmes fonctionnels classiques qui les enrichit par des formes uniformes et mathématiquement cohérentes de polymorphisme ad hoc ([79], [97]). Dans le premier cas, le Théorème de Généricité ([12]) est considéré un résultat important sur la Théorie de la Preuve du  $\lambda$ -calcul, dans le deuxième ([97]), on a proposé une solution originale aux rapports entre Programmation Fonctionnelle et "Programmation Orientée Objets", grâce au traitement fonctionnel de notion comme le "passage de message" et la "surcharge".

L'étude des liens entre paramétrie, soustypage et héritage est à la base de la collaboration avec S. Soloviev et K. Milsted (Digital Research, Paris, et, ensuite, CNET, France Télécom), qui a continué jusqu'en 1999. Dans ce cadre, on a proposé un simple calcul des séquents "parfaitement expressif" du point, c'est à dire complet par rapport aux propriétés de la notion de soustype dans les langages fonctionnels (voir la version préliminaire [98]). Des développements récents de ces systèmes se trouvent dans [81] et [41].

Une analyse originale du "niveau d'invariance" des preuves est proposé par la notion de Preuve Prototype, en Théorie des Types. Il s'agit de comprendre quel est le "squelette" d'une preuve ou ce qui la rend invariante par rapport à la généricité des ses arguments/variables (voir [99] et [80]). Cet outil pour l'analyse de la preuve en tant que terme ou programme (prototype) est appliqué à l'étude de certains théorèmes ("concrets") d'incomplétude dans [48]; cet article, écrit en 2000, tout en restant dans le cadre de la Logique (Théorie des Types et de la Preuve) et ses

applications, ouvre vers des pistes qui seront au coeur du changement thématique qui suivra.

### **Changement thématique : de “Géométrie et Cognition” à l’équipe “Complexité et information morphologiques”, CIM**

De 1993 à 1999, j’ai coordonné les réunions interdisciplinaires du Groupe Cognition de l’ENS, né sous l’impulsion de J.-P. Nadal (Physique), D. Lestel (Psychologie) et moi même (voir plus haut le “Centre interdépartemental pour l’Etude des Systèmes Complexes et la Cognition”, CenECC, qui en a pris le relais, depuis 2000).

Les activités de ce groupe ainsi que des invitations à des colloques en Philosophie des Mathématiques ou en Sciences Cognitives (voir par exemple [46], [42], [119], [43]) correspondent à un engagement, à temps partiel à l’époque, mais de plus en plus important, dans une réflexion interdisciplinaire. Il s’agissait d’élaborer un “fondement de la connaissance mathématique”, reliant phénomènes cognitifs et fondements des Mathématiques. Une des motivations de cette nouvelle direction (qui n’est pas le premier “changement thématique” dans ma vie de chercheur) est la “crise” que vivent aujourd’hui les rapports entre Logique Mathématique et Informatique : l’Informatique, qui est née, dans les années ’30-40 à partir des systèmes formels (séquentiels!) pour la calculabilité (Herbrand, Gödel, Church, Kleene, Turing ...), pose aujourd’hui surtout des problèmes relatifs à l’espace et au temps. Les systèmes distribués, concurrents, asynchrones doivent être tout d’abord analysés en termes “spatio-temporels”. L’investigation de notre rapport phénoménal à l’espace et au temps fait partie, dans mon opinion, d’une mise en discussion de ces mêmes principes qui ont permis la naissance de nos systèmes logiques et de calculs, pour les élargir grâce à des nouveaux principes. Mon engagement dans cette direction a été tout d’abord épistémologique (et mathématique), dans le cadre de l’analyse des corrélations entre fondements des mathématiques et la cognition (spatiale).

Les premiers articles sur ces sujets constituent une réflexion sur le continu et l’infini mathématique et leurs formalisations logiques et computationnelles, [16], [17], ainsi que sur le rôle de l’action et du mouvement dans la constitution de l’intelligibilité géométrique de l’espace sensible, [14].

Un dialogue avec des biologistes fait partie de ce projet (voir les exposés au Collège de France et au Vatican, en 1998, ainsi que [117], [118], [122], [45]), mais aussi avec des physiciens. En effet, deux groupes de travail, l’un en Epistémologie des Mathématiques et de la Physique, l’autre en Géométrie et Cognition ont été une composante importante de mes activités scientifiques : les résultats auxquels est arrivé le premier groupe sont parus dans un volume publié par Kluwer (voir l’article [18]), l’autre a été le point de départ du projet de recherche, “Géométrie et Cognition” (voir <http://www.di.ens.fr/users/longo/geocogni.html> ). Il s’agit d’un projet proposé et financé, sous ma responsabilité et à l’ hauteur de notre demande, par le MENRST (voir aussi l’organisation de onze colloques sur ces thèmes, entre 1994 et 2003, et de séminaires conjoints avec les collègues en Biologie, Physique et Philosophie). Les volumes édités dans le cadre de ce projet, ([7], [9], [10]), et la thèse de A. Viarouge, en codirection avec S. Dehaene (Collège de France), soutenue en octobre 2008, contiennent les résultats les plus importants de notre travail sur ces thèmes.

En bref, nous pensons, d’un côté, que l’intelligibilité géométrique de l’espace pose un problème fondationnel qui est indépendant de (s’ajoute à) ceux traités par la Logique, de l’autre que tout “contenu informationnel” dépend aussi de la structure géométrique qui code l’information et de son contexte (mesure, échelle). Un

des objectifs du travail du groupe “Géométrie et Cognition” a été constitué, en particulier, par un travail préliminaire d’analyse de la structure fonctionnelle du cortex visuelle primaire et de sa géométrie, en tant que lieu d’élaboration de l’information (sous la direction de J. Petitot, directeur du CREA, et B. Teissier, CNRS-Maths, Paris VII). Certains des progrès les plus intéressants dans la compréhension de la perception concernent la façon dont un traitement du signal peut conduire à une structuration morphologique, c’est-à-dire à une organisation en formes (ces thèmes font partie des objectifs du projet “Neurogéométrie”, dirigé par B. Teissier, financé par l’ACINIM ’04, 2004-7).

Tout à fait en général, observons que, traditionnellement, la théorie de la calculabilité et de l’information se basent sur l’analyse de suites de 0 et de 1. De Turing à Shannon, l’information est encodée dans des suites binaires et leurs transformations constituent le support matériel et la structure mathématique au coeur de ces deux théories qui ont changé notre monde (et à la première desquelles j’ai beaucoup travaillé).

Or le traitement de l’information chez le vivant peut suivre d’autres schémas, qui incluent aussi les “changements de formes”. Des protéines aux réseaux de neurones, il paraît de plus en plus évident que les modifications de formes (du repliement tridimensionnel des amino-acidés, ou de la structure du réseau) sont une partie intégrante de l’élaboration de l’information. Ce point de vue, correspond à une approche qui intègre l’organisation mathématique de l’espace à la causalité en physique et en science de la nature (voir [21] et [25], [55]). Tout en développant ce cadre et sous ma direction, la thèse de Boris Saulnier (informatique), un aboutissement important des travaux de l’équipe CIM (conjointement à la thèse de M. Mossio, cognition, voir plus bas), fournit une synthèse et un cadre original pour une analyse “morphologique” de l’information par ses différents corrélats entropiques et leurs invariants d’échelle, en physiques et en biologie.

Sur la base du travail remarquable qui a été déjà fait dans l’analyse de deux aspects traditionnels du calcul (digital), mais en parcourant des chemins nouveaux, si possible, on est donc en train de développer une théorie mathématique de la “complexité et de l’information dans la structure géométrique”, voir, dans le cas du vivant, dans la géométrie des niveaux d’organisation (voir [51]). La généralité de l’approche devrait saisir d’autres aspects de ce problème, au-delà des deux exemples mentionnés, qui peuvent faire référence aussi bien à la physique des systèmes dynamiques qu’à l’analyse de la communication intracellulaire. L’incomplétude essentielle des approches purement formelles en mathématiques, leurs corrélations avec l’incertitude de la mesure en physique (voir [50]), ainsi que la “géométrie impossible” de certaines modélisations computationnelles (voir [25], [49]) motivent notre démarche. Ces réflexions, de type “interdisciplinaire-exploratoire”, ont permis de lancer les activités de la nouvelle équipe au LIENS “Complexité et information morphologiques” (CIM, octobre 2002).

Dans le cadre du financement reçu, mais sur un des thèmes qui ont été la motivation originale de ce projet à long terme (la géométrisation en calculabilité et programmation), un numéro spécial de la revue MSCS de la Cambridge Univ. Press, que je dirige, a été publié en 2000 : “Geometry and Concurrency”, vol. 10, n. 4. Des avancées sur les aspects fondationnels du projet sont présentées dans [47]; d’autres articles, par nombreux auteurs, se trouvent dans les trois volumes/numéros-spéciaux édités en 2003 et 2004 (voir les ouvrages collectifs [7], [8], [9], [10]); les articles dans ces volumes résument, de différents points de vue, le travail démarré avec “Géométrie et Cognition” et poursuivi par la nouvelle équipe CIM.

## Quelques axes de recherches de la nouvelle équipe “Complexité et Information morphologiques” (CIM, octobre 2002)

Dans le dessein de présenter un cadre synthétique, il convient de situer au centre de l’activité de l’équipe une notion de type physico-mathématique, celle de *transition critique*, une forme particulière de singularité physique. Cette notion est articulée en différents projets et corréle le travail entrépris au sujet de la structure computationnelle de certaines dynamiques physiques à l’analyse que nous développons du vivant, vu comme “transition critique étendue”.

### Le projet “Singularités physiques et calculabilité effective”.

Les singularités et les états critiques jouent un rôle essentiel en physique moderne; les premières sont généralement définies par la divergence de certaines grandeurs observables en fonction d’un paramètre de contrôle (continu, en principe), et les seconds, plus spécifiquement, par la divergence des longueurs de corrélation des observables pertinentes. Le traitement digital de ces situations n’est manifestement pas évident.

Il existe des méthodes concrètes, voire même des théorèmes de stabilité en analyse numérique, qui permettent de répondre à cette interrogation d’une façon satisfaisante, du point de vue computationnel pratique. Il manque toutefois une approche théorique qui permette de corréler les riches mathématiques du calcul effectif aux dynamiques non-linéaires de la physique, en particulier proches de la criticalité. Cette activité de l’équipe a eu un financement ANR (voir ci-dessous), grâce auquel le travail de deux thésards, M. Hoyrup et C. Rojas, a pu impliquer aussi un collègue mathématicien de Pise (S. Galatolo). Dans le cadre de ce projet, la collaboration avec A. Lesne, physicienne au CNRS, a visé les rapports entre discret et continu dans l’analyse de la chaoticité. Nous avons aussi démontré des résultats qui relient des questions relatives aux dynamiques non linéaires à des problèmes de calculabilité et de décidabilité (non semi-décidabilité des points périodiques, semi-décidabilité et non décidabilité du problème de la “reachability”). La différence entre être systèmes physico-mathématiques robustes et chaotiques a été aussi caractérisée en termes de décidabilité. Le résultat le plus important concerne l’évolution d’un intervalle dans un régime chaotique et la (in-)décidabilité des cas critiques, voir [24]. Un autre volet du projet a permis de démontrer que la notion d’aléatoire très connue et inspiré par la calculabilité, due à Kolmogorov, Martin-Löf et Chaitin (1965), après “effectivization” des espaces dynamiques pertinents, est équivalente à l’aléatoire que nous propose la physique (classique). Plus précisément elle correspond à l’aléatoire défini par les théorèmes de Birkhoff (le travail sur ce sujet est resumé dans [58]). En collaboration avec le physicien F. Bailly, les corrélations/différences avec l’aléatoire quantique ont été mises en évidence [53]. Une conséquence de ces résultats a été le nouveau rôle que l’on a pu accorder à la *non-calculabilité* algorithmique comme outil d’analyse en physique et biologie, [59].

### Vers la biologie.

- **La criticité étendue** En physique, un état critique (lié, rappelons-nous, à un changement de phase et à l’apparition de comportements critiques de certaines grandeurs d’état du système - aimantation, densité, par exemple - ou de certaines de ses caractéristiques particulières comme la longueur de corrélation) est susceptible d’apparaître à l’équilibre (flux nuls) ou hors d’équilibre (flux non nuls). Si, dans le premier cas, le traitement mathématico-physique est satisfaisant (thermodynamique pour l’aspect macroscopique, renormalisation pour l’aspect microscopique), en revanche, dans le second, on est loin de disposer de théories aussi satisfaisantes dès lors que l’on est loin de l’équilibre.

Il est difficile de rassembler sous une seule caractérisation les phénomènes de type critique, mais une signature commune est donnée par la divergence des longueurs et temps de corrélation ; des cas typiques sont donnés par les transitions de phases. Un autre aspect mathématique commun est donné par le fait que l'ensemble des points critiques forme un ensemble de mesure nulle (un ensemble discret de points, des singularités en fait) relativement à l'évolution du (ou des) paramètre (température, par exemple). On remarque que la situation critique, dans le cas à flux nul, apparaît comme a-temporelle, tandis que loin de l'équilibre, du fait des flux (et bien que l'on demeure à l'état stationnaire pour le système) il existe une échelle de temps naturelle.

L'intérêt biologique des transitions critiques (changements de phase), peut commencer à s'entrevoir dans le jeu local/global, certainement au coeur de tout processus du vivant. Dans la physique de la criticité, plusieurs caractéristiques manifestent le passage du local au global relativement à la pertinence des objets décrits et de leur interaction: divergence de la longueur de corrélation (portée des interactions), apparition d'un ordre (mesuré par un paramètre d'ordre qui devient non nul), brisure de symétrie, apparition d'exposants critiques associés à des discontinuités ou des divergences (susceptibilités), apparition d'une non-analyticité de l'énergie libre, du point de vue thermodynamique. C'est dans ce cadre complexe qui s'exprime, par exemple, l'ADN: toute théorie qui fait référence à la structure de la détermination propre à la programmation des machines à états discrets est démontrablement incomplète (cette thèse, un regard d'informaticien sur la notion de programme appliquée à la génomique, est présentée dans [83]).

Pour nous résumer, aller du local au global, en physique, nécessite le passage par un état critique ; cela est compris comme une divergence mathématique de la longueur d'interaction, donc comme un point où les variations infinitésimales créent des changements finis (ou des variations finies mènent à des changements infinis, mathématiquement).

Ces thèses ont été présentées dans les articles [51], [84]. Elle est un des éléments conducteurs des aspects biologiques du livre [2], car elle motive notre vision du vivant comme singularité physique, une métaphore, mais aussi une notion technique, selon les idées que l'ont vient de résumer.

- **Schémes géométriques pour le temps biologique.** Deux articles récents, [87] et [88], développent deux approches esquissées dans [56] et font état d'un autre aspect technique de la composante mathématique de la singularité physique du vivant, le temps propre des organismes.

Dans la première approche, qui décrit l'état actuel et effectif d'un organisme (ou d'une population), on peut considérer que le vivant est confronté à deux types distincts de temporalité dont l'articulation est un enjeu essentiel de survie. Le premier type, qui renvoie au temps physique le plus classique, est celui qui est associé au couplage entre l'organisme et son environnement à travers les processus de stimulus et de réponses (rétension et protension, [88]). Il se manifeste principalement par des processus de relaxation (de la forme exponentielle quasi canonique et combinaisons de telles exponentielles); la protension, une notion qui n'a pas de sens en physique, devient alors un "presque symétrique" de la rétension.

Le second type est de nature très différente. Il est associé à des cycles et aux diverses horloges (externes et internes) qui rythment le vivant et assurent son fonctionnement et sa perdurance (on le représente usuellement sous la forme oscillatoire). Suite au rôle de ces rythmes et temporalités intrinsèques à l'organisme, nous avons considéré une temporalité de dimension

topologique égale à 2, formée par le produit direct entre la partie non compacte et (en fibre sur celle-ci) la partie compactifiée. Cette structure de variété bidimensionnelle propose, dans notre opinion, une intelligibilité géométrique de la complexité morphologique du temps biologique, voir [87]. Nous envisageons, avec M. Montévil, d'intégrer l'approche théorique avec les données empiriques disponibles, en particulier, les rythmes cardiaques des mammifères, et en déduire des modélisations informatiques.

- **La complexité morphologique comme entropie négative (voire comme “anti-entropie”.** Nous avons proposé de quantifier la complexité de l'organisation biologique sur la “dimension” physique de l'entropie, mais avec le signe opposé de l'entropie (qui exprime la désorganisation). Notre nouvelle notion, l'anti-entropie, par son rôle dans une équation de bilan thermodynamique, diffère de l'information comme entropie négative (elle est plutôt une composante de l'énergie libre de Gibbs, ce qui formalise une suggestion de Schrödinger). Elle est en fait une signature du vivant par rapport à l'inerte. Bref, l'anti-entropie est censée pouvoir représenter la mise en place et le maintien de l'organisation propre au vivant. Elle donne une base physico-mathématique à notre idée que la complexité morphologique ne doit être confondue ni avec la complexité algorithmique, ni avec la complexité physique usuelle en ce qu'elle met en jeu notamment la constitution de niveaux d'organisation et des relations fonctionnelles d'intégration et de régulation physiologiques entre eux. Il en résulte que les quantités thermodynamiques que nous considérons, notamment dans le bilan métabolique, représentent des extensions des quantités physiques usuelles. En particulier, l'énergie libre de Gibbs que nous introduisons inclut l'extension à l'anti-entropie que nous venons de discuter et ne se réduit à l'énergie libre physique que pour l'inerte. Dans [85], nous avons alors examiné les systèmes loin de l'équilibre et avons analysé une équation de diffusion de la biomasse sur la complexité phénotypique (ou morphologique), suivant la méthode opérationnelle de Schroedinger en mécanique quantique (les idées de base sont ébauchées dans [57]). Ceci nous a fourni une reconstruction mathématique de cette diffusion, qui correspond aux données paléontologiques présentées par Gould pour l'évolution des espèces. Une analyse mathématique de l'anti-entropie dans l'ontogenèse est également décrite une évaluation quantitative est esquissée en référence aux processus de différenciation chez la *Caenorhabditis Elegans*. Les résultats techniques dans [85] sont, jusqu'à présents, les plus importants obtenus par l'auteur depuis la fondation de l'équipe CIM et se basent sur un travail sur plusieurs années. La supervision de la thèse de Saulnier (Informatique, soutenue en '06) s'inscrivait dans le cadre de cette approche, par une analyse comparative de l'entropie en physique, biologie et théorie de l'information.

- **Quelques questions qui se posent**

Pouvons-nous appliquer la technique physico-mathématique de la renormalisation à la criticité étendue ? Dans un sous-ensemble dense de l'hypercube des zones critiques étendues ?

L'information est normalement décrite comme neg-entropie : est-ce que l'anti-entropie (qui en diffère mathématiquement et formalise un autre observable, l'organisation biologique) peut fournir une *autre notion d'information*, cette fois de type “morphologique” ? En vue des corrélations bien connues entre (neg-)entropie (information) et aléatoire (classique et algorithmique), le lien est à faire entre notre nouveau concept et l'aléatoire, en biologie.

Comment mesure empiriquement l'anti-entropie au cours de l'embryogenèse ?



Dans [85] nous examinons de près les données disponibles sur la Caenorhabditis Elegans et les interprétons grâce à notre cadre théorique, mais il faudrait examiner des organismes plus complexes.

- **Remarques sur la méthode: de l'information à l'organisation**

L'ambition de cette partie de notre travail n'est pas seulement de reconstruire la complexité physico-mathématique de certains aspects de la biologie, mais de proposer tout d'abord, et surtout, un changement de regard. Nous pensons en fait que la différenciation théorique entre théorie de l'inerte et celles de *l'état vivant de la matière* passe, entre autres, par le changement des paramètres et observables pertinents. Or, la mathématisation de la physique s'est centrée sur des invariants, dont les grandes constantes (g, c, h), mais aussi ceux des "déterminations objectives" dont on parle longuement dans le livre [2]. À notre avis, il faut s'appuyer sur les rares invariants, dont les constantes et rythmes, par exemple, que l'on trouve dans le temps en biologie, car, au-delà du physico-chimique, la stabilité structurelle du vivant est très peu invariante, physiquement parlant : elle est profondément immiscée de variabilité. Pour cerner cette état difficile à mathématiser, la criticité étendue, nous sommes donc partis de ces invariants, en fait de ces constantes rythmiques et nous avons construite l'esquisse d'une géométrie non-triviale du temps biologique, même si elle n'a pas de sens physique.

À cela s'est ajoutée une analyse quantitative de cette invariant structurel qui est l'organisation, quantifié comme anti-entropie, avec ses propres équations de bilan, une approche très récente, certainement très préliminaire, mais, nous pensons, originale (voir [85] aussi pour des références et des comparaisons).

En conclusion, au cours des dernières années, nous avons comparé l'aléatoire dynamique et l'aléatoire algorithmique (au coeur des théories algorithmiques de l'information); nous avons modifié la criticité (étendue, pour la biologie); nous avons ajouté l'anti-entropie aux (in)égalités et aux équations de bilan thermodynamiques fondamentales; nous avons commencé à modéliser les rythmes et le temps biologiques dans des variétés bidimensionnelles. L'idée de base a été que la notion d'information, en biologie, doit être enrichie par celle d'organisation, en tant qu'observable propre. Ce nouvel observable, que l'on saisi en particulier par "enchêvêtrement et couplage de niveaux d'organisation", est au coeur de nos analyses formelles.

Nous avons donc visé à enrichir les notions courantes de "information", "complexité" etc. de façon à tenir compte de plus près de la phénoménologie du vivant. Le risque pris par la mise en place de l'équipe CIM consistait dans le titre même, dont le défi était de proposer des idées scientifiques différentes de la complexité computationnelle et l'information de Shannon (et Kolmogoroff), notions très importantes, mais, dans notre opinion, insuffisantes à l'étude des phénomènes biologiques, dont leur abus en biologie moléculaire (de quelle "information" parle-t-on? elles diffèrent – se contrapposent – au regard de la complexité). La notion d'anti-entropie formalise la complexité phénotypique (morphologique) dans la phylogenèse et dans l'ontogenèse et constitue un point fort (et ferme, nous pensons) de notre travail.

De point de vue de la méthode, notre engagement en biologie consiste à développer des éléments pour une théorie propre du vivant, même si elle n'a pas de correspondant, ni de sens, dans les théories physiques actuelles. Le renversement proposé qui fait du temps un opérateur et de l'énergie un paramètre, par exemple (le dual de ce qui se fait en physique, quantique en particulier), est un des éléments porteurs de ce changement d'observables et paramètres que l'on poursuit. D'une façon très générale, les lois que nous utilisons en traitant ces quantités particulières et introduites spécifiquement pour les analyses

du vivant, constituent des extensions des théories physiques usuelles (thermodynamique, en particulier) : elles conservent la même structure mathématique formelle et, si on met à 0 la valeur des observables ou paramètres que nous considérons (extension de l'intervalle critique, deuxième dimension temporelle, valeur de l'anti-entropie), elles nous redonnent les théories de l'inerte. En tant qu'extension propre, nos propositions théoriques sont donc compatibles, quoique irréductibles aux "théories physiques existantes".

- **Thèses**

Quatre thésards ont soutenu, à cette date, leur thèse dans le cadre des activités de l'équipe et sous la direction de l'auteur :

– B. Saulnier, dans sa thèse "*Aspects multi-échelles de l'information : de la physique à la biologie*" (bourse BDI-CNRS, Informatique, soutenance le 15/9/06), a utilisé et comparé différentes mesures entropiques et développé une analyse mathématique de la quantité d'information associée à un processus de mesure. Saulnier a proposé un cadre théorique unifié centré sur le rôle de la mesure (dans le sens géométrique) ainsi que de l'échelle (dans un sens qui dérive surtout de la physique). [Après un post-doc en biologie, "quant" chez Merryl Lynch)].

– M. Mossio, dans sa thèse "*Adéquation théorique et maîtrise expérimentale : un enquête interdisciplinaire en sciences cognitives*" (bourse école doctorale CCC, les aspects empiriques ont été développés sous la direction de A. Berthoz, professeur au Collège de France (physiologie), en Cognition, soutenance le 16/10/06), après une analyse des conditions de possibilité pour l'application des modèles de l'explication utilisés dans les Sciences Cognitives a proposé une caractérisation de la notion de représentation d'invariants sensorimoteurs, ainsi que de son rôle cognitif, qui constitue une première étape vers la construction d'une approche non-fonctionnaliste des phénomènes cognitifs. [Post-doc CE, Univ. San Sebastian].

– M. Hoyrup, dans sa thèse "*Computability, randomness and ergodic theory on metric spaces*" (ANM, soutenance le 17/6/2008, Informatique), a analysé les relations mathématiques et les différences entre les diverses approches concernant l'aléatoire, cadres classique (dynamique) et computationnels. Ceci a demandé un important travail d'effectivisation des espaces métriques et mesurables utilisés en géométrie de systèmes dynamiques. [CR2, INRIA, Nancy].

– C. Rojas, dans sa thèse "*Computability and Information in models of randomness and chaos*" (Bourse Ecole Polytechnique, soutenance le 18/6/2008, Mathématiques), a prouvé une correspondance mathématique point triviale entre ergodicité dynamique et aléatoire algorithmique. Des applications de cette analyse de l'aléatoire asymptotique au calcul effectif sont aussi présentées. Les thèses de Hoyrup et Rojas sont une composante dans ce projet global concernant les singularités et le calcul qui est au coeur des croisements mathématiques entre calculabilité et physique dans des régimes chaotique, les singularités et la criticité (une forme de singularité) et qui arrive jusqu'à la criticité étendue en biologie. [Chercheur en poste pour quatre ans, Fields Institute, Canada].

- **Collaborations** : F. Bailly (physicien, CNRS) ; T. Paul (maths, CNRS) ; A. Soto et C. Sonnenschien (biologie, Tufts University, Boston) ; J. Petitot (CREA et EHES) ; A. Lesne (physique, CNRS) ; A. Berthoz (physiologie, Collège de France) ; S. Galatolo (Univ. Pise) ; C. Calude (Oakland Univ., NZ) ; F. Jacobs (biologie théorique, Université de Leiden, NL).

- **Autres collaborations :** R. Fabbrichesi (philosophie, Université de Milan) ; E. Gagliasso (philosophie, Rome I) ; J. Ricard (biologie, ancien directeur de l'Institut Monod); M. Buiatti (biologie, Univ. de Florence).

## 2 Activité d'enseignement

- **Université de Pise, de 1971 à 1989** (sauf trois ans aux USA): “Teoria e Metodi di Ottimizzazione”, “Metodi Matematici per l'Informatica”, “Logica Matematica”, en tant que MdC et, puis, Professeur des deux niveaux (voir détails p.1).
- **Carnegie Mellon Univ:** “Formal Languages and Computability” (undergraduate) et “Recursion, Categories and Polymorphism” (graduate course), année académique 1987/88.
- **Ecole Normale Supérieure, Paris** (Professeur Invité, Dept. Math. et Informatique): Languages Fonctionnels et un cours de D.E.A., Octobre 1989 - Mai 1990.
- **ENS-ParisVII- Polytechnique:** cours du **D.E.A.** en Informatique Fondamentale, avec P.-L. Curien, de 1990/91 à 1993/94.
- **ENS-ParisVII-Polytechnique-ParisXI-CNAM:** cours de tronc commun et puis de la filière “Types et calculabilité” du **D.E.A.** (puis Master) en Informatique, de 1995/96 jusqu'à 2006.
- **ENS-ParisVI/VII-Polytechnique: DEA, puis Master** en Science Cognitives : cours en Théorie de la Démonstration et des Types, dès 1998 à 2004, puis en différents aspects de la modélisation et de la calculabilité (discret vs. continu) jusqu'à 2007.
- **ENS**, cours introductif à la logique: “Eléments de Théorie de la démonstration” pour les élèves en maths et en philosophie, janvier et février 1996.
- **ENS**, cours libres: “Six leçons sur l'incomplétude : logique, mécanique quantique”, en collaboration avec T. Paul, mathématiques, CNRS-ENS, janvier et février, 2008 et 2009.
- **Univ. Roma III:** cours de doctorat, avril-mai 2009.
- **ENS**, cours libre : “Indécidabilité logique, et aléatoire physique”, février et mars 2010 (vidéo-enregistré à l'ENS, Savoirs en multimedia).
- Ecoles de Printemps, GDR de programmation: cours à Nice (Mars 1991), Bordeaux (Avril 1992), St. Malo (Avril 1993) et Toulouse (Mars 1994).
- Cours intensifs de Doctorat (10 heures en une semaine) à Turin (Juin 1993) et Rome (Février 1994).
- Summer School, Logic, Language and Computation (10 heures en une semaine), Copenhagen, Août 1994.
- Scuola Superiore dell'Universita' di Catania (10 heures en une semaine) Avril, 2000.

- Exposés à l'**ENS** (recherche et enseignement):  
 “Logique et Calculabilité” (Journée introductive à la Cognition, Nov. 1992);  
 “Les irrationalités de la Logique” (Séminaire de Philosophie des Mathématiques, organisé par P. Cartier, F. Loi, R. Thom, Février 1993); “Mémoire et systèmes déductifs” (Exposé faisant partie d’un cycle sur la Mémoire en Biologie, Informatique et Philosophie, Février 1994); “Pour un fondement de la connaissance mathématique” (Séminaires d’Histoire et Epistémologie des Mathématiques, Mars 1996); “Les Fondements de l’Arithmétiques et ‘la teneur du phosphore dans le Cerveaux’ (Frege)” Journée de l’ELSAP, Jourdan, Janvier 1997; “Sur les démonstrations des Théorèmes indémonstrables” (Séminaire de Philosophie des Mathématiques, Mai 1997); “L’infini mathématique, les machines et les métaphores” (Groupe “La Pensée des Sciences”), 27 Mai, 1998;  
 “Mathématiques et Cognition: à partir de l’intelligibilité géométrique de l’espace sensible” (avec B. Teissier), 17 Février, 1999 (voir web Longo: Géométrie et Cognition); “Mémoire et objectivité en mathématiques” (Séminaire de Philosophie des Mathématiques, Mars, 2000); “Expressivité et incomplétude logique” (Cours bref, 2 ou 4 heures, dans le cadre de l’Option Intermagistère ENS en *Science Cognitives*, Novembre ’96, ’97 et ’99, Février ’00, Novembre ’00, Janvier ’02); “Les fondements des Maths et la métaphore pour le cerveau” (Séminaire de Philosophie des Mathématiques, Juin 2002).

Les exposés suivants sont enregistrés (audio et video) et téléchargeables du site de l’ENS (Savoirs en multimedia). La philosophie des mathématiques, le 24 October 2003; Table-ronde autour de la notion de Trois corps, classique-quantique, discret-continu, le 29 September 2004; Dynamiques de pensée en mathématiques : principes de preuves vs. principes de construction, le 29 April 2006; Continuum vs. discrete: Physics, Mathematics, Computing, le 3 May 2006; Présentation du livre [2], 20 novembre 2006 ; le cours de 2010.

- Membre du Conseil Pédagogique du **DEA** en Science Cognitives (2000-04).

### 3 Thèses supervisées

#### 3.1 “Tesi di Laurea”, Université de Pise (*il est fait mention seulement des étudiants reçus “cum laude” (thèses de recherche)*):

- P.Giannini “Calcolabilità su strutture astratte” Dip. di Informatica, Pisa, 1979. (*Enseign.-chercheur, Univ. Torino*)
- A.Bosisio “Operatori di enumerazione e topologie deboli” Dip. di Matematica, 1979 (*Chercheur dans l’industrie*).
- B.Mugnani “Metodi deduttivi per l’assegnamento di tipi” Dip. di Informatica, Pisa, 1982 (*Chercheur dans l’industrie*).
- S.Martini “I funzionali di Kleene e Kreisel e gli operatori ricorsivi” Dip. di Informatica, Pisa, 1983. (*Ph. D., Informatica Pisa; Prof. Ordinario, Udine, depuis 1996*)
- E.Moggi “Categorie cartesiane chiuse in teoria dell’enumerazione” Dip. di Informatica and Scuola Normale Superiore, Pisa, 1983. (*Ph. D., Computer Sci. Edinburgh Univ.; lecturer, Edinburgh Univ.; Professore Ordinario, Genova, depuis 1992*)
- F.Ruggeri “Convergenza in spazi di filtri ed operatori di Turing” Dip. di Matematica, Pisa, 1984. (*1985-88: Ph. D., Computer Sci. Univ. of Chicago; chercheur Olivetti, Pisa*)

- E. Paglia “Il secondo ordine nel polimorfismo dei tipi di dato” Dip. di Informatica, Pisa, 1984.
- A. Asperti “Strutture categoriali per la semantica denotazionale” Dip. di Informatica, Pisa, 1985. (*Ph. D., Informatica Pisa; Chargé de Rech. INRIA, 90-92; Prof. Associato puis Ordinario, Bologna, depuis 1993*)
- G. Monteleoni “Alcuni aspetti semantici della programmazione funzionale” Dip. di Informatica, Pisa, 1985. (*1987/88: bourse CNR, Computer Sci., CMU; chercheur IRI, Pisa*)
- R. Amadio “Semantica dei tipi parametrici” Dip. di Informatica, Pisa, 1985. (*Ph. D., Informatica Pisa; Chargé de Rech., CNRS, Nancy, puis, Professeur, U. Marseille, puis Paris VII*)
- R. Di Cosmo “Isomorfismo fra tipi e type-checking” Dip. di Informatica and Scuola Normale Superiore, Pisa, 1986. (*Ph. D., Informatica Pisa; Maître de Conf., Informatique, E.N.S., Prof. Paris VII*)
- P. Di Gianantonio “La semantica degli intervalli per il polimorfismo esplicito” Dip. di Informatica and Scuola Normale Superiore, Pisa, 1986. (*Ph. D., Informatica Pisa; I.B.M. award for Computer Science Thesis; Enseign.-chercheur, Univ. Udine, depuis 1991*).
- F. Barbanera “Intuizionismo e la nozione di formula come proposizione” Dip. di Informatica, Pisa, 1987. (*Ph. D., Informatica, Torino; Enseign.-chercheur, Univ. Torino, depuis 1991*)
- A. Bucciarelli “Teoria generalizzata della ricorsività in alcuni modelli del lambda-calcolo” Dip. di Informatica, Pisa, 1987. (*Ph. D., Informatica Pisa; bourse CHM, E.N.S.; Enseign.-chercheur à Rome, puis Paris VII, 1999*)
- D. Lepore “Convergenze non topologiche, stabilità, sequenzialità” Dip. di Informatica, Pisa, 1987. (*chercheur dans l'industrie*).
- G. Castagna “Teoria dei tipi per 'Object Oriented Programming'” Dip. di Informatica, Pisa, 1990. (*CR, puis DR, CNRS, LIENS, depuis 1994*).

### 3.2 Mémoires de DEA ou Master II

- G. Santini **Domaines et systèmes dynamiques**. DEA Sémantique Preuves Programmation. Année 1996-1997.
- C. Truchet (ENS) **Continuité non-topologique**. DEA Sémantique Preuves Programmation. Année 1997-1998.
- S. Vacca **La forme finie du theoreme de Kruskal**. DEA Sémantique Preuves Programmation. Année 1996-1997.
- P.-S. Graillou, **Aspects cognitifs des preuves visuelles**. DEA Sciences Cognitives. Année 1998-1999.
- G. Halimi, (ENS) **Sémantique du polymorphisme**. DEA Philosophie. Année 1999-2000.
- M. Mossio, **Constitution d'invariants spatiaux**. DEA Sciences Cognitives. Année 2001-2002.
- P. Bucholc (co-direction de stage), **Les suites de Godstein et la prouvabilité**. DEA Sciences Cognitives. Année 2001-2002.
- E. Tendero, **Démontrabilité et indémontrabilité : un théorème de Friedman**. DEA Logique Mathématique. Année 2001-2002.
- B. Saulnier, **Information et entropie topologique**. DEA d'Informatique, SPP. Année 2001-2002.
- J. Narboux, **Généricité dans les systèmes polymorphes**. DEA d'Informatique, SPP. Année 2001-2002.
- A. Viarouge, **Cognition Mathématique: nombres et espace**, DEA Sciences cognitives, Année 2003-2004.

- G. Hoyrup, **Calculabilité et systèmes dynamiques**, DEA Informatique - SPP, Année 2003-2004.
- A. Kolcak **Indécidabilité computationnelle et imprédictibilité dynamique**, DEA Informatique - SPP, Année 2004-2005.
- M. Montevil **Etats critiques étendus**, Master II en Sciences Cognitives, Année 2005-2006.
- G. Delalleau **Bifurcations de Hopf et dynamiques irrversibles**, Master II en Mathématiques, Paris VII, Année 2007-2008.

### 3.3 Thèses de Doctorat (*Le Doctorat de Recherche a été institué en 1982, en Italie*):

- S. Martini “**Modelli non estensionali del polimorfismo in programmazione funzionale**” Dip. di Informatica, Pisa, 1988 (*Ricercatore puis Professore Ordinario, Udine, 1996*)
- A. Asperti “**Categorical methods in the theory of functional, logic and parallel languages**” Dip. di Informatica, Pisa, 1989. (*post-doc puis chercheur INRIA, 89-92; Professore ordinario, Bologna, 2001*)
- G. Ghelli “**Data types for an higher-order database language: semantics and type-checking**” Dip. di Informatica, Pisa, 1989. (*Ricercatore puis Professore ordinario, Pisa, 2002*)
- S. Berardi (suivi en collaboration avec M. Dezani) “**Proof Theoretic aspects of system F**” Dip. di Matematica, Torino, 1989. (*Ricercatore puis Professore ordinario, Torino, 2002*).
- R. Amadio “**Recursion and subtyping in lambda calculi**” Dip. di Informatica, Pisa, 1991. (*post-doc LIENS, 90-91; chercheur CNRS, Nancy, puis Professeur, U. Marseille, puis Paris VII*)
- R. DiCosmo “**Isomorphisms of types**” Dip. di Informatica, Pisa, 1993. (*Md-Conf., ENS; Prof. Paris VII, depuis 1999*).
- G. Castagna “**fondements fonctionnelles de la Programmation Orientée Objets**” Paris VII, Janvier 1994. (*Cr, puis DR, CNRS, LIENS, depuis 1994*).
- A. Bucciarelli (suivi principalement par P.L. Curien) “**Coherence et Stabilité pour les langages sequentiels**” LRI, Orsay, Octobre 1994. (*bourse CE-CHM 1993-95; Enseign.-chercheur à Rome, puis Paris VII, 1999*).
- R. Bellucci “**Sistemi formali e Modelli per il Polimorfismo parametrico**” Università di Siena (et LIENS), Janvier 1996 (*Chercheur chez Eurosat*).
- Chen Gang (suivi en collaboration avec G. Castagna) “**Sous-typage et conversions de types**” Université de Paris VII (et LIENS), Décembre 1998 (*Associate researcher, Univ. South Australia, puis Boston Univ.*).
- F. DeJaeger “**Calculabilité sur les réels**” Université de Paris VII (etLIENS), novembre 2003 (*chercheur chez Apple*).
- B. Saulnier, “**Aspects multi-chelles de l’information : de la physique à la biologie**”, septembre 2006 (*post-doc, Univ. Leiden, puis “quant” chez Merryl Lynch*).
- M. Mossio, “**Adéquation théorique et maîtrise expérimentale : un enquête interdisciplinaire en sciences cognitives**”, octobre 2006 (*post-doc, classé deuxième sur deux postes, sect. interdisciplinaire du CNRS*).
- M. Hoyrup “**Computability, randomness and ergodic theory on metric spaces**” juin 2008 (*CR2, INRIA, Nancy*).
- C. Rojas “**Computability and Information in models of randomness and chaos**” juin 2008 (*Bourse Ecole Polytechnique, Mathématiques, puis post-doc 4 ans au Fields Institute, Canada*).

M. Montevil travaille actuellement à sa thèse au LIENS ; G. Frezza, N. Perret (philosophie), A. Danielli (cognition) sont engagés dans des thèses en codirection.

Rapporteur ou examinateur d'Habilitation:

R. Amadio (Juin 94), S. Soloviev (Sept. 94), L. Boi (Décembre 97), R. Di Cosmo (Mars 98), A. Carbone (Janvier 99), L. Colson (Janvier 99), M. Fernandez (Septembre 2000), G. Castagna (Janvier, 2002), O. Bournez (décembre 2006), O. Michel (décembre 2007), J.B. Joinet (décembre 2007), A. Bucciarelli (novembre 2009).

Rapporteur ou examinateur des Thèses depuis 1990:

Couronné (Déc. 90), Fouda (Déc. 92), Jiang (Juin 93), Chillan (Sept. 93), Monsuez (Janv. 94), Compagnoni (Nijmegen NL, Janv. 95), Boldini (Fév. 95), Jacquet (Sept. 95), Xavier Gouy (Dec. 95, Paris VII), Crolard (Déc. 96, Paris VII), Bastonero ((Déc. 96, Paris VII), Pravato (Fév. 97, Torino), Pocholczyk (Avril 97, Paris VI), Lenzi (Juin 97, SNS, Pisa), Macjik (Mai 98, Roma), Saibi (Mars 99, INRIA-Paris VII), Thiénot (Juin 99, Paris VI), V. Schachter (Décembre 99, Paris-Orsay), D. Chemouil (Toulouse, Septembre 2004), D. Hainri (décembre 2006, Nancy), A. Hazan (décembre 2007, Paris XIII), G. Giannini (avril 2008, Urbino), M. Caponigro (avril 2008, Camerino), M. Toscano (mars 2009, Bergamo).

Suivi de nombreux exposés de Magistère (en Mathématiques) à l'ENS.

## 4 Conférences invitées et séminaires

- University College of Swansea**, G.B. (Mini Lambda-Conference, Mathematics Dept.; hôte: R. Hindley), Septembre 1974: “Non-strict functions and their representation in Axiomatic Recursion Theories”,  
 February 1980: “The countable functionals and lambda calculus models”.
- Scuola Normale Superiore, Pisa** : cycles de séminaires:  
 (A.A. 74/75): “Ricorsivita’ generale e la gerarchia aritmetica”,  
 (A.A. 75/76): “Introduzione al lambda-calcolo ed alla sua semantica”,  
 (A.A. 76/77): “I teoremi di incompletezza di Gödel e Gödel-Rosser”,  
 (A.A. 81/82): “Strutture di tipi e senza tipi per la calcolabilità”.  
 Gennaio 1990: “Strumenti logico-matematici per i linguaggi di programmazione”.  
 Gennaio 1992: “Realismo matematico ed immagini mentali, discussione in scienze della conoscenza”.
- C.N.R., Roma** (I.A.C.; hôte: M. Venturini-Zilli),  
 Juin 1978: “Verso una Teoria dei Modelli del Lambda-calcolo”  
 Ottobre 1981: 1) “Il teorema di Paris-Harrington e le incompletezze matematiche dell’Aritmetica”;  
 2) “Alberi di Böhm e la caratterizzazione semantica di proprieta’ del lambda-calcolo”.
- Utrecht University**, Holand (Mathematisches Instituut; hôte: H. Barendregt),  
 Dicembre 1978: “Plotkin’s models of lambda calculus and type two Recursion Theory”  
 Ottobre 1982: “The hereditary partial recursive functionals”.
- Universita’ di Torino** (Dip. Informatica; hôte: M. Dezani), Gennaio 1979:  
 “Un’introduzione alla Ricorsivita’ nei tipi superiori”;  
 Dicembre 1981: “Semantica operativa vs denotazionale in lambda-calcolo”.  
 Juin 1993: “Il Teorema di Genericita’ ”  
 Juin 1993 (Dip. di Fisica; hôte: F. Pegoraro): “Poincare’ e Weyl fra Fisica e fondaz. della matem.: oggi”.
- Amsterdam University**, Holand (Mathematisches Instituut, Intercity Seminar; hôte: D. Van Dalen), Septembre 1979: “Effectiveness in some Ershov spaces for the partial continuous functionals”.
- Oxford University**, G.B. (Mathematical Institute; hôte: R. Gandy), February 1980: “Generalized Myhill-Shepherdson theorem and its applications to lambda-calculus models”.
- University of Chicago**, U.S.A. (Mathematics Dept.; hôte: R. Soare), Mars 1980: “An overview of recent results in lambda-calculus syntax and semantics”.
- Universidad Aut. Nac. de Mexico**, C. de Mexico (dept. de Matematica; hôte: F. Bracho), Dicembre 1980: “Set-theoretical lambda-models and their applications”.
- M.I.T.**, U.S.A. (Lab. for Computer Science; hôte: A. Meyer), February 1981: “Recursion Theory in higher types: relating Ershov and Hyland approaches”,  
 Ottobre 1984: “Categories of partial morphisms and the semantics of types”.  
 Ottobre 1985: “The semantics of types and terms for (higher-order)  $\lambda$ -calculi”.  
 Janvier 1987: “Lambda-calculus: *the* Theory of Computable Functions”  
 Juillet 1987: “The denotational meaning of impredicative Type Theories”.
- University of Indiana**, Bloomington, U.S.A. (Computer Sci. Dept.; hôte: M. Wand),  
 Septembre 1981: “The Lambda-calculus : its syntax, its semantics and how they relate”.
- Yale University**, New Haven, U.S.A. (Mathematics Dept.; hôte: A. Macintyre),  
 Septembre 1981: “An introduction to the model-theory of lambda calculus”.



- E.T.H.**, Zurich, C.H. (Math.-Comp. Sci.; hôte: E. Engeler), Octobre 1982: “Some connections between lambda-calculus models and computability in abstract structures”.
- Oberwolfach Forschungsinstitut**, R.F.T. (Organizers: Felscher, Schwichtenberg), Avril 1983: “Relative gödel-numberings and recursion theory in higher types”.
- Universita’ di Padova** (Ist. Matematico; hôte: R. Ferro), Mai 1983: “Informatica e Matematica: metodi di indipendenza in problemi combinatori”.
- Universität Dortmund**, R.F.T. (Leh. Informatik; hôte: E. Börger), Avril 1984: “Analytic methods in Computer Science”.
- University of Maryland**, U.S.A. (Workshop on Semantics, Special Year in Logic and Computer Science; organizers: K. Lopez-Escobar, C. Smith), Octobre 1984: “Provable isomorphisms, invertible terms and continuous models”.
- Imperial College**, London, G.B. (Computer Sci. Dept.; hôte: S. Abramski), Avril 1985: “Solvable domain equations in all models of typed and second order lambda-calculus”.
- University of Edinburgh**, G.B. (Computer Sci. Dept.; hôte: G. Plotkin), Avril 1985: *same as at the Imperial College*.
- Carnegie Mellon University**, U.S.A. (Computer Sci. Dept.; hôte: D.S. Scott), Novembre 1985: “Categories and models of various lambda-calculi”;  
Juin 1986 (hôte: R. Statman): “From Gödel-numberings to higher types and higher order”.  
Octobre 1987 (hôte: D.S. Scott): “Some aspects of impredicativity”.
- Stanford University**, U.S.A. (CSLI; hôte: J. Meseguer), Novembre 1985: *same as at M.I.T. (Octobre 1985)*;  
Janvier 1988 (Mathematics Dept.; hôte: S. Feferman): “Modest Models and Motivations of impredicative Type Theories”.
- Banach Mathematical Center**, Warsaw (hôte: H. Rasiowa), Decembre 1985:  
1) *voir article [31]*;  
2) “The higher-type Banach-Mazur functionals in recursion theory”.
- Paris VII**, Paris (L.T.I.P.; hôte: P.L. Curien), Janvier 1986: 1) *same as at M.I.T. (Octobre 1985)* ; 2) “Modèles sans types pour les calculs d’ordre supérieur”. (Equipe de Logique; hôte: J.Y. Girard) Janvier 1987: “Calculabilité sur les domaines de Scott et sur les espaces cohérents”. (Equipe de Logique; hôte: C. Berline) Janvier 1995: “Paramétricité, Théorème de Généricité et Soustypage”.
- Chalmers University**, Göteborg (Programming Methodology Group; hôte: B. Nordstrom), Septembre 1986: “Models for explicit polymorphism in Functional Languages”  
Juin 1987 (delivered in Mastrand, *Workshop on Logic of Programming*): *same as at M.I.T. (Juillet 1987)* .
- Pennsylvania State University** (Math. Dept.; *Mid-Atlantic Mathematical Logic Seminar*; hôte: S. Simpson), Decembre 1987: “The Curry-Howard ‘Types-as-Formulas’ analogy and the Models of Combinatory Logic”.
- University of Pennsylvania**, Philadelphia (Computer Sci.; hôte: V. B.-Tannen), Mai 1988: *same as Stanford, Janvier 1988*.
- Université de Marseille** (Fac. Science Luminy; hôte: G. Blanc and A. Preller), Avril 1990: “The categorical meaning of various lambda-calculi: from type-free to higher order”.
- I.N.R.I.A.**, Rocquencourt -Paris (hôte: J.J. Levy), Decembre 1989: “Quest: polymorphism and subtyping”;  
Février - Mai 1990 seminaires ébdomadares organizés (et parfois présentés) par J.Y. Girard, G. Huet and G. Longo.

- DEC-PRL**, Digital - Paris Research Lab., Rueil-Malmaison (hôte: H. Aitkaci), Juin 1990: “An introduction to Quest: its types and its semantics”.
- IIIème Réunion CE - Jumelage** ”Typed lambda-calculus”, Paris, Jan. 1991: “Type Theory and Object Oriented Programming”.
- Universita’ di Milano** (dip. di Informatica; hôte: N. Sabadini), Janvier 1992: “Tipi, categorie e calcoli”.
- Universita’ di Napoli** (dip. di Fisica Teorica; hôte: G. Trotteur), Avril 1993: “Logica, rappresentazioni mentali ed Informatica”.
- Stanford Research Institute** (SRI, Computer Science; hôte: Workshop of the American Jumelage “Lambda”), Octobre 1993: “Invariant and Effective Polymorphism”.
- Ière Réunion, NSF - Esprit Workshop on “Functional and Object Oriented Programming”**, Stanford University, Octobre 1993: “Overloading as Message passing”.
- Ière Réunion “Lambda-calcul” CHM (CE) Projet “Typed lambda-calculus”**, Univers. de Rome, Novembre 1993: “Computations in Theories and Models”.
- Académie des Sciences de Chine**, Pekin (Dept. of Comp. Sci.; hôte: Wong Ju), Avril 1994: “Types, Categories and Functional Languages” + “Overloading in a functional frame”.
- JiaoTong University** Shanghai, Chine (Dept. of Comp. Sci.; hôte: Sun Yong), Avril 1994: “Recent advances in Type Theories”.
- CNRS et I.N.R.I.A. Lorraine**, Nancy (CRIN; hôte: R. Amadio), Juin 1994: “Théories équationnelles du lambda-calcul et leur sémantique”.
- LMD, CNRS**, Marseille (hôte: J.Y. Girard; réunion CHM, Typed Lambda), Novembre 1994: “A (linear) Logic for Subtyping”.
- Institut Henri Poincaré**, Paris (hôte: J. Petitot), Janvier 1995: “De la théorie de la Démonstrations aux Programmes et aux Morphismes”.
- Informatika, Katholic Universitaat**, Nijmegen (hôte: H. Barendregt), Janvier 1995: “Polymorphism and the functional behaviour of terms applied to types: universality properties and subtyping”.
- CNR, Roma** (Istituto di Psicologia, hôte: D. Parisi), Février 1995: “Memoria e Matematica”.
- Universita’ di Rome I** (Dip. di Informatica, hôte: R. DeNicola), Février 1995: “Impredicativita’: teorie, semantica e risultati recenti in Teoria dei Tipi”.  
Novembre 1995 (Dip. di Matematica, hôte: M. Fattorosi): “Sulle dimostrazioni di Teoremi indimostrabili”.  
(Dip. di Informatica, hôte: C. Boehm), Avril 1996: “Applicazioni ed osservazioni sul Cut-elimination”.
- Universidad de Vina del Mar, Chile** (Escuela de Ingenieria, hôte: E. Perez Santi), Avril 1995: I. “Logic and Computer Science: from cloks to Proof Theory” and II. “Impredicativity: the general notion and some recent consequences in Type-Theory”.
- Universidad de Chile**, Santiago (Depto. de Ciencias de la Computacion, hôte: R. Baeza-Yates), Avril 1995: “Proofs and programs: an introductory survey”.
- City University of N.Y.**, New York (Dept of Computer Sci.; hôte: R. Parikh), Juin 1995: I. “Categories, programs and impredicative definitions” and II. “Reflections on Logic and Cognition”.
- University of Warsaw**, Warsaw (Dept of Computer Sci.; hôte: J. Tiuryn), Juillet 1995: “Recent results in constructive proofs and categories”.
- ENST**, Paris, Septembre 1995: “Types et Objets pour le polymorphisme”.
- Universita’ di Torino** (HCM meeting, hôte: S. Ronchi), Novembre 1995: “On the regularity of generic proofs”.

- ENS de Lyon** (hôte: C. Paulin-Mohring), Mars 1996: "Le Polymorphisme dans les langages fonctionnels".
- ENS, Jourdan**, Paris (hôte: D. Dubois), Mai 1996: "Invariants et Notations en Mathématiques".
- Centro Fiorentino per la Filosofia della Scienza**, Florence (hôte: A. Cantini), Octobre 1996: "Logica e Tempo in Informatica" (voir [121]).
- EHES**, Paris (CAMS; hôte: J.-P. Desclés), Juin 1996: "Types Intuitionnistes et Structures Géométriques".  
Mai 1997 (hôte: J. Petitot): "Imprédictivité et Théorie des Types: enjeu logique et résultats récents".
- Instituto Superior Tecnico**, Lisboa, PORTUGAL (Dep. de Matematica; hôte: A. Sernadas): "Proofs, morphisms and programs: a survey", 12 February, 1998.
- Universita' di Bologna** (Dip. di Informatica; hôte: A. Asperti): "Circoli vizioni: dalla logica ai sistemi dinamici", 20 Febbraio, 1998.
- Collège de France**, Paris (LPPA; hôte: A. Berthoz): "Réflexions sur les fondements cognitifs de la géométrie", 24 Mars, 1998.
- Laboratoire des Maths Discrètes**, CNRS, Marseille (Colloque HCM "Types"; coordinateur: I.Y. Girard): "From Logical circularities to Mathematical expressiveness. Impredicativity and dynamical systems", 10 Avril, 1998.
- Universita di Roma I**, Roma (Informatica, Scienze; hôte: C. Boehm): "Circolarita' ed Impredicativita' in Logica ed in Matematica: dalla Teoria dei Domini a quella dei Sistemi Dinamici. 21 Aprile, 1998.
- Universita' di Roma II**, Roma (Dip. di Filosofia; hôte: A. Carsetti): "Logica e tempo in Informatica", 19 Maggio; "Infinito e dimostrazioni in Aritmetica", 21 Maggio 1998.
- Brandeis University**, Boston (Department of Computer Science; hôte: H. Mairson): "Computability in Dynamical Systems via Domain Theory", June 25, 1998.
- Conference on "Operations, Sets and Types"**. Invited lecture: "Vicious circles: in Logic and in Mathematics", Castiglioncello (It.), 3-6 Octobre, 1998.
- Universita' di Pisa**, Pisa (Dip. di Informatica; hôte: G. Levi): "Topologie e geometria in Informatica", 26 Ottobre, 1998.
- Pontificia Universitas Lateranensis**, (Centro di Studi Fenomenologici; hôte: A. Ales Bello): "Formalismi ed incompletezza, oggi, dopo Friedman e Girard: riflessioni di un matematico applicato, a partire delle osservazioni di Weyl (Il Continuo, 1918; La Simmetria, 1953), Wittgenstein (1928-36) ed Husserl (Le Origini della Geometria, 1936)", 28 Novembre, 1998.
- Workshop on "Methodology in Cognitive Sciences"**, lecture on "Mathematical invariance and coding-dependence in Logic and Computer Science, an issue in knowledge representation", Fondation des Treilles, Nice, 7 - 13 Decembre, 1998.
- Primo Incontro Annuale del Progetto Cofinanziato "Tecniche formali per la specifica, l'analisi, la verifica, la sintesi e la trasformazione di sistemi software"**. Conferenziere straniero invitato: "Circolarita' ed equazioni, invarianza e geometria, dalla Teoria dei Tipi ad altri aspetti dell'Informatica", Roma, 21 - 23 Decembre 1998.
- Universita' di Genova**, Genova (Dipartimento di Matematica; hôte: P. Boero): "Assiomatizzazione e deduzione: dalla lettura degli assiomi di Euclide al teorema di Kruskal-Friedman (FFF)"; Comune: "La resistibile ascesa della metafora: il cervello e' un calcolatore digitale", 11 et 12 Mars, 1999.
- Colloque "L'existence en Mathématiques"**. Conférence invitée: "Existence, coherence et constructions mathématiques possibles", Paris, 27 Mars 1999.

- EHES**, Paris, Seminaire "Histoires des Géométries" (hôte: D. Flement). Exposé: "Les limites du formalisme: l'intelligibilité géométrique de l'espace", 10 Mai 1999.
- University of Kyoto**, Japan (Computer Sci. Dept., Workshop on Proof-checking; hôte: S. Hayashi): "Impredicativity: the general notion and some recent consequences in Type-Theory", 15 May 1999.
- University of Keio**, Tokyo, Japan (Philosophy Dept., hôte: M. Okada): "Categories, types and programs, in the context of mathematical knowledge" and "Some remarks of Husserl's and Wittgenstein's and the understanding of recent incompleteness results in Proof-Theory.", 18 and 19 May 1999.
- Tokyo Inst. of Technology**, Japan (Computer Sci. Dept, hôte: M. Takahashi): "On the proofs of unprovable theorems.", 20 May 1999.
- Scuola "Matematica e Musica"**: "Costruzioni di mondi sonori". Conferenza invitata: "Costruzioni nello spazio e nel tempo, in Logica ed in Informatica", Maratea, 29 - 31 Agosto 1999.
- Colloque "Le réel en Mathématiques"**. Conférence invitée: "Objectivité et construction en Mathématiques", Cérisy, 3 - 10 Septembre 1999.
- The **1999 meeting of the British Logic Colloquium**. Invited lecture: "Prototype Proofs and Genericity in Type Theories", Swansea, Wales, September 23-25, 1999.
- Universita' di Bologna**, Bologna (Dipartimento di Matematica ed Informatica; hôte: A. Asperti): "Sulle dimostrazioni dei teoremi indimostrabili", 27 Settembre, 1999.
- III scuola estiva di Logica**, AILA-SILFS: "Circolarita' logiche ed espressivita' matematica" Cesena, Italie, 28-30 Settembre, 1999.
- Centro di Filosofia della Scienza**, Firenze: "I fondamenti della matematica e la metafora: il cervello e' un calcolatore digitale (II)", 5 Novembre, 1999.
- Colloque "Le rationalisme: science et philosophie en France et en Italie"**, Istituto Italiano per gli Studi Filosofici, Napoli: "Il costituirsi del "piano fenomenale" in Matematica, con la Matematica", 10 - 11 Dicembre, 1999.
- Universita' di Torino**, Torino (Dipartimento di Informatica; hôte: M. Dezani): "Riflessioni sull'incompletezza: risultati recenti", 20 Dicembre, 1999.
- University of Lisbon**, Lisboa (Department of Informatics; hôte: V. Vasconcelos): "Continuous Structures in Computer Science: from domain equations to computations in dynamical systems", Jan. 9, 2000.
- Universita' di Roma III**, Roma (Dipartimenti di Filosofia e di Matematica; hôte: M. Abrusci): "L'intelligibilita' geometrica dello spazio ed i fondamenti della conoscenza (matematica)", 7 Febbraio, 2000.
- Universita' di Roma I**, Roma (Dipartimento di Informatica; hôte: A. Labella): "Incompletezze "concrete" in Aritmetica: dall'induzione formale al problema del carico induttivo", 7 Marzo, 2000.
- Colloque "Epistemologia aperta e filosofia della mente"**, Catania (Istituto di Studi Filosofici ed Epistemologici): "L'epistemologia della matematica e la filosofia della mente, fra geometria e linguaggi.", 3 e 4 Aprile, 2000.
- Istituto Italiano di Cultura**, Paris: "Il costituirsi dei concetti di numero e di spazio nella prassi della matematica", 12 Aprile, 2000.
- Collège de France**, Paris (Atelier Espace, hôte: M. Denis): "Les fondements cognitifs des mathématiques, entre espace et langage", 17 Avril, 2000.
- Olimpiadi Nazionali di Matematica**, Cesenatico, It.: "Concetti e Deduzioni in Matematica", 6 Maggio, 2000.
- Imperial College**, London (Departement of Computing; hôte: A. Edalat) "The geometric intelligibility of space and the foundation of mathematical knowledge", May 10, 2000.

- Université de Paris VII**, Paris (Equipe de Logique; hôte: P. Ressayre): "Le problème mathématique de l'espace et les fondements des mathématiques", 15 Mai, 2000.
- Colloque "Language and Cognition"**, Roma (Universita' di Roma II): "Is Language the only ground for Mathematical Knowledge?", 18 - 20 Maggio, 2000.
- Colloque "Mathématiques 2000: Mathématiques, calcul, ordinateurs"**, Paris (ENS): "The Difference between Diderot's clocks, Turing machines and concurrent systems", 24 mai, 2000.
- Université de Paris VII**, Paris (Labo. Preuves, Programmes et Systèmes; hôte: P.L. Curien, A Bucciarelli): "Réflexions sur les incomplétudes "concrètes" de l'Arithmétique et les preuves prototypes", 8 Juin, 2000.
- Colloque "Conoscenza e cognizione"**, Firenze (It.): "Sulla natura della logica", 7 Novembre, 2000.
- Colloque "Geometria, intuizione ed esperienza"**, Castiglioncello (It.): "Concetti matematici ed oggetti della fisica", 1 e 2 Dicembre, 2000.
- Journées d'épistémologie (physique, logique, mathématiques)**, I H P, Paris : "Principes de preuve et principes de construction: la notion de preuve, en mathématiques, est-elle recursive?", 5 et 6 Décembre, 2000.
- Annual Conference TYPES'2000**. Invited lecture: "Formal unprovability of provable properties of numbers and prototype proofs in Type Theory", Durham, UK, December 8 - 12, 2000.
- INRIA**, Roquencourt (Colloquium; hôte: M. Kern): "Des fondements mathématiques possibles pour la prochaine machine", 16 Janvier, 2001.
- Colloque Mathematics and Cognition**, University of Rome II: "Mathematics, intentionality and meaning", February 9 and 10, 2001.
- Universita' di Rome I**, Rome (Dip. di Filosofia, hôte: C. Cellucci) : "I fondamenti della Matematica, le macchine, il cervello", 15 Febbraio, 2001.
- Séminaire Heidelberg-Nancy-Strasbourg**, Nancy (hôte: P. Nabonnand): "Le problème de l'espace, les fondements des mathématiques et l'informatique", 30 Mars, 2001.
- Universita' dell'Aquila**, Aquila, It. (Dip. di Informatica, hôte: B. Intrigila) : "Codifiche e calcoli: alcune differenze fra gli "orologi" di Diderot, le Macchine di Turing ed il cervello", 9 Aprile 2001.
- Colloque "The categorial researches: Husserl's Logic"**, (Archives Husserl, ENS, Paris): "From the "genealogy of concepts" (Riemann) to the "epistemological elucidation" (Husserl) in the foundations of Mathematics, today", April 27 - 28, 2001.
- Cambridge University**, Cambridge, GB (Computer Science Dept., hôte: A. Pitts): "On the formal unprovability of some provable properties of numbers", May 17, 2001.
- Journée "Le concept de modèle interne en neurosciences"**, Collège de France, Paris : "Représentations de l'espace et du temps en mathématiques et en physique, leur rôle en cognition", 15 Juin, 2001.
- Colloque "En honneur de Gilles CHATELET"**, Paris : "La métaphore et le geste dans la preuve: relire l'incomplétude mathématique des formalismes avec Gilles Chatelet, au-delà de la Gödelite", 27-29 June, 2001.
- AMS/SMF Meeting** (*American Mathematical Society / Société Mathématique de France*), Lyon: "Foundations of mathematics: some challenges in the interaction with other sciences", July 17-20, 2001.
- Colloque international "Géométrie au vingtième siècle : 1930-2000"**, Institut Henri Poincaré, Paris: "Les fondements géométriques du calcul et de la logique; les fondements cognitifs de la géométrie", 24 - 29 septembre 2001.

- Colloque international "The Mathematics of Ennio De Giorgi"**, Scuola Normale Superiore, Pisa: "Concepts and conjectures vs axioms and proofs: reflections and results on and from De Giorgi's foundational approach". October 24 - 27, 2001.
- Queen Mary and Westfield College**, London (Computer Science Dept., hôte: E. Robinson): "Unprovability and Prototype Proofs in Type Theory", January 18, 2002.
- Universita' di Pisa**, Pisa (Dip. di Informatica., hôte : G. Ghelli): "Indimostrabilità "concreta" in Aritmetica e "giudizi geometrici"", 19 Febbraio, 2002.
- Colloque international **Cognition, Meaning and Complexity. Self-Organization in Cognitive Systems**, Université' de Rome II, Rome: "Complexity as the nesting and interaction of levels of organization", 14-15 June, 2002.
- Colloque international **The cognitive foundations of mathematics** (Epistemology and Cognition as foundational issues in Mathematics), Villa Mirafiori, Univ. Roma I, Rome: "Naturalizing Mathematics: the cognitive roots of Mathematics' constructed effectiveness", 9 - 10 September, 2002.
- Colloque **Giulio Preti a trent'anni dalla scomparsa**, Castello Pasquini, Castiglioncello (LI) : "Rationality, computations and forms: a critique of a scientific experience/ Razionalità, calcoli e forme: riflessioni su una esperienza scientifica", 17-19 ottobre 2002.
- University of Nijmegen**, Nijmegen, The Netherlands (Mathematics and Computer Science Depts., hôte : H. Barendregt): "Forms, Complexity and Information in some Natural Phenomena", December 9, 2002.
- ENS**, Paris (Séminaire "Formes Symboliques"; hôte: J. Lass 'egue): "Abstraction, symbolisme et rigueur : l'objectivité construite des Mathématiques", Salle des Actes 16h - 19h, 17 Décembre, 2002.
- Incontro Annuale del **Progetto Cofinanziato "CoMeta - Computational Metamodels"**. Conferenziere straniero invitato: "Al di là' della codifica: un quadro concettuale per l'informazione e la complessità nei fenomeni naturali", Venezia, 19 - 21 Dicembre 2002.
- Universita' di Milano**, Milano, (Dip. di Filosofia, hôte : R. Fabbrichesi-Leo): "Fondamenti delle Matematica e filosofia delle scienze naturali", 27 Gennaio 2003.
- Tata Institute of Fundamental Research**, Bombay, INDIA (School of Tech and Computer Science, host : R. Shyamasundar): Lecture I: "Reflections on concrete incompleteness". Lecture II: "Foundations of Mathematics and Philosophy of Natural Sciences", February 20 and 21, 2003.
- International Conference on Theoretical Neurobiology**, National Brain Research Centre, New Delhi, INDIA, invited lecture: "A conceptual frame for Complexity, Information and Causality", February 24-26, 2003.
- Indian Institute of Technology**, Delhi, INDIA (Dept. of Computer Science, host : S. Prasad): Lecture I: "Some topologies for computations." Lecture II: "Physical Space and Time and the Foundations of Mathematics", February 27, 2003.
- Ministero degli Affari Esteri e CNR: convegno degli scienziati italiani all'estero**, Roma, : "Riflessioni sulla diaspora scientifica italiana", 10-12 Marzo 2003.
- ENS**, Paris (Laboratoire "La Pensée des Sciences"; hôte: C. Alunni): "Catégories et dynamiques de la pensée : l'importance d'un cadre conceptuel ouvert et quelques applications spécifiques", 26 Mars, 2003.
- Centro Enriques ed Università di Pisa**, Livorno, "Matematica e scienze della natura, a partire da Enriques", 4 Aprile 2003.
- Workshop: **Mathématique, Informatique, Philosophie**, Univ. Paris VII et Paris I, Paris : "Discret vs. continu mathématiques et causalité physique",

24 - 26 Avril, 2003.

**Universita' di Pisa**, International School of Graduate Studies, Pisa: "Intelligibility of Space, the Continuum and Theories of Knowledge", May 9, 2003.

**Université de Marne la Vallée**, (Dépts. de Mathématiques et d'Informatique; hôte: M. Cannone) , Marne la Vallée: "Le rôle de l'espace dans les fondements des mathématiques et de l'informatique", May 27, 2003.

Conference on **Cognition, Meaning and Reality**, Rome, invited lecture: "Mathematical structuring of causality", June 6-7, 2003.

**European Software Engineering Conference and ACM SIGSOFT Symposium**, Helsinki, Finland, invited lecture: "Complexity as nesting and interaction of organization levels in some natural phenomena", September 1-5, 2003.

Journée **Intrications philosophie - sciences de la nature**, ENS, Paris: "La philosophie des mathématiques : de la scholastique platonisme/formalisme une composante d'une philosophie de la nature", 24 octobre, 2003.

**University of Sao Paulo**, Brasil, (Dept. of Computer Science, hôte : M. Finger): "A cognitive investigation of concrete incompleteness", 3 November 2004.

**University of Campinas**, Brasil, (Center for Logic and Cognition, hôte : W. Carnielli): "Some aspects of information and complexity in natural phenomena", 5 November 2004.

**University of Rio de Janeiro**, Brasil, (Dept. of Computer Science, hôte : I. de Castro Dutra): "On the formal unprovability of some provable properties of numbers", 10 November 2004.

**Ramifications of Category Theory**, a Workshop in honour of W. Lawvere, Universita' di Firenze: "Categories against the absolute: relativising constructions and "l'esprit de géométrie"", 18-23 November, 2003.

Incontro Annuale del Progetto Cofinanziato **CoMeta - Computational Meta-models**. Conferenziere straniero invitato: "Computer Modelling and Imitation in Natural Sciences", Udine, 15 - 18 Dicembre 2003.

**King's College, London**, (Computer Science Dept., hôte : T. Maibaum): "Computational vs continuous models and causal relations", January 28, 2004.

Incontro Annuale di **Didattica della Matematica**. Conferenziere invitato: "Linguaggio e gesto: dai fondamenti alla cognizione", Pisa, 5 - 6 Febbraio, 2004.

**Universita' di Milano**, Milano, (Dipartimento di Filosofia, hôte : C. Sini): 1 - "L'incompletezza concreta dei formalismi logici ed il senso nel segno (matematico)"; 2- "Determinazione fisica e formalismi logici: da Laplace a Turing, passando per Poincare' (cenni ad una artificialita' incompleta)", 10 - 11 Marzo, 2004.

Journée **Intéret de la notion de symétrie : comme paradigme interdisciplinaire** , conférence invitée: "Symétries et structures causales", Paris, 18 Mars, 2004.

**Universita' di Roma I**, Roma, (Dipartimento di Matematica, hôte : C. Berardi): "Fondamenti della matematica, fra processi cognitivi e filosofia della natura", 4 Maggio, 2004.

Journées sur la **Philosophie de la Nature : les mathématiques, la physique et la biologie en question** , conférence invitée: "Niveaux d'organisation et relations causales en science de la nature", Paris, 13-14 Mai, 2004.

Conference on **Computing and Philosophy**, invited lecture: "Computer imitation and mathematical understanding", Pavia, Italie, 3 - 5 June, 2004.

Colloque **Détermination et complexité**: "Aléas, déterminisme et programmes: les enjeux du continu vs. le discret mathématique", Cérisy, Fr., 22 - 29 Juin, 2004.

Conference on **Dynamic Ontology: an enquire into systems, levels of reality and causality**, invited lecture: "The structures of causality and computer

- vs. mathematical modelling”, Trento, Italie, 8 - 12 September, 2004.
- Colloque **Non-linéarité, irréversibilité et complexité**, conférence invitée: “Complexité structurelle: le continu vs. le discret”, Paris EHESS, 7-8 octobre, 2004.
- Conférence **Alan M. Turing, pour le cinquantenaire de sa mort**, conférence invitée : ”De la difficulté de se mettre dans la peau d’un ordinateur: la Machine et le Vivant”, Metz, 15 octobre, 2004.
- Convegno **Alan Mathison Turing. L’uomo, la macchina, l’enigma**, conférence invitée : ”Dalla catastrofe della scrittura alla ”Discrete State Machine”: espressività e limiti del tagliare il mondo con l’accetta”, Milano, 3 - 4 Novembre, 2004.
- Imperial College**, London, (Computer Science Dept., host : A. Edalat): ”Continuous vs discrete dynamics; some history, some concepts, one theorem”, January 26, 2005.
- XXII incontro della **Associazione Italiana di Logica e sue Applicazioni (AILA)**, conferenza di apertura: ”Dai fondamenti della matematica alle scienze della natura: l’importanza dei risultati negativi.” Pisa, 10 - 13 Febbraio, 2005.
- Workshop on ”**Theoretical Biology**”, at the National Brain Research Centre, New Delhi, INDIA, invited lecture: ”From local physical criticality to the extended criticality of life”, February 14 - 15, 2005.
- Journée sur **La preuve et le raisonnement : visualization et structures**, REHSEIS - CNRS, Paris, (organisateur : M. Panza): ”Intuition et construction en mathématique”, 14 Mars, 2005.
- Università’ La Sapienza**, Roma, (Dip. di Informatica, ospite: S. Guerrini): ”Calcolabilità e dinamiche: predittibilità vs. decidibilità”, 18 Marzo, 2005.
- Colloque **Le logique et le biologique**, Paris, conférence invitée : ”L’originalité de nos formalismes laplaciens vs. la criticité dynamique du vivant”, 22 avril 2005.
- Colloque **A partir de l’Origine de la géométrie de Husserl**, Paris, conférence invitée : ”Fondements des mathématiques: arithmétique vs géométrie, les enjeux pour une philosophie des sciences de la nature”, 14 mai 2005.
- Colloque **La preuve mathématique : logique, histoire, philosophie**, Lille, invitation au débat: ”L’incomplétude mathématique des formalismes et la complexité intrinsèque de la preuve”, 24 - 28 mai 2005.
- Ecole **Mathématiques et cerveau**, Paris, coordination et introduction au débat: ”Mathématiques, cognition et espace”, 14 juin 2005.
- Colloque **Intelligence de la complexité : science et pragmatique**, Cerisy, conférence invitée : ”Complexité critique : le discret vs. le continu mathématiques”, 23 - 30 juin 2005.
- Laboratoire de Génomique Fonctionnelle** (CNRS et Université Pierre et Marie Curie, hôte: C. Auffray), Villejuif : ”L’incomplétude causale du paradigme du programme génétique et la singularité physique du vivant”, 29 septembre, 2005.
- Colloque **Turing, Goedel et Von Neumann: entre logique et biologie**, Nice, conférence invitée : ”Turing et Goedel au milieu du gué : de la détermination laplacienne vers la morphogénèse et le sens”, 9 - 10 novembre 2005.
- Laboratoire de Neurosciences Cognitives** (LENA, CNRS et la Salpêtrière, hôte: S. Baillet), Paris : ”Imitations et modèles : le cerveau à la Turing et la situation critique du vivant”, 28 novembre, 2005.
- Leiden University**, Leiden (NL), (Biology Dept., host : H. van Mill): ”Extended critical situations: physical causality vs. singularity and autonomy of life”, January 10, 2006.



- Università di Siena**, Siena, (Dip di Matematica, host : A. Ursini): "Da Poincaré a Turing: l'impredittibilità dei sistemi dinamici e l'indcidibilità computazionale sono nozioni correlate?", 20 Febbraio, 2006.
- Convegno sul **Rilievo culturale della Matematica**, Accademia di Livorno e centro F. Enriques, Livorno, conferenza su: "Fondamenti della matematica, fra processi cognitivi e filosofia della natura, a partire da Enriques", 23 - 25 Marzo 2006.
- Conference **Logic, Models and Computer Science**, Camerino, invited lecture: "Physical Determination, Unpredictability and Undecidability in Critical Processes", 20 - 22 April 2006.
- ENS**, Paris, **Séminaire interdisciplinaire: La passerelle des Arts** : "Dynamiques de pensée en mathématiques: principes de preuve vs. principes de construction", Salle des Actes, 10h, le 29 avril 2006.
- ENS**, Paris **Séminaire "Formes Symboliques**; hôte: J. Lassègue : "Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant", au 45, salle des Résistants, 14h - 17h, 2 mai 2006.
- EHESS, Paris, Journée **Interfaces géométrie, physique et biologie** : "Géométrie du temps biologique", 8 juin 2006.
- Università di Torino**, Torino, (Dip di Informatica, host : M. Dezani): "Correlazioni fra impredittibilità dinamica ed indecidibilità: alcuni concetti, a partire da Poincaré, ed alcuni risultati recenti su dinamiche unidimensionali", 23 Giugno, 2006.
- Colloque/Ecole **Logique et Interaction: vers une géométrie du cognitif**, Cerisy-la-salle : "Structures causales et géométrie du temps biologique", 19-26 septembre 2006.
- Convegno di **Neurofenomenologia**, Milano: "Processi cognitivi e la ragionevole efficacia della Matematica", 4 Ottobre, 2006.
- Convegno franco-italiano: **Continuo e discreto**, Gargnano (Milano, It.) : "La determinazione fisica ed il continuo matematico (discussione)", 5 - 7 Ottobre, 2006.
- Université de Orsay**, Orsay, (Dept d'Informatique, Grand Séminaire): "Que nous dit l'ordinateur du monde : entre informatique et sciences de la nature", 11 Octobre, 2006.
- Università di Pisa**, Pisa, (Lezione Galileana): "Dall'informatica alla biologia: la singolarità fisica del vivente", 25 Octobre, 2006.
- Colloque : **Federico Enriques et la science européenne**, Paris : "Principes de construction entre arithmétique et géométrie", 8 décembre 2006.
- Colloque de biologie théorique : **A quoi sert la modélisation ?**, Centre Cavallès, Paris : "Imitations, modèles, schèmes", 23 janvier, 2007.
- Université de Nice**, Nice, (Séminaire interdept., hôte : J. Kouneiher): "La question de la modélisation et la singularité physique du vivant", 6 février, 2007.
- Athens University**, Athens, (Graduate Program in Logic, host : C. Dimitracopoulos): "Undecidability in Logic vs dynamical unpredictability", 19 February, 2007.
- Conference: **Mathematics and Truth: Fundamental Issues in Logical Research**, Pisa: "From Logic to the Natural Sciences: knowledge constructions and mathematical models", March 28, 2007.
- Conference: **Deduction, Computation, Experiment. Exploring the notion of proof and model**, Bologna: "Processes as Deductions and Programs, a successful paradigm for Computing, a misleading metaphor in Molecular Biology", April 3-4, 2007.
- Journée : **Schématiser la constitution de l'espace (et du temps)**, Collège de France, Paris: "Schèmes spatiaux du temps, continuité temporelle de l'espace", 5 Avril 2007.

- Journée : "Epistémologie et mathématiques des systèmes complexes", CREA, Paris : "De la critique des principes physico-mathématiques aux changements de regard et d'espace des phases en biologie", 5 juin, 2007.
- Colloque : **La question des enchevêtrements hiérarchiques, en mathématiques et en biologie.**, Nice : "Différences et analogies entre autoréférences logiques et enchevêtrements-bouclages causaux chez le vivant", 7-8 juin, 2007.
- France Culture: **Présentation du livre avec Francis Bailly**, Radiofrance, Paris: "Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant", 14 juin, 2007.
- Conference: **From Type Theory to Morphological Complexity: A Colloquium in Honor of Giuseppe Longo**, CNAM, Paris: "From exact sciences to life phenomena: a few concluding remarks on Bohr and Schringer", June 28-29, 2007.
- The 2007 meeting: **ISHPS Studies in Biology**, Exeter (GB): "From the "DNA is a Program" paradigm towards the role of randomness and extended criticality in Biology", July 25 - 29, 2007.
- Simposio: **Fondamenti delle Scienze: settorializzazione e unitarietà della conoscenza**, Arcidosso: "Critica dei principi delle scienze esatte e riflessioni teoriche in biologia", 6-8 settembre, 2007.
- France Culture: **Au tour de la notion de modèle, mathématique vs. informatique**, Radiofrance, Paris: 14h, 13 septembre, 2007.
- Conference: **Types and Computations**, Roma: "Symmetries in Foundations", October 3, 2007.
- Rencontre publique: **La révolution numérique : écriture, monnaie, information**, Palazzo Farnese, Ambassade de France, Roma : "L'ordinateur et les sciences de la nature/La macchina digitale e le scienze della Natura", 5 octobre, 2007.
- Conference: **Logica e...**, Pisa: "La Logica, i Programmi ed il DNA", 19 Ottobre, 2007.
- Conference: **Neurophysiological memory: time and space**, Strasbourg: "Geometric schemes for retention, protension and biological rhythms over physical time", October 23, 2007.
- Dipartimento di Informatica**, Univ. Firenze, (Séminaire interdept., hôte : R. De Nicola): "Il DNA e' un programma?", 11h 30, il 25 Ottobre, 2007.
- Conference: **Logica e...**, Pisa: "La Logica, i Programmi ed il DNA", 26 Ottobre, 2007.
- Rehseis**, Paris, : "Poincaré, Goedel et l'ADN : questions de détermination et de formalismes", 17h, le 20 novembre, 2007.
- Centre Cavallès**, ENS, Paris, : "Critique de la raison physico-mathématique en sciences du vivant. Quelques extensions théoriques du physico-mathématique", 13h 30, le 21 novembre, 2007.
- Convegno: **Il filosofo e le pratiche scientifiche**, Milano: "L'elementare complesso e l'etica della conoscenza", 5 Dicembre, 2007.
- Colloque 2007 du **Groupe "Logique et Interaction: vers une géométrie du cognitif**, Roma: "Poincaré, Goedel et l'ADN", 13-16 Dicembre, 2007.
- Conference: **Type Theory, Lambda Calculus and Life**, Neijmegen (NL): "DNA, differential methods and the Boehm-out technique". (Personal attendance cancelled, but text in the proceedings).
- Centre de Mathématiques Appliquées**, EHESS (hôte : H. Berestycki), Paris, : "Quelques résultats négatifs, l'incomplétude et la modélisation " (avec T. Paul), salle 214, 15-18h, le 22 janvier, 2008.
- Convegno: **La vita come fenomeno globale multilivello: origini, emergenze, evoluzioni**, Bergamo (It.): "La singolarità fisica del vivente, entropia negativa e criticità estesa ", 27 febbraio, 2008.

- Dipartimento di Filosofia**, Università di Pavia (hôte : L. Magnani), Pavia, :  
 "L'importanza dei risultati negativi. Comparazioni inter-teoriche di grandi programmi scientifici errati.", 3 Aprile, 2008.
- Colloque: **La thèse de Church hier, aujourd'hui, demain**, Paris : "L'arithmétique vs. l'enjeu du mobile et de la mesure", 11 avril, 2008.
- Dipartimento di Filosofia**, Università di Roma I (hôte : E. Gagliasso), Roma, :  
 "I miti alfabetici della logica e del programma, in cognizione e biologia", 14h, 21 Aprile, 2008.
- Colloque: **Enchevêtrements et action du temps dans les systèmes vivants**, Nice : "L'organisation comme anti-entropie et la double irréversibilité du temps biologique", 4-6 juin, 2008.
- Workshop : **XXVIIIème Séminaire de la Société Francophone de Biologie Théorique**, Saint-Flour (Cantal, France) : "Géométrie du temps biologique", 8-11 juin, 2008.
- Conference: **Values and Logic in I. Royce**, Opole (Poland): "The role of order, relational invariants and infinity in modern foundations of Mathematics: some reflections following Royce", June 24-28, 2008.
- Colloque: **Temps Long. De la physique aux sciences humaines**, ENS, Paris : "L'aléatoire à temps court, long et infini", 25-26 septembre, 2008.
- Colloque: **Négation, Dualité, Polarité** du Groupe LIGC, Carry le Rouet (Marseille) : "Antinomies et polarités dans les analyses de l'état vivant de la matière", 16-19 octobre 2008.
- Colloque international: **Science, épistémologie, société**, Venezia : "L'activité du vivant dans l'espace: des fondements cognitifs des mathématiques aux dynamiques biologiques", 29-31 octobre, 2008.
- Colloque : **Maladies multifactorielles et état de santé qui les précède : comprendre l'interface, challenge de la médecine préventive du 21e siècle**, Paris : "Organisme/organes : schèmes abstraits d'intégration/régulation dans un état critique étendu", 15-16 novembre, 2008.
- Convegno : **Metafore del vivente**, Roma : "L'informazione in Biologia: dal modello matematico al fascino discreto della metafora" (Abstract in English: info-bio11-08.pdf), 27-29 novembre, 2008.
- 35th International Conference on: **Current Trends in Theory and Practice of Computer Science**, Spindleruv mlyn (Czech Republic): "Randomness and determination in Computing and Physics. Some reflections on Biology.", January 24-30, 2009.
- 19 World Conference on: **Proof and Proving in Mathematics Education**, Taipei (Taiwan): "The constructed objectivity of Mathematics and its cognitive roots", May 10-15, 2009.
- Convegno sul: **Naturalismo e antinaturalismo**, Firenze (It): "Dall'alfabeto al senso: verso i fondamenti cognitivi della matematica e verso una matematica dello stato vivente della materia", 28-29 Maggio, 2009.
- Convegno: **Quale scienza per quale società?**, Palazzo Ducale, Lucca (It), sezione Pensare la scienza: "La scienza di fronte al limite: l'importanza scientifica, etica e politica dei risultati negativi", 25-26 giugno 2009.
- The 2009 meeting: **ISHPS Studies in Biology**, Brisbane (Australia): "Complexity and Evolution, an analysis in terms of Entropy production", July 12 - 16, 2009.
- Second Workshop on: **Informatic Phenomena, Information beyond Informatics**, New Orleans (USA): "Information in Biology : metaphor or model? Anti-entropy and a model of phenotypic complexity along Evolution", October 5 - 9, 2009.
- School of Engineering and Applied Sciences, Harvard University**, Boston,

- USA (host: D. Weitz): “Building bridges: from the Mathematics of Information to Biological Organization”, at 14h, October 14, 2009.
- Baxter Lectures 2006-2009: **1809-2009. Il futuro di Darwin**, Pisa, It.: “Complessità degli organismi, Evoluzione delle specie ed ... equazione di Schroedinger”, 27 e 28 Novembre, 2009.
- Conférence: **Visualisation et mathématisation**, Université de Liège, Be.: “Voir les mathématiques, des fondements aux applications”, 3 et 4 décembre, 2009.
- Convegno: **Nature, Selection and Biology**, Firenze, It.: “La singolarità fisica dello stato vivente della materia”, 4-8 dicembre, 2009.
- Ceperc, CNRS, Aix en Provence** (host: P.-A. Miquel): “Criticité étendue et cycles biologiques”, 16 décembre, 2009.
- Institut d’Etudes Avancées**, Nantes (host: A. Supiot ): “Penser et prouver en mathématiques et en physique. Et en biologie?”, 9 février, 2010.
- Convegno in **memoria di: Aldo Gargani**, Pisa: “La critica dei fondamenti e le correlazioni fra saperi scientifici”, 2 marzo, 2010.
- Conference in **honor of: Erwin Engeler’s 80th birthday**, the Swiss Logic Society, Berne, Switzerland: “From Logic to Randomness and Organization, as Anti-entropy, in Darwin’s Evolution”, March 4-5, 2010.
- Interviews:
- 1 - **Radio, France Culture : La place de la Toile**, le 12/3/10, de 11h    12h (seul intervenant) : “Internet, logique et finance” (audio t  l  charg  able de la page de l’auteur).
  - 2 - **Bulletin of European Assoc. Theoretical Computer Science**, April 2010: Interview by Cristian Calude.
- Ecole Interdisciplinaire de biologie**, Berder, Fr.: “L’information et ses théories, de Turing    Chaitin. Et en biologie?”, 29 mars - 2 avril, 2010.
- Conference: **Models of Cognition**, Roma, It.: ”“Protension and biological rhythms”, May 14 - 15, 2010.
- Philmath Intersem 2010**, Paris (host: M. Detlefsen): “Symmetries and principles of constructions, from Mathematics towards Biology”, March 11, 2010.
- Summer School: **Biology and Cognition**, San Sebastian, Spain: “Biological and Cognitive Times”, June 22 - 26, 2010.
- Conference: **Computability in Europe**, Ponta Delgada (Azores), Portugal: “Incomputability in Physics and in Biology”, June 30 - July 5, 2010.
- Conference: **11th International Symposium on Frontiers of Fundamental Physics**, Paris: “Some Mathematics for Biological Theories: Randomness and Organisation, as Anti-entropy, in Darwin’s Evolution”, July 6-9, 2010.
- Journée: **Simplicit   – complexité du vivant** (au tour du livre de A. Berthoz), Collège de France, Paris: “La complexité du temps et la simplicité de l’action protensive du vivant”, 28 septembre, 2010.
- Seul National University**, Seul, Korea (host: Sh. Kim); Series of lectures on: “The physical singularity of life phenomena; the construction of biological theories at the “limit” of physical theories”, November 1-7, 2010.

## 5 Publications

### Livres

- [1] Andrea Asperti and Giuseppe Longo. *Categories, Types and Structures*. M.I.T.-Press, 1991. (pp. 1–300).
- [2] Francis Bailly and Giuseppe Longo. *Mathématiques et sciences de la nature. La singularité physique du vivant*. Hermann, Paris, 2006. (pp. 1-280); in English: Imperial College/World Sci. Press, 2011.

### Édition d'ouvrages collectifs

- [3] Gabriele Lolli, Giuseppe Longo, and Annalisa Marcja, editors. *Logic Colloquium '82*. North-Holland, 1984. Studies in Logic and the Foundations of Mathematics n. 112 (pp. 1–358).
- [4] Giuseppe Longo and Andy Pitts, editors. *Selected papers of the 5th biennial meeting on Category Theory and Computer Science '93*. Cambridge University Press, 1995. MSCS 5 (4).
- [5] Mariangiola Dezani, Giuseppe Longo, and John Seldin, editors. *Lambda-calculus and Logic*. Cambridge University Press, 1999. Volume in honour of Roger Hindley, MSCS 9 (4).
- [6] Giuseppe Longo, editor. *On Computer Science*. 1999. Special issue of the *Monist*, Journal in Philosophy of Science, vol. 82, n. 1.
- [7] Luca Aceto, Giuseppe Longo, and Bjorn Victor, editors. *The difference between Sequential and Concurrent Computations*. Cambridge University Press, 2003. Two special issues of MSCS, 13 (4 and 5).
- [8] Giuseppe Longo and Phil Scott, editors. *New Programs and open problems in the Foundations of Mathematics*. ASL, 2003. Special issue of the *Bulletin of Symbolic Logic*, ASL, vol. 9, n. 2.
- [9] Giuseppe Longo, editor. *Géométrie et Cognition*. Albin-Michel, 2004. Numéro spécial de la *Revue de Synthèse*, n.1.
- [10] G. Longo M. Okada P. Grialou, editor. *Images and Reasoning*. Keio University Press, Keio, Japan, 2005.

### Articles invités

- [11] Giuseppe Longo. The new role of mathematical logic as a tool for computer science. *Information Sciences*, 57-58:23–29, 1991. Invited paper. (Version préliminaire: Conférence invitée, “International Conference on Problems of Logic and Philosophy of Science, today”, Viareggio, Jan. 1990).
- [12] Giuseppe Longo, Kathleen Milsted, and Sergei Soloviev. The Genericity Theorem and effective Parametricity in Polymorphic lambda-calculus. *Theoretical Computer Science*, 121:323–349, 1993. Invited Paper, special issue of T.C.S. “A Collection of contributions in honour of C. Böhm” (Version préliminaire: IEEE Conference on Logic in Computer Science (LICS 93), pp. 1-6, Montreal, Jan. 1993).

- [13] Giuseppe Longo. Parametric and type-dependent polymorphism. *Fundamenta Informaticae*, 22(1-2):69–92, 1995. Invited paper, special issue on “Categorical Methods in C.S.”.
- [14] Giuseppe Longo. Géométrie, Mouvement et Espace. *Intellectica*, 25:195–218, 1997. Article invité, à partir du livre “Le sens du mouvement”, par A. Berthoz, Odile-Jacob, 1997.
- [15] Giuseppe Longo. Logique et Informatique. In *Encyclopédie de Philosophie et Histoire des Sciences*, pages 586–590. Press Universitaire de France, 1999.
- [16] Giuseppe Longo. The Mathematical Continuum, from Intuition to Logic. In *Naturalizing Phenomenology: issues in contemporary Phenomenology and Cognitive Science (section on Mathematics and Formal Methods)*, 1999. Invited Paper, (Petitot et al eds.) Stanford University Press.
- [17] Giuseppe Longo. Mathematical intelligence, infinity and machines: beyond the Goedelitis. *Journal of Consciousness Studies*, 6(11-12):191–214, 1999. Invited paper, special issue on Cognition. A preliminary french version of this paper appeared in *Revue de Synthèse*, n. 1 (pp. 111-138), January 1999.
- [18] Giuseppe Longo. The Constructed Objectivity of Mathematics and the Cognitive Subject. In M. Mugur Schacter et al., editor, *Proposals in Epistemology. On Quantum Mechanics, Mathematics and Cognition*, pages 433–463. Kluwer, 2002. Invited Paper.
- [19] Giuseppe Longo. The reasonable effectiveness of Mathematics and its Cognitive roots. In *New Interactions of Mathematics with Natural Sciences*. 2002. Invited paper (L. Boi, editor), Springer, to appear.
- [20] Giuseppe Longo. Proofs and Programs. *Synthese, Kluwer*, 134(1-2):85–117, January-February 2003. Invited paper.
- [21] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Space, time and cognition. from the standpoint of mathematics and natural science. In *Causality and Mind*, pages 149–199. Benjamins, 2004. Invited Paper, (A. Peruzzi ed.); version française: *Revue de Synthèse*, Paris, n. 1, 2004.
- [22] Giuseppe Longo. Discreto e continuo, fra matematica ed informatica. In C. Cappuccio, editor, *Discreto e continuo*, pages 16–19, 2007. *Dedalus*, vol. speciale 2, n.2, rivista di Filosofia delle Scienze.
- [23] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Phenomenology of incompleteness: from formal deductions to Mathematics and Physics. In R. Lupacchini et al., editor, *Deduction, Computation, Experiment*, pages 243–272. Springer, 2008.
- [24] Mathieu Hoyrup, Arda Kolcak, and Giuseppe Longo. Computability and the morphological complexity of some dynamics on continuous domains. *Theoretical Computer Science*, 398(1-3):170–182, 2008.
- [25] Giuseppe Longo. Laplace, Turing and the “imitation game” impossible geometry: randomness, determinism and programs in Turing’s test. In G. Roberts R. Epstein, editor, *Parsing the Turing Test*, pages 377–413. Springer, 2008.
- [26] Giuseppe Longo and Thierry Paul. The mathematics of computing between Logic and Physics. In B. Cooper et al., editor, *Computability in Context: Computation and Logic in the Real World*. Imperial College Press/World Scientific, 2008.

- [27] Giuseppe Longo. Critique of computational reason in the natural sciences. In E. Gelenbe, editor, *Fundamental Concepts in Computer Science*. Imperial College Press/World Scientific, 43-70, 2009.
- [28] Giuseppe Longo. Incompletezza. In C. Bartocci, editor, *La Matematica*. Einaudi, 2010. (Volume traduit en France pour les Editions du CNRS, 2011).

### Conférences invitées

- [29] Giuseppe Longo. Continuous structures and analytic methods in computer science. In Courcelle, editor, *Ninth Colloquium on Trees in Algebra and Programming (CAAP 84)*, pages 1–22. Cambridge University Press, 1984. Invited Lecture.
- [30] Giuseppe Longo. Limits, higher type computability and type free languages. In Chytil and Koubek, editors, *Mathematical Foundation of Computer Science (MFCS 84)*, LNCS 176, pages 96–114. Springer-Verlag, 1984. Invited Lecture.
- [31] Andrea Asperti and Giuseppe Longo. Categories of partial morphisms and the relation between type-structures. In *Mathematical Problems in Computation Theory*, pages 21–45. Banach Center Publications, 1987. Longo’s Invited Lecture. (Version préliminaire: Proceedings of CAAP 86, LNCS 214, Springer-Verlag, 1986 (pp.266-287)).
- [32] Giuseppe Longo. From Numbered Sets to Type Theories. *Rendiconti del Seminario matematico di Torino*, Fasc. speciale:41–73, 1987. Invited Lecture at “Logic and Computer Science: new trends and applications”, Torino, October 1986.
- [33] Giuseppe Longo. On Church’s formal theory of functions and functionals. *Annals of Pure and Applied Logic*, 40:93–133, 1988. Invited Lecture at “Church’s Thesis after 50 years”, Zeiss (NL), Juin 1986.
- [34] Giuseppe Longo. Coherence and valid isomorphisms in closed categories, abstract. In Pitt et al., editor, *Category Theory and Computer Science (CT&CS 89)*, LNCS 389, pages 1–4. Springer-Verlag, 1989. Invited Lecture.
- [35] Giuseppe Longo. Some aspects of impredicativity: Weyl’s philosophy of mathematics and today’s Type Theory. In Ebbinghaus et al., editor, *Logic Colloquium 87 (European Summer Meeting of the A.S.L.)*, pages 241–274. North-Holland, 1989. Invited Lecture.
- [36] Roberto DiCosmo and Giuseppe Longo. Constructively equivalent propositions and isomorphisms of objects (or terms as natural transformations). In Moschovakis, editor, *Logic from Computer Science at M.S.R.I., Berkeley, November 1989*, pages 73–94. Springer-Verlag, 1991. Longo’s Invited Lecture.
- [37] Kim Bruce, Roberto Di Cosmo, and Giuseppe Longo. Provable isomorphisms of types. *Mathematical Structures in Computer Science*, 2(2):231–247, 1992. Special issue: Proceedings of the “Symposium on Symbolic Computation”, E.T.H. Zuerich, March 1990. Longo’s Invited Lecture.
- [38] Giuseppe Longo, Giuseppe Castagna, and Giorgio Ghelli. Overloaded functions with subtyping. In Winskell, editor, *Categorical Logic in Computer Science*, pages 139–160. DAIMI, Aarhus, 1992. Invited Lecture. (Version définitive: les deux articles avec Castagna et Ghelli).

- [39] Giuseppe Longo. Types as Parameters. In Gaudel and Jouannaud, editors, *TAPSOFT '93: Theory and Practice of Software development, LNCS 668*, pages 658–671. Springer-Verlag, 1993. Invited Lecture.
- [40] Giuseppe Longo. Reflections on formalism and reductionism in logic and computer science. In A. Joseph et al., editor, *European Conference of Mathematics 92*, pages 202–209. Birkhauser, 1994. Invited Lecture, ECM 1992, Paris.
- [41] Gang Chen and Giuseppe Longo. Subtyping parametric and dependent types. 1999. Longo’s Invited Lecture, School on “Type Theory and Term Rewriting”, September, 1996, Glasgow.
- [42] Giuseppe Longo. The difference between Clocks and Turing Machines. In A. Carsetti, editor, *Functional Models of Cognition*, pages 211–232. Reidel, 1999. Conférence invitée au Congrès “Models of Cognition and Complexity Theory”, Roma.
- [43] Giuseppe Longo. Principes de construction et principes de preuve: au sujet du théorème de Kruskal-Friedman. In Carsetti, editor, *Logiche e Metodi di rappresentazione*, pages 25–46. La Nuova Critica, 33, 1999. Invited Lecture, Conference on “Mathematical constructions, inductive procedures and semantics”, Rome.
- [44] Giuseppe Longo. Cercles vicieux, Mathématiques et formalisations logiques. *Mathématiques, Informatique et Sciences Humaines*, 152:5–26, 2000. Texte revu d’une Conférence invitée, Colloque “Logiques et sciences humaines - nouveaux aspects”, Paris, Juin 1997.
- [45] Giuseppe Longo. Mathematics and the biological phenomena. In Basti et al., editor, *Foundations in Mathematical and Natural Sciences*, pages 330–354. Pontificia Universitas Lateranensis, Mursia, 2001. Invited Lecture, Vatican City, November, 1998.
- [46] Giuseppe Longo. Mémoire et objectivité en Mathématique. 2001. Conférence invitée aux actes du Colloque “Le réel en mathématiques”, Septembre 1999, Cérisy.
- [47] Giuseppe Longo. Space and Time in the foundations of Mathematics, or some challenges in the interactions with other sciences. 2001. Invited Lecture, First American Mathematical Society/SMF Conference, Lyon, July 2001. Revised and submitted for publication. (Version française : *Intellectica*, 2003/1-2, n 36-37.).
- [48] Giuseppe Longo. On the proofs of some formally unprovable propositions and Prototype Proofs in Type Theory. In Z. Luo et al., editor, *Types'00 at Durham*, pages 160–180. LNCS vol. 2277, Springer, 2002. Invited Lecture at the Type Theory Conference, Durham (G.B.).
- [49] Giuseppe Longo. Computer Modelling and Natural Phenomena. In P. Inverard, editor, *European Software Engineering Conference and ACM SIGSOFT Symposium*, pages 1–5, New York, 2003. ACM Proceedings. Invited Lecture, Helsinki, Finland, September 1-5 , 2003.
- [50] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Incomplétude et incertitude en mathématiques et en physique. In Scarantino Parrini, editor, *Il pensiero filosofico di Giulio Preti*, pages 305–340. Guerrini ed associati, 2004.
- [51] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Objective and Epistemic Complexity in Biology. In N. D. Singh, editor, *International Conference on Theoretical Neurobiology*, pages 62–79, 2004. Invited Lecture, National Brain Research Centre, New Delhi, INDIA , 2003.



- [52] Giuseppe Longo. Some Topologies for Computations. In Flament et al., editor, *Actes de "Géométrie au XX siècle"*, pages 377–399. Hermann, 2005.
- [53] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Randomness and determination in the interplay between the continuum and the discrete. In T. Paul, editor, *3-bodies, classical-quantum, discrete-continuum*, pages 289–307. Special issue, MSCS vol. 17, n.2, Cambridge U. Press, 2007.
- [54] Boris Saulnier and Giuseppe Longo. Complexité et structures conceptuelles. In J. Le Moigne, editor, *Intelligence de la complexité*. Colloque de Cerisy, Editions de l'aube, Paris, 2007.
- [55] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Causes and symmetries. the continuum and the discrete in mathematical modelling. In G. Giorello, editor, *More Geometrico*. Elsevier, 2008. A preliminary french version was a conférence invitée, aux Actes du Colloque "Logique et interaction: pour une géométrie de la cognition?(J. B. Joinet ed.), Presses Universitaires de la Sorbonne, 2008.
- [56] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Geometric schemes for biological time. In J. Boniface, editor, *Logique du vivant*. Vrin, Paris, 2008. version en français, texte d'une conférence invitée au colloque international "Episodic memory and time in neurophysiology", Strasbourg, October, 2007.
- [57] Giuseppe Longo. From exact sciences to life phenomena: following Schrödinger on Programs, Life and Causality. In *Information and Computation, Longo's conference special issue, 2007*, pages 545–558, 2009. Concluding lecture at "From Type Theory to Morphological Complexity: A Colloquium in Honor of Giuseppe Longo's 60th birthday". Version préliminaire, en français, dans "Explication, modélisation et simulation en Biologie" (Barberousse et al. dir.) n. spécial de "Matière première", n. 3/2008, éd. Syllepse, Paris.
- [58] Giuseppe Longo. Randomness and determination, from physics and computing towards biology. In M. Nielsen, editor, *International Conference on Current Trends in Theory and Practice of Computer Science*, pages 49–61. Spindleruv mlyn (Czech Republic), January 24-30, 2009, LNCS 5404, Springer, 2009.
- [59] Giuseppe Longo. Incomputability in physics and in biology. In B. Lowe et al., editor, *Computability in Europe*. Azorres, Portugal, June 2010, LNCS 6158, Springer, 2010.
- [60] Giuseppe Longo. Theorems as constructive visions. In de Villiers G. Hanna, editor, *ICMI 19 conference on Proof and Proving*. Taipei, Taiwan, May 10 - 15, 2009, Springer, 2010.

#### Articles dans des revues internationales avec comité de lecture

- [61] Giuseppe Longo and Marisa Venturini-Zilli. Complexity of theorem-proving procedures: some general properties. *Revue française d'Automatique Informatique et Recherche Operationelle (R.A.I.R.O.) (serie rouge de Math.: Informatique Théorique)*, (3):5–18, 1974.
- [62] Giuseppe Longo. On the problem of deciding equalities in Theories of Objects and in a formal system. *Studia Logica*, 35(4):335–348, 1976.
- [63] Piero Ferrari and Giuseppe Longo. Axiomatic Theory of Enumeration: a note on the axiom of extensionality. *Studia Logica*, 37(3):261–268, 1978.

- [64] Giuseppe Longo. Ricorsivita' nei tipi superiori: un'introduzione alle caratterizzazioni di Ershov ed Hyland. *Rendiconti del Seminario Matematico di Torino*, 37(2):1–29, 1979.
- [65] Henk Barendregt and Giuseppe Longo. Equality of lambda-terms in the model T-omega. *To H.B. Curry: essays in Combinatory Logic, Lambda Calculus and Formalism*, pages 303–337, 1980. Volume of essays, refereed as for a journal.
- [66] Roger Hindley and Giuseppe Longo. Lambda-calculus models and extensionality. *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik*, 26(2):289–310, 1980. Abstract: *Journal of Symbolic Logic* n. 2, vol. 45, 1980 (p. 392), *Proceedings of the Logic Colloquium 78*, Mons, 1978.
- [67] Giuseppe Longo and Marisa Venturini-Zilli. A lambda-delta-calculus with an algorithmic delta. *Zeitschrift für Mathematische Logik und Grundlagen der Mathematik*, 26(2):289–310, 1980. Abstract: *Journal of Symbolic Logic* n. 2, vol. 42, 1977 (pp. 458–459), *Proceedings of the Logic Colloquium 76*, Oxford, 1976.
- [68] Susana Berestovoy and Giuseppe Longo. Il risultato di Paris-Harrington per l'aritmetica di Peano: una dimostrazione con il metodo degli indicatori. *Modelli del Lambda-calcolo e della Aritmetica di Peano (Quaderni dei Gruppi di Ricerca in Matematica del CNR)*, pages 75–95, 1981. Monograph, refereed as for a journal.
- [69] Henk Barendregt and Giuseppe Longo. Recursion theoretic operators and morphisms of numbered sets. *Fundamenta Mathematicae*, (119):49–62, 1982. (Version préliminaire: M.I.T. report, Lab. for Computer Science Tech. Mon. 194).
- [70] Giuseppe Longo. Set-theoretical models of lambda-calculus: Theories, expansions, isomorphisms. *Annals of Pure and Applied Logic*, 24:153–188, 1983.
- [71] Kim Bruce and Giuseppe Longo. On combinatory algebras and their expansions. *Theoretical Computer Science*, 31(1-2):31–40, 1984.
- [72] Paola Giannini and Giuseppe Longo. Effectively given domains and lambda-calculus semantics. *Information and Control*, 62(1):36–63, 1984.
- [73] Giuseppe Longo and Eugenio Moggi. The Hereditary Partial Recursive Functionals and recursion theory in higher types. *Journal of Symbolic Logic*, 49(4):1319–1332, 1984.
- [74] Giuseppe Longo and Simone Martini. Computability in higher types, P-omega and the completeness of type assignment. *Theoretical Computer Science*, 2-3(46):197–218, 1986. (Version préliminaire: Symposium on “Theoretical Aspects of Computer Science” (STACS 84), Paris 1984 (Fontet, Mehlhorn eds.) LNCS 166, Springer-Verlag, 1984 (pp. 186–197)).
- [75] Kim Bruce and Giuseppe Longo. A modest model of records, inheritance and bounded quantification. *Information and Computation*, 87(1-2):196–240, 1990. (Version préliminaire: 3rd IEEE Conference on Logic in Computer Science (LICS 88), Edinburgh, July 1988, (pp. 38 - 50)).
- [76] Giuseppe Longo and Eugenio Moggi. A category-theoretic characterization of functional completeness. *Theoretical Computer Science*, 70(2):193–211, 1990.
- [77] Luca Cardelli and Giuseppe Longo. A semantic basis for Quest. *Journal of Functional Programming*, 1(4):417–458, 1991. (Version préliminaire: ACM Conference on LISP and Functional Programming, pp. 30–44, Nice, Juin 1990).

- [78] Giuseppe Longo and Eugenio Moggi. Constructive natural deduction and its “omega-set” interpretation. *Mathematical Structures in Computer Science*, 1(2):215–253, 1991.
- [79] Giuseppe Castagna, Giorgio Ghelli, and Giuseppe Longo. A calculus for overloaded functions with subtyping. *Information and Computation*, 117(1):115–135, February 1995. (Version prélim.: ACM Conference on LISP and Functional Programming, pp.182-192, San Francisco, 1993).
- [80] Giuseppe Longo. Prototype Proofs in Type Theory. *Mathematical Logic Quarterly (formerly: Zeitschrift f. Math. Logik und Grundlagen der Math.)*, 46(3), 2000.
- [81] Giuseppe Longo, Kathleen Milsted, and Sergei Soloviev. Coherence and Transitivity of Subtyping as Entailment. *Journal of Logic and Computation*, 10(4):493–526, 2000.
- [82] Giuseppe Longo. Savoir critique et savoir positif: l’importance des résultats négatifs. *Intellectica*, 40(1):15–26, February 2005.
- [83] Giuseppe Longo and P.-E. Tendero. The differential method and the causal incompleteness of Programming Theory in Molecular Biology. *Foundations of Science*, 12:337–366, 2007. Version française dans “Evolution des concepts fondateurs de la biologie du XXIe siècle” (P. A. Miquel ed.), DeBoeck, Paris, 2007.
- [84] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Extended Critical Situations. *Journal of Biological Systems*, 16(2):309–336, 2008. Version préliminaire en français dans Détermination et complexité (Bourguine ed.), La Découverte, Paris, 2007.
- [85] Francis Bailly and Giuseppe Longo. Biological Organization and Anti-entropy. *Journal of Biological Systems*, 17(1):63–96, 2009.
- [86] G. Longo, M. Mossio, and J. Stewart. Computability of closure to efficient causation. *Journal of Theoretical Biology*, 257(3):489–498, 2009.
- [87] Francis Bailly, Giuseppe Longo, and Maël Montévil. A 2-dimensional geometry for biological time. *Progress in Biophysics and Molecular Biology*, 2011. to appear.
- [88] Giuseppe Longo and Maël Montévil. Protention and retention in biological systems. *submitted*.

**Communication dans des conférences internationales avec comité de lecture**

(Les versions préliminaires de [11], [12], [31], [66], [67], [74], [75], [77], [79], ne sont pas incluses dans cette liste)

- [89] Giuseppe Longo. Towards an abstract analysis of time progression during computation. In *International Computing Symposium*, pages 496–504, 1972. (Partly also in: SIGACT News of A.C.M. , n. 12, 1971 (pp. 14-24)).
- [90] Giuseppe Longo and Marisa Venturini-Zilli. Theory of computation with an identity discriminator. In Michelson and Milner, editors, *Automata Languages and Programming (ICALP 76)*, pages 147–167. Edinburgh University Press, 1976.
- [91] Mario Coppo, Mariangiola Dezani, and Giuseppe Longo. Applicative information systems and recursive domain equations. In Ausiello and Protasi, editors, *Colloquium on Trees in Algebra and Programming (CAAP 83) LNCS 159*, pages 35–64. Springer-Verlag, 1983.

- [92] Mario Coppo, Mariangiola Dezani, Furio Honsell, and Giuseppe Longo. Extended type structures and filter lambda models. In Lolli, Longo, and Marcja, editors, *Logic Colloquium 82*, pages 241–262. North-Holland, 1984. Studies in Logic 112, Amsterdam.
- [93] Giuseppe Longo and Eugenio Moggi. Cartesian closed categories of enumerations for effective type structures. In Khan, MacQueen, and Plotkin, editors, *Semantics of Data Types LNCS 173*, pages 235–247. Springer-Verlag, 1984.
- [94] Kim Bruce and Giuseppe Longo. Provable isomorphisms and domain equations in models of typed languages. In *Proceedings, 1985 A.C.M. Symposium on Theory of Computing (STOC 85) Providence*, pages 263–272. ACM, 1985.
- [95] Roberto Amadio, Kim Bruce, and Giuseppe Longo. The finitary projection model for second order lambda calculus and the solutions to higher order domain equations. In *First IEEE Conference on Logic in Computer Science (LICS 86) Boston*, pages 122–130. IEEE, 1986.
- [96] Roberto Amadio and Giuseppe Longo. Type-free compiling of types as parameters. In Wirsing, editor, *IFIP Conference on Formal Description of Programming Concepts III*, pages 377–398. North-Holland, 1987.
- [97] Giuseppe Castagna, Giorgio Ghelli, and Giuseppe Longo. A semantics for lambda&-early: a calculus with overloading and early binding. In *Typed Lambda-calculus and Applications, LNCS 664*, pages 107–123. Springer-Verlag, 1993.
- [98] Giuseppe Longo, Kathleen Milsted, and Sergei Soloviev. A Logic of Subtyping. In *Logic in Computer Science (LICS)*, pages 292–300. IEEE, 1995. San Diego, June 1995 (very preliminary version of [81]).
- [99] Thomas Fruchart and Giuseppe Longo. Carnap’s remarks on Impredicative Definitions and the Genericity Theorem. In Cantini et al., editor, *X International Conf. in Logic, Methodology and Philosophy of Science*, pages 41–56. Kluwer Academic Publishers, 1999.

### Miscellanea

- [100] Giuseppe Longo. Semantica dei sistemi formali: i modelli di Scott per il lambda-calcolo, seminari di informatica teorica. Pubblicazione I.A.C. - C.N.R., 1973. Roma (pp. 41-82).
- [101] Giuseppe Longo. I problemi di decisione e la loro complessità seminari di informatica teorica 2. Pubblicazione I.A.C. - C.N.R., 1974. Roma(pp. 87-108).
- [102] Giuseppe Longo. Prefazione a “Modelli del lambda-calcolo e dell’Aritmetica di Peano”. Quaderno dei Gruppi di Ricerca in Matematica del CNR, 1981.
- [103] Giuseppe Longo. Hereditary partial effective operators in any finite type. Forschungsinstitut für Mathematik E.T.H. Zuerich, 1982.
- [104] Giuseppe Longo. Ricorsività e continuità: un’introduzione. Atti degli Incontri di Logica Matematica, 1982.
- [105] Kim Bruce and Giuseppe Longo. An elementary approach to the solution of recursive domain equations, 1983. Williams College.
- [106] Mario Coppo, Mariangiola Dezani, Furio Honsell, and Giuseppe Longo. Applicative information systems. Nota Scientifica S-83-5, Università di Torino, 1983.

- [107] Giuseppe Longo. Logica ed Informatica: metodi di indipendenza in Informatica matematica. *Teoria*, 3(2):39–51, 1983.
- [108] Giuseppe Longo, Simone Martini, and Eugenio Moggi. Two results on recursive operators and hereditary partial functionals in any finite type. *Recursive Function Theory Newsletter*, 1983. n. 29 (April), #281.
- [109] Giuseppe Longo and Eugenio Moggi. Types, computations and categories. *International Congress on Logic and Philosophy of Science*, San Geminiano, 1983.
- [110] Kim Bruce and Giuseppe Longo. Domain equations and valid isomorphisms in all models of (higher order) languages. *Atti degli Incontri di Logica Matematica*, Siena, 1986.
- [111] Giuseppe Longo. The denotational meaning of impredicative type theories. *Proceedings of the Workshop on Logic of Programming*, Mastrand (Sweden), 1987. Invited Lecture.
- [112] Giuseppe Longo. Remarks on logic in mathematics and in computer science. *Logic Colloquium '88*, Ferro et al. (eds.), North Holland., 1988.
- [113] Giuseppe Longo. Review of Feferman's paper "Weyl vindicated, Das Continuum 70 years later". *Journal of Symbolic Logic*, vol 58, n. 3, 1993.
- [114] Giuseppe Longo. La dette publique et le système fiscal italien. *Alternatives Economiques*, n. 115, Mars 1994. pp. 14 - 18.
- [115] Giuseppe Longo. Review of Trakhtenbrot's paper "Comparing the Church and Turing approaches: two prophetic messages". *Journal of Symbolic Logic*, 1994. vol. 59, n. 4.
- [116] Giuseppe Longo. Sur l'Emergence de l'Objectivite' et de l'Universalite' en Mathematiques. *Intellectica*, 20(1), 1995.
- [117] Giuseppe Longo. Cerveau, nombres et bon ordre: à partir du livre "La Bosse des Maths", par S. Dehaene. *Revue de l'Association Henri Poincaré*, n. 6, pp. 6-16, juin, 1997.
- [118] Giuseppe Longo. Logica e modelli teorici della Biologia. *Sistemi Intelligenti*, (1):150–155, 1997.
- [119] Giuseppe Longo. Rigueur mathématique, Logique et Machines, 1997. Conférence invitée, actes du Colloque "Voir, Entendre, Calculer, Raisonner", La Villette, Paris.
- [120] Giuseppe Longo. La Razionalità e le Macchine, prefazione al libro "Logica ed Informatica" di A. Asperti e S. Ciabattoni, North-Holland, 1998.
- [121] Giuseppe Longo. Logica e Tempo in Informatica. *Atti del ciclo di seminari "La realtà ed i linguaggi: nuove frontiere della scienza"*, pages 63-93, 1999. Conférence invitée, Centro Fiorentino per la Filosofia della Scienza, Octobre 1996.
- [122] Giuseppe Longo. Est-ce que les calamars font de la géométrie? compte-rendu du livre "Les anatomies de la pensée", par A. Prochiantz, Odile Jacob, 1997. Ecrit pour Les Archives de Philosophie, 2001.
- [123] Giuseppe Longo. Laplace (a note on incompleteness). *MSCS*, Cambridge U.P., 2001. An item of J-Y. Girard's dictionary , at the end of "Locus Solum", vol.11, n.3.

- [124] Giuseppe Longo. Lo spazio, i fondamenti della matematica e la resistibile ascesa della metafora: il cervello e' un calcolatore digitale. In "L'uomo e le macchine", a cura di M. Bresciani Califano, Leo S. Olschki, Firenze, 2002. Conférence invitée, ciclo "Nuove frontiere della scienza", Centro Fiorentino per la Filosofia della Scienza.

#### Notes de cours

- [125] Giuseppe Longo. Teorie del primo ordine e calcolabilità effettiva. **Centro Stampa dell'Università di Pisa**, 1978. Appunti per il Corso di Logica Matematica (pp. 1 - 323).
- [126] Giuseppe Longo. From type structures to type theories. **Carnegie Mellon University**, 1988. Lecture Notes, Graduate Cours, AA 1987/88, Computer Sci. Dept. (pp.1 - 200).