

# IRN LI

## Proposition pour un IRN Logique et Interaction

Lionel Vaux Auclair (I2M, Aix Marseille Univ)  
Lorenzo Tortora de Falco (Università Roma Tre)

3 juillet 2024

### 1 Contexte scientifique

La thématique centrale de notre projet d'IRN est la logique vue à la fois comme sujet d'étude et comme véhicule de pollinisations croisées entre disciplines, au premier chef entre mathématiques et informatique : notamment, la correspondance de Curry-Howard entre les preuves formelles et les programmes établit un pont entre la théorie de la démonstration (issue du programme de Hilbert au début du XXe siècle) et la sémantique des langages de programmation (née dans les années 1960 avec l'essor de l'informatique).

Dans ce domaine, comme dans d'autres approches théoriques de la notion de calcul (algorithmique, calculabilité, complexité, *etc.*), le modèle prépondérant du processus de calcul vu comme entité isolée s'est ouvert à une compréhension plus interactive (de l'ordinateur au réseau d'agents, de l'algorithmique séquentielle à l'algorithmique parallèle, de la programmation fonctionnelle aux algèbres de processus, *etc.*).

Depuis plusieurs décennies, une vaste communauté scientifique s'est retrouvée dans le cadre de groupes de travail, de réseaux, de conférences, sur cette thématique « Logique et interaction ». Il s'agit principalement de chercheuses et chercheurs en mathématiques et en informatique, mais aussi de philosophes et de linguistes.

**Réseaux et évènements structurants.** Le noyau de la communauté est notamment représenté en France au sein des GT LHC (Logique, Homotopie, Catégories) et Scalp (Structures formelles pour le CALcul et les Preuves) du GDR IFM (Informatique Fondamentale et ses Mathématiques). Aux journées annuelles de ces GT s'ajoute le séminaire CHoCoLa organisé mensuellement à l'ÉNS Lyon.

En Italie, l'AILA (Associazione Italiana di Logica e sue Applicazioni) fédère les équipes de recherche en logique, et organise une école annuelle ainsi que des rencontres nationales à un rythme plus variable, tous les deux ou trois ans environ. La communauté d'informatique théorique italienne organise la rencontre annuelle ICTCS (Italian Conference on Theoretical Computer Science). Mentionnons aussi la SILFS (Società Italiana di Logica e Filosofia della

Scienza) qui promeut et soutient la logique principalement au sein de la communauté des philosophes italiens.

Une communauté plus large se retrouve dans de grands rendez-vous irréguliers mais récurrents au CIRM : les sessions thématiques Logique et Interactions en 2002, Géométrie du Calcul en 2006, et à nouveau Logique et Interactions en 2012 et 2022. Soulignons en particulier l'importance de la semaine d'école *Logique et transdisciplinarité* lors de l'édition 2022, qui a de fait réuni un public international et véritablement interdisciplinaire, avec une présence importante de collègues et étudiants italiens. Ce succès nous a fait mesurer à la fois la spécificité de la logique comme thème fédérateur à l'interface d'une variété de disciplines (mathématiques, informatique, philosophie, linguistique), et la pertinence de la collaboration franco-italienne pour la jeune génération.

Au niveau européen, on peut encore citer les conférences FSCD et CSL, ainsi que les rencontres TYPES, toutes pleinement du côté informatique théorique.

Mentionnons aussi l'ESSLLI (European Summer School in Logic, Language and Information), une école d'été européenne annuelle dont le champ thématique couvre logique, théorie du calcul et linguistique, avec un souci d'ouverture vers les aspects historiques et philosophiques.

Pris ensemble, ces réseaux et événements nous paraissent cerner assez fidèlement la communauté visée ainsi que l'esprit dans lequel cette proposition d'IRN est conçue. Afin d'en préciser encore les contours thématiques, on esquisse un panorama scientifique sommaire du domaine ci-dessous.

**Une brève histoire de la théorie de la démonstration.** La théorie de la démonstration est la partie de la logique qui étudie les preuves en tant qu'objets mathématiques. La naissance de cette branche de la logique est traditionnellement associée au nom de Hilbert, dont l'objectif initial était de résoudre la crise dite des fondements en représentant formellement le langage et le raisonnement mathématiques afin de prouver rigoureusement la cohérence, c'est-à-dire l'absence de contradiction, des mathématiques en tant que système de déduction.

La logique mathématique est rapidement apparue comme une formalisation adéquate, dans le sens où elle capturait fidèlement et complètement le discours mathématique. Malgré ce succès initial, le programme de Hilbert s'est fracassé contre le mur des théorèmes d'incomplétude de Gödel, qui ont montré que la cohérence d'une formalisation des mathématiques ne pouvait être établie par une preuve dans cette même formalisation.

Comme souvent en mathématiques, cette réponse négative a engendré de nouvelles idées, suscité l'élaboration de nouvelles techniques, posé de nouvelles questions. Grâce notamment aux contributions de Gentzen, Kleene et d'autres, la prouvabilité a cédé la place aux preuves et l'intérêt d'une partie importante de la communauté logicienne s'est résolument tourné vers la structure interne des preuves. Un système formel est ainsi défini par trois classes d'objets mathématiques : des formules qui représentent des phrases (affirmations, énoncés) ; des preuves qui représentent le raisonnement ; et l'élimination des coupures, introduite par Gentzen comme un processus de réécriture des preuves en *preuves normales*, c'est-à-dire des

preuves purement logiques, sans référence à des déclarations externes à la formule prouvée.

Une découverte majeure a été la relation forte, aujourd’hui connue sous le nom de *correspondance Curry-Howard*, entre les preuves formelles et les programmes : les preuves formelles dans un système logique approprié (tel que la déduction naturelle pour la logique intuitionniste) peuvent être considérées comme des programmes (ici des programmes purement fonctionnels, représentés par des  $\lambda$ -termes) ; et les formules sont considérées comme des types, c’est-à-dire des contraintes formelles décrivant abstraitement le comportement des programmes. En considérant une preuve comme un programme, la formule prouvée étant le type du programme, l’élimination des coupures est la sémantique opérationnelle qui définit le résultat du calcul. En particulier, des données tels que les entiers, les listes, *etc.*, peuvent être codés comme des preuves formelles ; et des opérations sur ces données, telles que les calculs sur les entiers, les manipulations de listes, *etc.*, peuvent être codées par d’autres preuves formelles ; et le résultat de ces opérations est obtenu en éliminant les coupures.

Cela a été le premier pas d’une ligne de travail toujours très active aujourd’hui, qui constitue une voie de communication majeure entre logique mathématique et informatique théorique,<sup>1</sup> mais qui mobilise aussi des liens avec la linguistique et la philosophie, deux disciplines dans lesquelles la logique tient également une place particulière.

**Logique linéaire.** Soulignons le cas de la *logique linéaire*, découverte par Girard à la fin des années 1980. La logique linéaire peut être vue du côté logique comme un système formel unifiant dans un seul cadre les symétries de la logique classique et les aspects constructifs de la logique intuitionniste, qui a longtemps été le système standard pour la correspondance Curry-Howard. Du côté des langages de programmation, la logique linéaire est un système de typage qui permet d’exprimer non seulement des contraintes d’entrée-sortie, mais aussi des contraintes sur l’utilisation des ressources (principalement l’utilisation de la mémoire). En particulier, la négation linéaire, un opérateur involutif comme la négation de la logique classique, est la contrepartie logique de la dualité entrée/sortie.

Dans des travaux ultérieurs, Girard a continué à explorer la logique du point de vue de l’interaction, notamment avec le programme de la Géométrie de l’Interaction, qui a connu de nombreuses itérations : dans chacune, la logique est reconstruite dans une sorte de mouvement inverse, définissant d’abord les preuves comme des objets qui interagissent correctement, puis les formules comme des ensembles de preuves partageant un comportement commun. L’idée de considérer l’interaction comme une notion primitive a été fructueusement appliquée à la linguistique, car elle fournit une sémantique formelle du dialogue. Elle a également eu un écho important en philosophie, ranimant le vieux dialogue entre mathématiciens et philosophes, notamment dans le cadre du groupe LIGC (Logique, interaction et géométrie de la cognition), très actif dans la décennie 2000-2010.

**Catégories et sémantique dénotationnelle.** Directement issue de la correspondance Curry-Howard, l’idée que les preuves pourraient être composées, tout comme les programmes

---

1. En complément des éléments ci-dessous, signalons la section 5.3.3 du volume 2 de la Synthèse nationale et de prospective sur les mathématiques du HCÉRES en 2022.

sont composés en alimentant la sortie de l'un à l'entrée de l'autre, explique l'utilisation intensive de la théorie des catégories, qui repose précisément sur la notion de composition, en logique. En effet, la théorie des catégories a de nombreuses applications en logique et en langages de programmation, car elle est apparue comme le cadre correct pour relier la logique et l'algèbre.

Les trois composants de base de la logique ont des contreparties exactes dans les catégories : les objets sont analogues aux formules, les morphismes aux preuves et la composition à l'élimination des coupures. Grâce à cette correspondance, la théorie des catégories a été largement utilisée, d'abord pour développer la *sémantique dénotationnelle* des preuves/programmes, qui vise à interpréter les programmes comme des fonctions ou morphismes, de manière compositionnelle. De nombreux travaux ont depuis tenté d'étendre cette approche aux mondes concurrent, probabiliste ou quantique par exemple, ces paradigmes appelant une fondation logique aussi forte que dans le cas déterministe. Cette quête continue de susciter des efforts importants, avec un intérêt récemment renouvelé par les applications à l'inférence bayésienne et à l'apprentissage automatique.

**Théorie des types.** La théorie des types est une approche des fondements des mathématiques qui s'inscrit dans la lignée du système de types initialement proposé par Russell comme une alternative à la théorie des ensembles. Dans sa version moderne, c'est essentiellement une forme richement typée de  $\lambda$ -calcul, exploitant intensivement la correspondance de Curry-Howard pour unifier raisonnement mathématique et raisonnement algorithmique. Elle est à la base des assistants de preuve tels que Coq.

Ces dernières années, le domaine a été fortement stimulé par la découverte due à Voevodsky que la théorie de l'homotopie fournissait un modèle (au sens dénotationnel) pour la théorie des types : un type (formule) peut être vu comme un espace topologique (un ensemble simplicial dans le modèle initial de Voevodsky), et l'égalité entre les objets comme une homotopie. En d'autres termes, la théorie des types est *le* langage formel de la théorie de l'homotopie. Ce travail a ouvert une nouvelle ligne de recherche et a notamment établi un lien entre les *structures de dimensions supérieures* utilisées en théorie de l'homotopie et la logique et les langages de programmation.

**Réécriture.** Un autre modèle de calcul important, lié à la fois à la théorie de la complexité et à la logique, est la réécriture. C'est en quelque sorte le modèle universel de calcul, car l'exécution de n'importe quelle machine (au sens, par exemple, des machines de Turing, du  $\lambda$ -calcul ou de l'architecture de von Neumann) peut être décrite comme une réécriture.

L'étude de la réécriture, motivée à l'origine par la résolution de problèmes tels que le problème du mot, a introduit l'idée importante d'utiliser des outils topologiques algébriques tels que l'homologie. Cela a à son tour ouvert la voie à la réécriture d'ordre supérieur : la réécriture bidimensionnelle en premier lieu, également connue sous le nom de réécriture diagrammatique, en quelque sorte inspirée par des artefacts tels que les diagrammes de Penrose, mais aussi par les réseaux de preuves de la logique linéaire.

**Linguistique.** Dans la sémantique formelle, une longue tradition, initiée par Montague dans les années 1970, a pour but d'automatiser l'association de formules logiques aux expressions en langue naturelle, afin de calculer une interprétation formelle non-ambigüe de ces dernières. Dans les *type-logical grammars*, développées à partir des travaux de Lambek, cette association se fait en exploitant la correspondance de Curry-Howard entre preuves logiques et dérivations de typage : à chaque expression simple (nom, verbe, pronom, *etc.*) on attribue un type logique, qui décrit la façon dont celle-ci peut s'associer avec d'autres expressions ; l'analyse d'une expression complexe (une phrase, un syntagme nominal, *etc.*) produit alors une dérivation de typage, ou en d'autres mots, une preuve logique, obtenue en composant chaque expression simple selon son type. Cette approche a profité fortement des outils issus des approches calculatoires dans la théorie de la preuve.

**Philosophie.** Le développement de la correspondance de Curry-Howard a eu, dès son apparition, une influence marquante sur la philosophie de la logique et du langage. Notamment, Prawitz, Dummett et Martin-Löf ont lancé dans les années 1970 le programme philosophique du *vérificationnisme*, visant à repenser les notions de sens et de compréhension du langage à partir d'une analyse fondée sur les outils venant de la théorie de démonstration et de ses aspects calculatoires. Ces dernières années, le point de vue vérificationniste a été repris et étendu au sein de la communauté des *proof-theoretic semantics*.

Girard lui-même a lancé à partir de 2011 un programme philosophique, centré sur ses résultats autour de la logique linéaire, visant à repenser le rôle du langage et de la connaissance dans la compréhension de ce que l'on considère comme proprement "logique". Plus récemment on constate aussi une nouvelle vague d'intérêt vers la logique linéaire, vue comme théorie formelle de l'interaction, dans la philosophie inférentialiste américaine (centrée autour des travaux de Brandom), dans le but de développer une théorie de la rationalité humaine entièrement fondée sur la capacité interactive et discursive des parlants.

**Un cas d'école.** Un développement emblématique de l'approche *preuves = programmes = morphismes* est la découverte du  $\lambda$ -calcul différentiel et de la logique linéaire différentielle au milieu des années 2000 par Ehrhard et Regnier. Ceux-ci matérialisent une intuition fondatrice de la logique linéaire : les formules peuvent être vues comme des espaces vectoriels topologiques, la négation linéaire correspond à l'espace vectoriel dual, et on peut voir les programmes non seulement comme des fonctions, mais comme des morphismes analytiques.

La notion de développement de Taylor des programmes qui en est issue a profondément renouvelé la théorie de l'approximation au cœur de la sémantique dénotationnelle, et ces travaux ont engendré des prolongements dans de nombreuses directions : une formalisation étonnamment efficace et éclairante de la différentiation en théorie des catégories, qui a percolé jusqu'en théorie de l'homotopie ; des modèles dénotationnels en dimension supérieure (bicatégoriques) de la logique et du calcul ; des modèles de calcul pour la programmation non-déterministe, probabiliste ou quantique ; *etc.* L'acuité des travaux initiaux d'Ehrhard et Regnier, et leur influence dans de nombreux domaines, leur a valu d'être tout récemment

récompensés par l'*Alonzo Church Award 2024*.<sup>2</sup>

Ce succès témoigne en particulier de l'intérêt de travaux en logique à l'interface entre disciplines : initiés dans un laboratoire de mathématiques, ils ont eu une influence certaine en théorie de la démonstration et en sémantique des langages de programmation, comme en théorie des catégories.

## 2 La collaboration franco-italienne

**Les origines.** Le début des années 1980 est marqué par un intense échange d'idées entre informaticiens et mathématiciens sur la correspondance preuves/programmes, chacune des deux communautés se rendant compte que les idées et méthodes de l'autre sont pertinentes pour son propre domaine de recherche. Des personnalités scientifiques de premier plan, parmi lesquelles on peut citer Samson Abramsky, Vito Michele Abrusci, Henk Barendregt, Corrado Böhm, Mario Coppo, Pierre-Louis Curien, Mariangiola Dezani, Jean-Yves Girard, Martin Hyland, Gérard Huet, Jean-Louis Krivine, Jean-Jacques Lévy, Giuseppe Longo, Per Martin-Löf, Gordon Plotkin, Simona Ronchi della Rocca, ont initié une coopération qui s'est traduite par plusieurs projets dans le cadre de programmes financés par l'Union européenne :

- “Typed Lambda-calculus” (dans le cadre du programme Stimulation 1988-1992, puis Human Capital and Mobility, 1991-1996),
- “Types” (plusieurs occurrences dans le cadre du programme Esprit, à partir de 1989).

Ces projets ont produit de nombreux résultats scientifiques et ont contribué à la création d'une nouvelle communauté de chercheuses et chercheurs.

Un exemple déjà mentionné de la fécondité de l'interaction logique entre mathématiques et informatique est la théorie des types : la vieille idée de Russell visant à éviter les paradoxes de la théorie des ensembles a été utilisée dans le cadre du  $\lambda$ -calcul pour en maîtriser la puissance calculatoire. Plus tard, Martin Löf a proposé la théorie des types intuitionniste comme fondement des mathématiques constructives et Thierry Coquand a introduit le calcul des constructions qui est à la base de l'assistant de preuve Coq. La vitalité de la théorie des types est également attestée par la récente émergence de la théorie des types homotopique (HoTT) dans le paysage.

Un autre résultat frappant de cette interaction a été la Logique Linéaire introduite par Girard en 1986 qui s'est beaucoup développée grâce aux projets européens mentionnés et au réseau européen *Linear Logic in Theoretical Computer Science* (dans le cadre du programme Training and Mobility of Researchers, 1998-2002). Les sites de cet important projet européen étaient : Aix-Marseille 2, Paris 7, Roma Tre, Bologna, Cambridge, Edinburgh, Lisboa.

Le cadre plus ample que l'on pourrait nommer “Logic in Computer Science” demeure global, comme en témoignent par exemple les nombreuses conférences internationales qui se tiennent annuellement sur le sujet : “Logic in Computer Science” (LICS), “Computer Science Logic” (CSL), “Formal Structures for Computation and Deduction” (FSCD), “Logic for Programming, Artificial Intelligence and Reasoning” (LPAR), “Logic, Language, Information

---

2. Voir l'annonce ici : <https://www.eacsl.org/alonzo-church-award/>.

and Computation” (WoLLIC), pour ne citer que les principales. Et la correspondance entre preuves et programmes est la toile de fond des travaux de chercheurs du monde entier : citons par exemple Masahiro Hamano, Mitsu Okada, Kazushige Terui et Takeshi Tsukada au Japon, Andre Scedrov, Frank Pfenning, Peter Selinger, Rick Blute aux États-Unis et au Canada, Thomas Streicher et Peter Schroeder-Heister en Allemagne, Martin Hyland, Marcelo Fiore, Luke Ong, Pasquale Malacaria, Samson Abramsky, Gordon Plotkin, Guy McCusker au Royaume Uni, Henk Barendregt aux Pays-Bas, Per Martin-Löf et Thierry Coquand en Suède, *etc.*

Mais on peut bien dire que la collaboration franco-italienne a joué un rôle particulièrement important : l’intensité des échanges entre les deux pays est à la base de découvertes importantes (il faut citer son rôle de moteur essentiel dans la découverte et le développement de la Logique Linéaire) et, surtout, elle a permis la création d’une véritable communauté scientifique binationale.

**Collaboration franco-italienne.** La collaboration franco-italienne en logique a été riche, intense et fructueuse, comme le montrent les très nombreuses publications communes ainsi que les nombreux projets bilatéraux, parmi lesquels on peut citer :

- *École doctorale commune* (programmes Vinci 2001 et 2002, Université Franco-italienne),
- Cattedra De Giorgi-Venturi 2004-2005 pour Jean-Yves Girard à Roma Tre (Université Franco-italienne),
- *Internazionalizzazione del sistema universitario* (Ministère de la Recherche italien, MIUR, 2005-2008),
- *Interaction et complexité* (projet bilatéral échange de chercheurs C.N.R.-C.N.R.S, 2004-2005 et 2006-2007),
- *Logique Linéaire et Applications* (Projet International de Coopération Scientifique CNRS, 2010-2012).

On a ainsi vu se succéder plusieurs générations de chercheurs français et italiens qui ont obtenu des postes permanents grâce à leurs recherches à la frontière entre Logique et Informatique théorique et qui ont donc trouvé tout naturel de former les jeunes chercheurs dans un contexte binational : la collaboration franco-italienne a donc joué un rôle très important dans la formation doctorale. Depuis les années 2000, cette formation doctorale commune s’effectue dans le cadre juridique des cotutelles de thèse. Voici une liste (qui n’est sans doute pas exhaustive) des thèses en cotutelles déjà soutenues :

- Michele Alberti (Bologna-Marseille)
- Davide Barbarossa (Université Paris Nord-Roma Tre).
- Alberto Carraro (Venezia-Paris 7)
- Gianluca Curzi (Torino-Paris Cité)
- Romain Demangeon (ENS Lyon-Bologna)
- Erika De Benedetti (Torino-ENS Lyon)
- Stefano Del Vecchio (Roma Tre-Université Paris Nord)
- Paolo Di Giamberardino (Marseille-Roma Tre)
- Andrei Dorman (Roma Tre-Université Paris Nord)

- Luca Fossati (Torino-Paris 7)
- Giulia Frezza (Roma Tre-Paris 7)
- Marco Gaboardi (Torino-Nancy)
- Elena Giachino (Torino-Paris 7)
- Giulio Guerrieri (Roma Tre-Paris 7)
- Jean-Marie Madiot (Bologna-ENS Lyon)
- Giulio Manzonetto (Venezia-Paris 7)
- Damiano Mazza (Marseille-Roma Tre)
- Federico Olimpieri (Marseille-Roma Tre)
- Michele Pagani (Roma Tre-Marseille)
- Luca Paolini (Genova-Marseille)
- Mauro Piccolo (Torino-Paris 7)
- Paolo Pistone (Roma Tre-Marseille)
- Mattia Petrolo (Paris 7-Roma Tre)
- Matthias Puech (Bologna-Paris 7)
- Gabriele Pulcini (Roma Tre-Marseille)
- Marco Solieri (Bologna-Université Paris Nord)
- Paolo Tranquilli (Roma Tre-Paris 7).
- Marco Romano (Roma Tre-Université Paris Nord)
- Arnaud Valence (Roma Tre-Université de Lyon Jean Moulin)

Il faut rajouter plusieurs dizaines de thèses actuellement en cours dans le domaine (dont environ un tiers en cotutelle).

Tout cela a abouti à la constitution d’une vaste communauté dont les membres se sont formés ensemble et sont habitués à travailler régulièrement ensemble. Ce qui explique l’une des spécificités de la collaboration franco-italienne dans le domaine ces dernières années : s’ouvrir à une perspective de longue durée, en s’appuyant de plus en plus souvent sur des structures ayant vocation à durer dans le temps. On est ainsi passé des projets communs déjà cités à la recherche de “lieux” permettant de structurer une communauté déjà existante et partageant un important bagage culturel commun. Citons par exemple :

- l’équipe *Foundations of Component-based Ubiquitous Systems (Focus)* créée en 2010, avec siège à Bologna, partenariat entre l’Università di Bologna et l’Institut National de Recherche en Informatique et Automatique (INRIA) ;
- l’*International Research Network “Linear Logic”*, soutenu pour 8 ans (2015-2022) conjointement par le Centre National de la Recherche Scientifique (CNRS) et l’Istituto Nazionale di Alta Matematica (INDAM) ;
- l’*International Research Laboratory Ypatia des Sciences Mathématiques (LYSM)*, laboratoire créé (dans sa forme actuelle) en 2021 concernant toutes les mathématiques et dans le cadre duquel plusieurs conférences et initiatives scientifiques sur des thématiques de logique ont été soutenues ;
- le *Diplôme binational de Master (Roma Tre-Université Aix-Marseille)* actif depuis 2010 (financé dans le cadre des programmes Vinci 2009 et 2013, Université Franco-italienne).

Le LYSM regroupe toute la communauté mathématique italo-française ; il a souvent été utile et les mathématiciens parmi nous continueront à contribuer à son activité, mais il ne semble pas pouvoir jouer le rôle de cadre fédérateur que nous recherchons pour la thématique interdisciplinaire “Logique et Interaction”. Nous croyons en revanche que le cadre fourni par un IRN *ad hoc* serait optimal pour l’épanouissement de notre communauté.

### 3 Objectifs de l’IRN LI

L’objectif principal de l’IRN sera de structurer une communauté déjà existante, en renforçant, en stabilisant et en valorisant les coopérations mises en évidence ci-dessus. On conçoit cet IRN comme une maison commune, constituant un cadre institutionnel de référence pour la collaboration franco-italienne en logique.

Plus précisément les missions de l’IRN peuvent se décliner comme suit :

- L’IRN s’efforcera de rendre plus visible la communauté scientifique qu’il fédère. Pour cela, il créera un site web où seront recensés ses membres, ses activités et les faits scientifiques marquants. Il nommera aussi un responsable de la communication qui assurera le lien avec les services de communication et de valorisation du CNRS.
- Le rôle de l’IRN est aussi de faciliter la communication au sein de la communauté, au moyen d’une liste de diffusion. On prévoit aussi au moins une rencontre plénière par an, ainsi que de petites rencontres thématiques, à l’initiative des participants
- La coordination de l’IRN, grâce à sa vision globale de la communauté, incitera les participants à déposer des candidatures à des programmes nationaux ou européens (on pense notamment aux programmes de l’ERC) et pourra éclairer la construction des projets scientifiques correspondants.
- Les responsables de l’IRN ont aussi vocation à être des interlocuteurs privilégiés de l’INS2I et de l’INSMI du CNRS pour toutes les questions portant sur le développement de cette thématique.
- L’IRN se veut aussi un réseau de doctorants : il pourra contribuer au financement des voyages entre les deux pays, déjà nombreux.
- Une des retombées naturelles de la collaboration franco-italienne actuelle est la mise en place de parcours de formation communs entre les deux pays. Un exemple qui fonctionne déjà depuis quelques années est le Curriculum binational de master en Logique, entre les universités de Roma Tre et d’Aix-Marseille. Par ailleurs, les masters parisiens de logique et d’informatique fondamentale accueillent très régulièrement des étudiants italiens. Enfin, se développe de plus en plus la pratique consistant à inviter des enseignants chercheurs d’un pays à donner des cours dans l’autre pays. L’IRN aura pour effet de renforcer ce réseau de formation, de le rendre plus visible et ainsi de l’étendre à une échelle plus large, en s’appuyant par exemple sur l’Université Franco-Italienne (comme déjà expérimenté) ou le programme Erasmus Mundus.

La recherche dans le domaine a tiré de nombreux bénéfices de la collaboration franco-italienne dont les fruits (publications, évènements, formation doctorale, *etc.*) sont reconnus par la communauté scientifique internationale. En France, l’importance du nombre de cher-

cheurs issus de cette collaboration, formés en Italie et recrutés par les universités et établissements de recherche (notamment CNRS et Inria) en est une conséquence directe. En Italie, l'histoire de la thématique et l'organisation institutionnelle des disciplines concernées ont fait que les chercheurs actifs dans le domaine sont plus éparpillés, et l'IRN sera pour eux un outil de coordination et d'organisation. Un objectif de long terme de l'IRN est de permettre, par cet effort de coordination, d'élever le niveau de reconnaissance de la thématique en Italie, avec comme indicateur les retombées en termes de recrutements.

Nous avons informé les permanents susceptibles d'être intéressés par ce projet (voir la liste dans la section suivante), et un grand nombre d'entre eux (plus de 70, certains au nom d'un groupe de collègues) ont pris le temps de répondre, avec beaucoup d'enthousiasme, en proposant souvent des améliorations à l'ébauche de projet que nous avons envoyée. Il nous semble que ces réactions ont bien montré le potentiel que recèle notre proposition.

## 4 Organisation, composition et activités de l'IRN

### 4.1 Organisation et gouvernance de l'IRN

La coordination de l'IRN est assurée par deux responsables et une direction scientifique, et travaille principalement par courrier électronique.

- Responsables : Lorenzo Tortora de Falco (Roma Tre) et Lionel Vaux Auclair (Aix-Marseille Université). Les deux responsables représentent l'IRN auprès des institutions. On s'attend à ce que la communauté scientifique les consulte régulièrement sur les projets liés à la thématique de l'IRN. Les responsables sont chargés de la gestion du budget, sur la base de la politique scientifique indiquée par la direction scientifique. Ils nommeront un responsable de la communication qui se chargera notamment de la mise en place et du suivi du site web de l'IRN.
- La direction scientifique est assurée par un conseil scientifique assez restreint (typiquement huit membres à parité entre les deux pays), présidé par les deux responsables, qui veillent à garantir l'équilibre de la représentation thématique et géographique dans sa composition. Les membres du conseil scientifique sont toujours en contact avec les autres membres de l'IRN. Le conseil scientifique discute de l'évolution de la thématique, identifie les priorités du moment, et détermine en particulier les lignes directrices de l'utilisation du budget. Il peut désigner des chargés de mission pour superviser tel ou tel domaine d'activité : formation doctorale, projets européens, *etc.* Le conseil scientifique se réunit au moins une fois par an et à chaque fois que c'est nécessaire.

### 4.2 Composition de la communauté franco-italienne ciblée

Les sites italiens concernés sont les suivants (entre parenthèses les noms des permanents susceptibles de participer) :

- Dipartimento di Matematica e Fisica Università Roma Tre (Vito Michele Abrusci (émérite), Roberto Maieli, Teresa Numerico, Marco Pedicini, Lorenzo Tortora de Falco), <https://matematicafisica.uniroma3.it/>
- Dipartimento di Studi letterari, filosofici e di storia dell'arte Roma Tor Vergata (Gabriele Pulcini), <https://dip.studiletterari.uniroma2.it/>
- Dipartimento di Ingegneria Informatica, Automatica e Gestionale Roma La Sapienza (Nicola Galesi), <https://www.diag.uniroma1.it/>
- Dipartimento di Matematica Roma La Sapienza (Lorenzo Carlucci), <https://www.mat.uniroma1.it/>
- Dipartimento di Informatica Roma La Sapienza (Adolfo Piperno, Daniele Gorla, Pietro Cenciarelli), <https://www.di.uniroma1.it/>
- Dipartimento di Informatica, Scienza e Ingegneria Università di Bologna (Simone Martini, Ugo Dal Lago, Cosimo Laneve, Claudio Sacerdoti Coen, Davide Sangiorgi, Fabio Zanasi), <https://disi.unibo.it/>
- Dipartimento di Informatica Università di Torino (Simona Ronchi Della Rocca (émérite), Luca Paolini, Mariangiola Dezani (émérite), Stefano Berardi, Luca Roversi, Ugo de'Liguoro, Viviana Bono, Felice Cardone), <https://www.cs.unito.it/do/home.pl>
- Dipartimento di Matematica Università di Padova (Cipriano Junior Cioffo, Silvia Crafa, Maria Emilia Maietti, Samuel Maschio, Francesco Ciraulo, Giovanni Sambin), <https://www.math.unipd.it/>
- Dipartimento di Informatica Università di Verona (Alessandra Di Pierro, Andrea Masini, Maria Paola Bonacina, Peter Michael Schuster, Margherita Zorzi), <https://www.di.univr.it/>
- Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione e Scienze Matematiche Università di Siena (Andrea Sorbi) [https://www.diism.unisi.it/it/math\\_logic](https://www.diism.unisi.it/it/math_logic)
- Dipartimento di Matematica Università di Genova (Jacopo Emmenegger, Sara Negri, Fabio Pasquali, Giuseppe Rosolini), <https://www.dima.unige.it/>
- Dipartimento di Informatica, Bioingegneria, Robotica e Ingegneria dei Sistemi Università di Genova (Davide Ancona, Francesco Dagnino, Eugenio Moggi, Elena Zucca), <https://dibris.unige.it/>
- Dipartimento di Filosofia Università di Bari (Luca San Mauro), <https://www.uniba.it/ricerca/dipartimenti/disum>
- Dipartimento di Scienze Matematiche, Informatiche e Fisiche, Università di Udine (Fabio Alessi, Pietro Di Giannantonio, Furio Honsell, Marina Lenisa, Alberto Giulio Marcone, Giovanna d'Agostino), <https://www.dimi.uniud.it/>
- Dipartimento di Matematica ed Informatica Università di Catania (Franco Barbera), <https://web.dmi.unict.it/>
- Gruppo Logica e razionalità umana, Scuola Normale Superiore (Mario Piazza) : <https://www.sns.it/it/logica-e-razionalita-umana>
- Scuola IMT Alti Studi Lucca (Cosimo Perini Brogi) : <https://www.imtlucca.it/>
- Polo di Informatica, Scuola di Scienze e Tecnologie, Università di Camerino (Luca Padovani) <https://computerscience.unicam.it/>

Les sites français concernés sont les suivants (entre parenthèses les noms des permanents susceptibles de participer) :

- Institut de Mathématiques de Marseille (Dimitri Ara, Jean-Yves Girard, Yves Lafont, Étienne Miquey, Myriam Quatrini, Laurent Regnier, Lionel Vaux Auclair), <https://www.i2m.univ-amu.fr/>
- Institut de Recherche en Informatique Fondamentale, Université Paris Cité (Guillaume Baudart, Antonio Bucciarelli, Giuseppe Castagna, Pierre-Louis Curien, Roberto Di Cosmo, Sylvain Douteau, Thomas Ehrhard, Claudia Faggian, Hugo Férée, Guillaume Geoffroy, Amélie Gheerbrant, Sam van Gool, Hugo Herbelin, Thierry Joly, Delia Kesner, Jérémy Ledent, Pierre Letouzey, Leonid Libkin, Giulio Manzonetto, Paul-André Melliès, Julien Narboux (rentrée 2024), Vincent Padovani, Daniela Petrisan, Paul Ruet, Alexis Saurin, Gabriel Scherer, Cristina Sirangelo), <https://www.irif.fr/>
- Laboratoire d'Informatique de Paris Nord, Université Sorbonne Paris Nord (Pierre Boudes, Flavien Breuvert, Christophe Fouqueré, Paulin Jacobé de Naurois, Stefano Guerrini, Marie Kerjean, Damiano Mazza, Virgile Mogbil, Morgan Rogers, Thomas Seiller), <https://lipn.univ-paris13.fr/>
- Laboratoire de l'Informatique du Parallélisme, ÉNS Lyon (Amina Doumane, Russell Harmer, Daniel Hirschhoff, Denis Kuperberg, Olivier Laurent, Matteo Mio, Michele Pagani, Paolo Pistone, Damien Pous, Colin Riba, Valeria Vignudelli), <https://www.ens-lyon.fr/LIP/>
- Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes (Valentin Blot (rentrée 2024), Guilhem Jaber, Assia Mahboubi, Kenji Maillard, Guillaume Munch-Maccagnoni, Pierre-Marie Pédrot, Matthieu Sozeau, Nicolas Tabareau), <https://www.ls2n.fr/>
- Laboratoire d'Informatique de l'École Polytechnique (Beniamino Accattoli, Titouan Carette, Kaustuv Chaudhuri, Éric Goubault, Emmanuel Haucourt, Ambroise Lafont, Dale Miller, Samuel Mimram, Lutz Strassburger, Benjamin Werner, Noam Zeilberger), <https://www.lix.polytechnique.fr/>
- Laboratoire Méthodes Formelles, Université Paris Saclay (Pablo Arrighi, Thibaut Balabonski, Bruno Barras, Frédéric Blanqui, Marc De Visme, Gilles Dowek, Chantal Keller, Christine Paulin-Mohring, Benoît Valiron, Renaud Vilmart, Théo Winterhalter, Vladimir Zamdzhiev), <https://lmf.cnrs.fr/>
- Laboratoire d'informatique et des systèmes (LIS), Aix-Marseille Université (Pierre Clairambault, Nadia Creignou, Raphaëlle Crubillé, Line Jakubiec, Frédéric Olive, Nicola Olivetti, Vincent Risch, Luigi Santocanale), <https://www.lis-lab.fr/>
- Équipe Cambium, PSL, Inria Paris, Collège de France (Damien Doligez, Yannick Forster, Xavier Leroy, Jean-Marie Madiot, Luc Maranget, François Pottier, Didier Rémy) <https://cambium.inria.fr/>
- Laboratoire de Mathématiques de l'Université Savoie Mont Blanc (Tom Hirschowitz, Pierre Hyvernat, Karim Nour, Krzysztof Worytkiewicz), <https://lama.univ-savoie.fr/>
- Équipe STAMP, Centre Inria d'Université Côte d'Azur (Yves Bertot, Cyril Cohen, Laurence Rideau, Enrico Tassi, Laurent Théry), <https://team.inria.fr/stamp/>

- fr/
- Laboratoire d’Algorithmique, Complexité et Logique (LACL), Université Paris Est Créteil (Laura Fontanella, Luc Pellissier, Emmanuel Polonowski, Daniele Varacca), <https://www.lacl.fr/>
  - IMJ-PRG, Université Paris Cité (Arnaud Durand, Hervé Fournier, Guillaume Malod, Ludovic Patey), <https://www.imj-prg.fr/>
  - Laboratoire lorrain de recherche en Informatique et ses Applications (Emmanuel Hainry, Jean-Yves Marion, Romain Péchoux, Simon Perdrix), <https://www.loria.fr/>
  - Laboratoire d’Informatique, de Robotique et de Microélectronique de Montpellier (Richard Moot, Christian Rétoré), <https://www.lirmm.fr/>
  - Centre Gilles Gaston Granger (Paola Cantù, Gabriella Crocco), <https://centregranger.cnrs.fr/>
  - Laboratoire de mathématiques de Besançon, Université de Franche-Comté (Henri Lombardi, Stefan Neuwirth), <https://lmb.univ-fcomte.fr/>
  - Institut de Recherche en Informatique de Toulouse (Ralph Matthes, Sergei Soloviev), <https://www.irit.fr/>
  - Institut d’histoire et de philosophie des sciences et des techniques, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne (Jean Fichot, Alberto Naibo), <https://ihpst.pantheonsorbonne.fr/>
  - École Normale Supérieure (Giuseppe Longo), <http://www.di.ens.fr/>
  - ISAE Supaero (Christine Tasson), <https://www.isae-supaero.fr/>
  - Centre de Recherche en Informatique, Signal et Automatique de Lille (Patrick Baillot), <https://www.lis-lab.fr/>
  - Laboratoire d’informatique de Grenoble (Emmanuel Beffara), <https://lig-membres.imag.fr/beffarae/>
  - Icube, Université de Strasbourg (Nicolas Magaud), <https://icube.unistra.fr/>
  - Institut de Recherches Philosophiques de Lyon (Jean-Baptiste Joinet), <https://irphil.univ-lyon3.fr/>
  - Archives Henri-Poincaré, Université de Lorraine (Baptiste Mèlès) <https://poincare.univ-lorraine.fr/>

### 4.3 Activités de l’IRN et première proposition de budget

**Activités.** La coordination de l’IRN sera à l’écoute de l’évolution de la thématique et encouragera les initiatives des participants ; nous ne tenons donc pas à prévoir d’ores et déjà dans le détail les activités potentielles. La liste qui suit n’est qu’une indication de quelques idées qui à ce jour nous semblent intéressantes :

- Organisation d’une rencontre annuelle ouverte à l’ensemble de la communauté scientifique élargie (et pas seulement aux membres de l’IRN). Cette rencontre pourra prendre la forme d’une conférence, avec des exposés proprement scientifiques, précédée d’une partie école thématique qui assure l’inclusion des jeunes chercheuses et chercheurs, tout en favorisant la construction d’un bagage commun dans une communauté trans-

disciplinaire (le succès de l'école *Logique et transdisciplinarité*, organisée au CIRM en 2022, témoigne de la pertinence de cette approche). Cette rencontre sera aussi l'occasion de discuter de manière très ouverte de la structuration et des perspectives du domaine. En particulier :

- on fera le point sur les offres de bourses doctorales et post-doctorales, et on tentera en particulier de susciter et coordonner les candidatures de la communauté sur des appels ouverts (par exemple le programme Vinci de l'Université Franco-Italienne, MathPhdInFrance, *etc.*),
- on fera l'état des lieux des recrutements des enseignants-chercheurs, et on discutera des perspectives pour les années suivantes,
- ces discussions donneront également aux membres du conseil scientifique (dont nous imaginons la réunion annuelle en marge de cette rencontre) les derniers éléments pour décider des stratégies à mettre en oeuvre l'année suivante
- Organisation de rencontres thématiques informelles : nous avons expérimenté à plusieurs reprises l'efficacité de rencontres de durée variable mais sans un programme rigidement défini. Nous envisageons d'avoir un petit budget disponible à cet effet, qui pourrait être utilisé à sur demande motivée d'un participant et dans un bref délai, pour organiser une rencontre informelle sur un sujet précis. En complément, on pourra s'appuyer sur des dispositifs comme *research in pairs* au CIRM.
- Mobilité : on financera des missions transalpines individuelles pour des membres du réseau. Il s'agira par exemple de favoriser la mobilité des doctorantes et doctorants, ou l'invitation d'oratrices et orateurs pour des séminaires d'équipes ou nationaux (Chocola, journées de GT).

**Budget.** Il nous semble qu'un budget annuel de 20 000€ permettrait de faire fonctionner l'IRN dans de bonnes conditions. Voici comment nous envisageons d'utiliser ces crédits.

- 8 000€ pour contribuer à l'organisation des journées annuelles de l'IRN.
- 6 000€ pour soutenir l'organisation de rencontres thématiques informelles.
- 6 000€ pour financer des missions entre France et Italie.