

## Présentation Analytique

**Sommaire.** Je suis un chercheur en informatique fondamentale spécialisé dans l'étude de la sémantique des programmes et je candidate pour un poste de maître de conférence à l'université de Lille rattaché à l'unité CRISAL. Je suis actuellement postdoctorant à *University College London* (UCL) où je travaille principalement avec [Fabio Zanasi](#). En septembre 2024, j'ai obtenu mon diplôme de doctorat après avoir défendu ma thèse intitulée *Relèvement du raisonnement algébrique aux espaces métriques généralisés* devant un jury dirigé par [Christine Tasson](#). J'ai étudié pour mon doctorat pendant trois ans dans le laboratoire LIP de l'ENS de Lyon (équipe [Plume](#)), où j'étais supervisé par [Matteo Mio](#) et [Valeria Vignudelli](#). J'avais auparavant obtenu un master à l'ENS de Lyon et une licence à l'université McGill à Montréal.

Dans cette présentation analytique, je résume brièvement mon parcours académique, et je développe plus en détails mes activités d'enseignement et de recherche, ainsi que mon projet d'intégration au sein des équipes d'enseignement et de recherche. Ci-dessous, il y a un CV condensé<sup>1</sup> et une table des matières sur la page suivante.

### Éducation

- Doctorat à l'ENS de Lyon (LIP)  
*Dir: Matteo Mio et Valeria Vignudelli*  
2021–2024
- Master à l'ENS de Lyon  
2019–2021
- Licence (BSc.) à l'université McGill  
2016–2019

### Recherche

- Post-doctorat à UCL (Londres)  
*Sup: Fabio Zanasi*  
2024–En cours
- Stage de recherche à l'IRIF  
*Sup: Daniela Petrişan*  
2021
- Stage de recherche au LIP  
*Sup: Matteo Mio et Valeria Vignudelli*  
2020

### Publications

- 5 articles de conférences à  
CALCO'25, MFCS'25, LICS'22,  
MFPS'21, LICS'21
- 1 article de journal à  
LMCS 2024
- 2 soumissions en évaluation  
*dont 1 invitée à LMCS*

### Enseignement

- $\geq 100$  heures de TD en M1  
*Sémantique et vérification*  
*Preuves et programmes*
- 25 heures de TD en Licence  
*Structures coalgébriques*  
*Mathématiques discrètes*
- 40 heures de CM en L3+  
*Conception d'un cours et des notes de cours*  
*Introduction à la théorie des catégories*
- Plus d'un tiers des enseignements en anglais

### Divers

- $\geq 100$  heures d'activités de médiation
- 6 conférences invitées
- 15 articles évalués pour conférences et journaux

1. Inspiré par celui d'[Aliaume Lopez](#).

# Table des matières

|          |                                                  |           |
|----------|--------------------------------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>Parcours académique</b>                       | <b>3</b>  |
| 1.1      | Parcours universitaire . . . . .                 | 3         |
| 1.2      | Activités professionnelles . . . . .             | 3         |
| 1.3      | Publications . . . . .                           | 4         |
| <b>2</b> | <b>Enseignement</b>                              | <b>5</b>  |
| 2.1      | Cours enseignés . . . . .                        | 5         |
| 2.2      | Encadrement . . . . .                            | 7         |
| 2.3      | Approche pédagogique . . . . .                   | 8         |
| 2.4      | Équité, diversité et inclusion . . . . .         | 9         |
| 2.5      | Projet d'intégration . . . . .                   | 9         |
| <b>3</b> | <b>Recherche</b>                                 | <b>11</b> |
| 3.1      | Sémantique quantitative . . . . .                | 11        |
| 3.2      | Sémantique diagrammatique . . . . .              | 12        |
| 3.3      | Projet d'intégration . . . . .                   | 13        |
| 3.3.1    | Logiques diagrammatiques de programmes . . . . . | 13        |
| 3.3.2    | Objectifs ouverts . . . . .                      | 14        |
| <b>4</b> | <b>Références</b>                                | <b>15</b> |

# 1 Parcours académique

Cette section contient une vue d'ensemble de mes études et de mes travaux.

## 1.1 Parcours universitaire

**Licence.** Pour ma licence, j'ai étudié entre 2016 et 2019 à l'université McGill au Canada. J'ai obtenu un diplôme intitulé *Baccalauréat en sciences* dans le domaine des mathématiques et de l'informatique avec une mention *Honours*.

**Master.** Pour mon master, j'ai étudié entre 2019 et 2021 à l'ENS de Lyon. J'ai obtenu un diplôme intitulé *Master sciences, technologies, santé, mention Informatique* avec un parcours type informatique fondamentale. J'étais financé par deux bourses du Labex MiLyon. J'ai effectué deux stages de recherches durant cette période. Le premier, en 2020, était encadré par Matteo Mio et Valeria Vignudelli. Nous avons étudié des axiomatisations algébriques, quantitatives ou non, de différents modèles de calcul combinant des choix non déterministes, des choix probabilistes et une possible terminaison. Le deuxième, en 2021, était encadré par Daniela Petrişan. Nous avons étudié les lois distributives faibles entre monades.

**Doctorat.** Pour mon doctorat, j'ai étudié entre 2021 et 2024 au LIP (UMR 5668) à l'ENS de Lyon. J'ai obtenu un diplôme intitulé *Doctorat de l'ENS de Lyon* avec la spécialité Informatique. J'étais financé par un contrat doctoral spécifique normaliens (CDSN). Mon directeur de thèse était Matteo Mio, chargé de recherche au CNRS affilié au LIP, et ma co-encadrante était Valeria Vignudelli, chargée de recherche au CNRS affiliée au LIP. Le titre de ma thèse est *Relèvement du raisonnement algébrique aux espaces métriques généralisés*. Les autres membres de mon jury sont listés ci-dessous.

- Professeur Jiří Adámek (rapporteur), Czech Technical University in Prague
- Professeur Gordon Plotkin (rapporteur), University of Edinburgh
- Professeure Christine Tasson (présidente), ISAE Suparéo
- Professeur Rory B. B. Lucyshyn-Wright, Brandon University

## 1.2 Activités professionnelles

### Postes académiques :

- Postdoctorant au PPLV (University College London). *Octobre 2024 – En cours*
  - Travail sur le raisonnement diagrammatique pour les programmes probabilistes avec Fabio Zanasi.
- Stage de recherche à l'IRIF (Université Paris Cité). *Février – Juin 2021*
  - Travail sur les lois distributives faibles supervisé par Daniela Petrişan.
- Stage de recherche au LIP (ENS de Lyon). *Avril – Juillet 2020*
  - Travail sur les présentations algébriques de monades supervisé par Matteo Mio et Valeria Vignudelli.

### Enseignement :

- Assistant à University College London. *2025 – 2026*
  - Travaux dirigés pour *Structures (co)algébriques en informatique et Mathématiques discrètes pour l'informatique* (total de 25 heures).
  - Correction de rapports et présentations pour un cours de lecture dirigée.
- Activité complémentaire (ACE) à l'ENS de Lyon. *2021 – 2024*
  - Travaux dirigés pour *Sémantique et vérification* et *Preuves et programmes* (total de 100 heures).
- Enseignant et organisateur d'un séminaire étudiant sur les catégories. *2019 – 2023*
  - Cours magistraux, [notes de cours](#), et devoirs pour une introduction à la théorie des catégories sur un semestre à McGill et l'ENS de Lyon.

- Supervision de deux cohortes d’étudiant·es enseignants à l’ENS de Lyon.
- Assistant à l’université McGill. Septembre – Décembre 2018
- Permanences et correction pour *Théorie du calcul*.

#### Médiation :

- Mini-cours à [North Bridge House Senior Hampstead](#) Juillet 2025
- Organisation et enseignement d’un cours de 10h (sur 2 jours) sur le calcul ZX.
- animateur bénévole à la [MMI](#). 2023 – 2024
- Ateliers et exposition *Dans ma cuisine* (sur les maths et l’info) pour des étudiant·es de 13 à 18 ans.
- Superviseur de stage bénévole pour [UPBS](#). Avril 2022, 2023, et 2024
- Initiation à la recherche d’une semaine sur les diagrammes de fils pour des étudiant·es de 16 à 17 ans.
- Enseignant et aide-enseignant à [DMA](#). Juillet 2015 et 2017
- Cours de programmation et d’électronique dans un camp de jour pour des étudiant·es de 8 à 17 ans.

#### Service académique :

- J’ai évalué des articles pour des conférences prestigieuses (FSCD 2023, FoSSaCS 2023, LiCS 2024, ICALP 2025, MFPS 2025, MFCS 2025, CSL 2026, ESOP 2026, et FoSSaCS 2026) ainsi que pour le journal *Logical Methods in Computer Science (LMCS)* et le *Polynesian Journal of Mathematics*.
- Je suis un TA pour le projet de l’[Adjoint School 2026](#) dirigé par Ana Sokolova intitulé *Variants of (Coalgebraic) Simulations*.

#### Conférences invitées (★) et contribuées :

- ★ *First-Order Logic and Trees of Graphs*, [Aminfest](#). Décembre 2025
- *Towards Quantitative Diagrammatic Reasoning*, [GT Scalp](#). Octobre 2025
- *Tutorial: String Diagrams for CS*, [GT Scalp](#). Octobre 2025
- *Towards Quantitative Diagrammatic Reasoning*, conférence MFCS. Août 2025
- *Imprecise Probability with Graded String Diagrams*, conférence CALCO. Juin 2025
- ★ *Graded String Diagrams*, [séminaire OASIS](#). Mars 2025
- ★ *Quantitative Monoidal Algebra*, séminaire de Bellairs *Quantitative Reasoning*. Mars 2025
- *Lifting Algebraic Reasoning to Generalized Metric Spaces*, séminaire en ligne CT Zulip. Août 2024
- *Quantitative Algebraic Semantics*, journée de l’école doctorale InfoMaths. Juin 2024
- ★ *Universal Quantitative Algebra*, [séminaire de groupe LIMD](#). Octobre 2023
- ★ *Universal Quantitative Algebra*, [séminaire de groupe LoVE](#). Septembre 2023
- ★ *Lifting Algebraic Presentations to Met*, séminaire de Bellairs *Quantitative Logic and Reasoning*. Mai 2023
- *I show you my favorite diagrams (the 3rd is ULTRA rare!)*, [Séminaire étudiant de McGill](#). Octobre 2022
- *Tape Diagrams*, [ACT adjoint school](#). Juillet 2022
- *Je vous montre mes plus beaux diagrammes (le 3e va vous surprendre !)*, [CGS pour grand public](#). Mai 2022
- *Quotienting a Monad via Projective Algebras*, conférence RAMiCS. Novembre 2021
- *Semialgebras and Weak Distributive Laws*, conférence MFPS. Septembre 2021
- *Modelling Nondeterminism, Probability, and Termination*, conférence LiCS. Juillet 2021
- *Modelling Nondeterminism, Probability, and Termination*, séminaire CaCS. Juin 2021

## 1.3 Publications

J’ai publié cinq articles dans des conférences internationales, dont deux dans LICS, la conférence la plus prestigieuse de mon domaine. Mon article [49] a été étendu et publié dans le journal LMCS [51]. De plus, mon article [66] a été invité à être étendu et publié dans une édition spéciale de LMCS, et il est actuellement en cours d’évaluation. J’ai également soumis un article à une conférence cette année qui est en cours d’évaluation.

#### Conférences internationales :

- [66] Ralph SARKIS et Fabio ZANASI. “String Diagrams for Graded Monoidal Theories, with an Application to Imprecise Probability”. In : *11th Conference on Algebra and Coalgebra in Computer Science (CALCO 2025)*. Sous la dir. de Corina CÎRSTEAN et Alexander KNAPP. T. 342. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 5 :1-5 :23. ISBN : 978-3-95977-

383-6. DOI : 10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.5. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.5>

- [45] Gabriele LOBBIA et al. “Quantitative Monoidal Algebra : Axiomatising Distance with String Diagrams”. In : *50th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2025)*. Sous la dir. de Paweł GAWRYCHOWSKI, Filip MAZOWIECKI et Michał SKRZYPCZAK. T. 345. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 68 :1-68 :21. ISBN : 978-3-95977-388-1. DOI : 10.4230/LIPIcs.MFCS.2025.68. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.MFCS.2025.68>
- [49] Matteo MIO, Ralph SARKIS et Valeria VIGNUDELLI. “Beyond Nonexpansive Operations in Quantitative Algebraic Reasoning”. In : *Proceedings of the 37th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science. LICS '22*. Haifa, Israel : Association for Computing Machinery, 2022. ISBN : 9781450393515. DOI : 10.1145/3531130.3533366. URL : <https://doi.org/10.1145/3531130.3533366>
- [56] Daniela PETRIȘAN et Ralph SARKIS. “Semialgebras and Weak Distributive Laws”. In : *Proceedings 37th Conference on Mathematical Foundations of Programming Semantics, MFPS 2021, Hybrid : Salzburg, Austria and Online, 30th August - 2nd September, 2021*. Sous la dir. d’Ana SOKOLOVA. T. 351. EPTCS. 2021, p. 218-241. DOI : 10.4204/EPTCS.351.14. URL : <https://doi.org/10.4204/EPTCS.351.14>
- [50] Matteo MIO, Ralph SARKIS et Valeria VIGNUDELLI. “Combining Nondeterminism, Probability, and Termination : Equational and Metric Reasoning”. In : *2021 36th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS)*. 2021, 1–14. DOI : 10.1109/LICS52264.2021.9470717. URL : <https://arxiv.org/abs/2012.00382>

#### Journaux :

- [51] Matteo MIO, Ralph SARKIS et Valeria VIGNUDELLI. “Universal Quantitative Algebra for Fuzzy Relations and Generalised Metric Spaces”. In : *Logical Methods in Computer Science* Volume 20, Issue 4, 19 (2024). ISSN : 1860-5974. DOI : 10.46298/lmcs-20(4:19)2024. URL : <https://lmcs.episciences.org/12339>

#### Soumissions :

- [64] Ralph SARKIS et Fabio ZANASI. *Complete Diagrammatic Axiomatisations of Relative Entropy*. 2026. arXiv : 2603.04530 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2603.04530>
- [65] Ralph SARKIS et Fabio ZANASI. *Graded String Diagrams for Imprecise Probability and Causal Intervention*. 2026. arXiv : 2501.18404 [math.CT]. URL : <https://arxiv.org/abs/2501.18404>

## 2 Enseignement

### 2.1 Cours enseignés

Ci-dessous, un tableau qui résume les enseignements que j’ai livrés à l’université. J’y liste, pour chaque cours, l’intitulé, le volume horaire de cours magistraux (CM) et de travaux dirigés (TD), le nombre (approximatif) d’étudiant·es et leur niveau, et l’établissement.

| Intitulé                                      | CM        | TD         | Niveau | Effectif   | Établissement |
|-----------------------------------------------|-----------|------------|--------|------------|---------------|
| <i>(Co)algebraic Structures in CS</i> (2026)  | 0         | 10         | Bac    | 8          | UCL           |
| <i>Discrete Mathematics for CS</i> (2025)     | 0         | 15         | Bac    | 20         | UCL           |
| <i>Directed Reading</i> (2025)                | 0         | 0          | Bac    | 8          | UCL           |
| <i>Sémantique et vérification</i> (2021–2023) | 0         | 62         | Master | 15         | ENS de Lyon   |
| <i>Preuves et programmes</i> (2022–2023)      | 0         | 40         | Master | 15         | ENS de Lyon   |
| <i>Category Theory</i> (2019–2023)            | 40        | 0          | Bac+   | 10–20      | McGill et ENS |
| <i>Theory of Computation</i> (2018)           | 0         | 0          | Bac    | $\geq 100$ | McGill        |
| <b>Total</b>                                  | <b>40</b> | <b>127</b> |        |            |               |

Pour les deux cours avec un volume horaire nul, mes responsabilités consistaient à tenir des heures de permanence et corriger des devoirs. Ci-dessous, je développe brièvement le contenu des autres cours ainsi que mes responsabilités.

### Structures (co)algébriques pour l’informatique (2026)

*Syllabus.* Ce cours introduit des notions de la théorie des catégories et leurs applications en informatique. Il aborde les catégories, les foncteurs, les adjonctions, les monades, les algèbres et coalgèbres, l’induction et la coinduction, ainsi que des bases de sémantique catégorique.

*Rôle.* Chargé de TD. Mes responsabilités étaient de préparer une feuille d’exercices avec des solutions avant chaque TD, de diriger les sessions de TD, et de communiquer avec l’enseignant sur l’atteinte des différents objectifs du cours. Je devais aussi assister l’enseignant dans la préparation des énoncés pour deux examens.

*Informations additionnelles.* Total de 10 heures en classe avec un groupe de 8 étudiant·es en quatrième année d’informatique à UCL. L’enseignant était Fabio Zanasi.

### Mathématiques discrètes pour l’informatique (2025)

*Syllabus.* Ce cours introduit les premières notions de mathématiques rigoureuses utiles en informatique. Il aborde les bases de la logique formelle et les preuves, les ensembles et les fonctions, l’induction, et quelques concepts en combinatoire et théorie des graphes.

*Rôle.* Chargé de TD. Mes responsabilités étaient de diriger les sessions de TD, et de communiquer avec l’enseignante sur l’atteinte des différents objectifs du cours.

*Informations additionnelles.* Total de 15 heures en classe avec un groupe d’environ 20 étudiant·es en première année d’informatique à UCL. L’enseignante était Elaine Pimentel.

### Sémantique et vérification (2021, 2022, et 2023)

*Syllabus.* Ce cours s’intéresse à l’étude de différents types de modèles de calcul et des propriétés de leurs comportements qui peuvent être vérifiées automatiquement. Il aborde les systèmes de transitions étiquetés, les propriétés temporelles linéaires, la théorie des ordres, la topologie, la logique temporelle linéaire, la bisimulation et la logique modale.

*Rôle.* Chargé de TD. Mes responsabilités étaient de préparer une feuille d’exercices avec des solutions avant chaque TD, de diriger les sessions de TD, et de communiquer avec l’enseignant sur l’atteinte des différents objectifs du cours.

*Informations additionnelles.* Total de 62 heures en classe avec des groupes d’environ 15 étudiant·es en master d’informatique à l’ENS de Lyon. L’enseignant était Colin Riba.

### Preuves et Programmes (2023)

*Syllabus.* Ce cours s’intéresse à des résultats simples et plus avancés autour de la correspondance entre les preuves et les programmes (Curry–Howard). Il aborde le lambda calcul



simplement typé, la déduction naturelle intuitionniste et classique, le système T, le système F, les preuves de normalisation forte et la paramétrie.

*Rôle.* Chargé de TD. Mes responsabilités étaient de préparer une feuille d'exercices avec des solutions avant chaque TD, de diriger les sessions de TD, et de communiquer avec l'enseignant sur l'atteinte des différents objectifs du cours.

*Informations additionnelles.* Total de 20 heures en classe avec un groupe d'environ 15 étudiant-es en master d'informatique à l'ENS de Lyon. L'enseignant était Michele Pagani.

## **Preuves et programmes (2022)**

*Syllabus.* Ce cours s'intéresse à des résultats simples et plus avancés autour de la correspondance entre les preuves et les programmes (Curry–Howard). Il aborde l'assistant de preuve Coq (maintenant Rocq), le lambda calcul simplement typé, la déduction naturelle intuitionniste et classique, le système T, les catégories cartésiennes fermées et la correspondance de Curry–Howard–Lambek.

*Rôle.* Chargé de TD. Mes responsabilités étaient de préparer une feuille d'exercices avec des solutions avant chaque TD, de diriger les sessions de TD, et de communiquer avec l'enseignant sur l'atteinte des différents objectifs du cours.

*Informations additionnelles.* Total de 20 heures en classe avec un groupe d'environ 15 étudiant-es en master d'informatique à l'ENS de Lyon. L'enseignant était Colin Riba.

## **Théorie des catégories (2019–2021 et 2023)**

*Syllabus.* Ce cours introduit les bases de la théorie des catégories avec des exemples venant de différents domaines des mathématiques et de l'informatique. Il aborde les catégories, les foncteurs, les (co)limites, les propriétés universelles, les transformations naturelles, le lemme de Yoneda, les adjonctions et les monades. Il est destiné à des élèves en fin de licence ou master ayant déjà quelques familiarités avec les mathématiques.

*Rôle.* Enseignant volontaire. Mes responsabilités ont évolué au cours du temps. À la première itération de ce cours, j'ai préparé chaque cours avec des notes de cours les accompagnants, et j'ai donné des cours magistraux pendant le semestre d'été à l'université McGill. Le cours n'était pas officiel. J'ai repris la même formule pour la deuxième itération (en visioconférence) après avoir adapté le contenu des cours et des notes. Pour la troisième itération, en 2020, j'ai été accompagné par trois autres étudiant-es pour enseigner le cours à l'ENS de Lyon, et nous avons pu l'officialiser avec les départements de mathématiques et d'informatique. Nous avons repris une formule similaire, mais nous avons inclus des travaux dirigés et des devoirs pour pouvoir récompenser les participants de crédits complémentaires (crédits École). En 2021 et 2023, j'ai occupé un rôle de superviseur : d'autres étudiant-es donnaient les cours magistraux (à l'ENS de Lyon) basés sur mes notes, et je les aidais à préparer chaque cours en donnant des retours exhaustifs. Les notes de cours sont disponibles [ici](#).

*Informations additionnelles.* Le cours a été offert comme "séminaire étudiant" à l'ENS de Lyon en 2020, 2021, et 2023, permettant aux étudiant-es d'obtenir des crédits complémentaires. Au cours des quatre premières éditions, j'ai conçu et dispensé plus de 40 heures de cours magistraux. Pour les deux dernières itérations, j'ai cédé ma place à des étudiant-es de master afin de leur offrir une première expérience en enseignement. J'ai néanmoins continué à m'impliquer activement en les conseillant, en les guidant dans la préparation de leurs cours et en concevant les devoirs.

## **2.2 Encadrement**

J'ai plusieurs expériences d'encadrement à mon actif.

- En 2021 et 2023, j’ai supervisé et guidé des groupes de deux à quatre étudiant·es de master qui prenaient en charge l’enseignement d’un cours optionnel sur un semestre (organisation, préparation, retours détaillés sur leur performance).
- Une fois par an durant mon doctorat, je dirigeais un stage d’initiation à la recherche d’une semaine pour des lycéen·nes.
- Depuis février dernier, j’assiste Ana Sokolova pour la supervision de quatre étudiant·es (niveau master et doctorat) à l’école de recherche *Adjoint School 2026*.

## 2.3 Approche pédagogique

Lors de mes expériences d’apprentissage et d’enseignement, j’ai pu observer qu’enseigner est souvent la manière la plus efficace d’apprendre. Ce point de vue est soutenu par des approches pédagogiques éprouvées (enseignement par les pairs, classes inversées, *think-pair-share*), et guide la construction de mes cours et de mes séances de travaux dirigés. J’incite mes étudiant·es à participer activement et à interagir ensemble afin de renforcer leur confiance et de leur permettre de mieux reconnaître leurs capacités et leurs points à améliorer.

Lors des TD que j’ai animés à l’ENS de Lyon, le format consistait à la fois à résoudre des problèmes et à présenter des solutions à des pairs. Cette approche s’est avérée particulièrement efficace avec de petits groupes d’étudiant·es autonomes, et ce, pour deux raisons. Premièrement, si certains exercices peuvent être résolus rapidement par cell·eux déjà à l’aise avec les notions, expliquer sa solution nécessite des compétences supplémentaires, telles qu’une communication claire et une compréhension plus approfondie. Permettre aux étudiant·es de s’exercer à enseigner sans enjeu important enrichi leur apprentissage. Deuxièmement, il est difficile de trouver un équilibre dans un groupe de 15, où certain·es progressent plus vite que d’autres. En encourageant la collaboration, je pense prévenir les situations où un·e étudiant·e est dépassé·e par le rythme de la séance.

J’ai rapidement compris que cette approche ne serait pas adéquate pour les groupes en première année de licence à UCL. Comme le groupe apprenait tout juste à construire des solutions rigoureuses, je ne pouvais pas demander tout de suite d’en présenter à la classe. Néanmoins, j’ai quand même privilégié les interactions et la collaboration en installant un dialogue constant avec le groupe. Je posais beaucoup de questions et j’intégrais leurs réponses dans mes solutions, et je pense que ça m’a permis d’illustrer efficacement les méthodes de résolution de problèmes.

En dehors de la salle de classe, je m’applique à créer un espace de communication accessible et accueillant. Par exemple, à l’ENS de Lyon, j’ai mis en place un serveur Discord (la plateforme préférée de mes groupes) et j’ai organisé des heures de permanence hebdomadaires (une pratique peu courante en France) afin d’offrir d’autres moyens d’échanger avec moi. Je compile également des listes de ressources pédagogiques complémentaires afin d’intéresser un plus grand nombre.

Je cherche toujours à améliorer mes méthodes d’enseignement par différentes approches.

Par exemple, je me suis engagé comme bénévole dans plusieurs programmes de médiation destinés à de plus jeunes élèves (volume horaire dépassant 100 heures). Les différents formats et publics m’ont obligé à apprendre de nouvelles astuces. J’ai dû concevoir et mettre en œuvre des activités d’apprentissage plus pratiques et plus attrayantes afin de captiver des groupes scolaires sur des sujets qu’ils ont souvent tendance à mépriser. Si ces approches sont moins nécessaires dans l’enseignement supérieur, je pense qu’elles peuvent constituer un atout précieux pour parfaire un programme d’études.

Au cours d’une visite de recherche à l’université McGill à l’automne 2022, j’ai pu assister à des réunions bihebdomadaires sur la pédagogie dans l’enseignement des mathématiques organisées par Rosalie Bélanger-Rioux. Grâce à des discussions avec d’autres étudiant·es, des chargé·es de cours et des professeur·es, j’ai appris l’importance de laisser les étudiant·es



formuler leurs propres questions et comment mettre en œuvre des stratégies d'apprentissage interactif dans des groupes plus grand.

**Encadrement.** Dans les situations d'encadrement, je laisse davantage la place aux étudiant-es afin de leur laisser le plus d'autonomie possible. Tout de fois, je continue de participer activement pour les soutenir et faire des retours détaillés et constructifs.

## 2.4 Équité, diversité et inclusion

Je suis engagé à favoriser un environnement inclusif et équitable dans l'ensemble de mes activités, car je reconnais que la diversité est essentielle à l'épanouissement individuel et qu'elle renforce la réussite collective de la communauté universitaire.

Dans mon enseignement, je privilégie des activités qui encouragent l'apprentissage entre pairs : les étudiant-es collaborent, échangent et confrontent leurs points de vue en résolvant des problèmes. Cette dynamique facilite le partage des connaissances et contribue à ancrer un sentiment d'appartenance. Pour encourager la participation, j'ai expérimenté avec des incitations légères (bonbons, jeux, etc.) afin de valoriser la prise de parole et de réduire le coût perçu des erreurs.

Au-delà de la salle de classe, je m'investis dans des actions de médiation destinées à rendre le monde académique plus accessible et plus concret. En tant que bénévole à la Maison des Mathématiques et de l'Informatique à Lyon et lors d'événements grand public, j'ai observé des écarts de représentation entre publics scolaires (plus divers) et publics d'événements (plus privilégiés). Cette prise de conscience m'a conduit à favoriser des activités en lien direct avec des écoles, et à être attentif aux contextes moins favorisés.

Enfin, je m'efforce de promouvoir l'inclusivité par des pratiques quotidiennes : usage d'un langage épïcène en français et en anglais, pronoms visibles dans les contextes professionnels (site web, signature courriel), et signalement explicite de mon soutien aux personnes LGBTQ+ (notamment via l'allylist Spectra depuis 2020). En classe, j'ai déjà corrigé des situations de mégenrage, en rappelant règles de respect au sein du groupe.

## 2.5 Projet d'intégration

En rejoignant le département d'informatique de l'Université de Lille, je souhaite mettre mon expertise au service l'équipe pédagogique et contribuer activement à l'évolution de la formation. Je pourrais intervenir dès mon arrivée dans la majorité des unités d'enseignement de licence, avec une préférence pour les cours d'introduction et ceux d'informatique théorique, en adéquation avec mon parcours académique. Je serais également très intéressé par une implication dans les enseignements de niveau master, en particulier dans les UE proches de mes domaines d'expertise. Plus précisément, je liste ci-dessous les cours issus des maquettes de licence et master dans lesquels je pense pouvoir rapidement intervenir et exceller (★).

- |                                             |                                                                   |
|---------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ★ Codage de l'information                   | ★ Probabilités                                                    |
| ★ Programmation                             | ★ Javascript                                                      |
| ★ Outils pour le développement informatique | • Compression de l'information, détection et correction d'erreurs |
| ★ Technologies du Web 1 et 2                | ★ Algorithme et structures de données                             |
| ★ Algorithmes et programmation              | ★ Langage Algébrique et Analyse Syntaxique                        |
| ★ Shell et langage de script                | ★ Programmation fonctionnelle                                     |
| • Programmation Orientée Objet              | ★ Modèles linéaires                                               |
| ★ Logique                                   | ★ Graphes                                                         |
| • Bases de données 1                        | ★ Algorithmique et complexité (avancé)                            |
| • Architecture des ordinateurs              | • Sciences des données                                            |
| ★ Automates et langages réguliers           | • Méthodes formelles pour les systèmes embarqués                  |
| ★ Programmation et raisonnement             | • Programmation parallèle et distribuée                           |
| • Bases/Maitrise de la programmation en C   | • Compilation des logiciels                                       |

Je suis également particulièrement intéressé par les cours *Savoirs à enseigner pour enseigner*, *Programmes scolaires et questions vives*, *Initiation à l'Innovation et à la Recherche*, et les divers

cours centrés autour d'un projet. Toutefois, il me semble préférable d'être d'abord davantage intégré au département afin de pouvoir y contribuer efficacement. Je précise également que je parle couramment anglais et qu'une part importante de mes enseignements (plus d'un tiers) a été dispensée dans cette langue. Je pourrais donc sans difficulté assurer des cours en anglais lorsque cela est demandé, notamment dans le nouveaux master *Computer Sciences*.

À moyen terme, je m'investirai dans l'évolution de la formation (coordination de parcours, création ou adaptation d'UE) et dans l'encadrement d'étudiant-es (projets ou stages).

Mes expériences d'enseignement ont jusqu'à présent majoritairement concerné des groupes de petites tailles et des contenus théoriques. L'enseignement en grands groupes et l'enseignement de la programmation représentent pour moi un défi stimulant, compte tenu de mon intérêt pour l'expérimentation et l'amélioration des méthodes pédagogiques.

Pour les cours magistraux, je souhaite mettre en œuvre des approches d'apprentissage interactif adaptées aux effectifs importants, telles que le *think-pair-share* (on demande aux étudiant-es de réfléchir à une question, d'en discuter en petits groupes, et de partager leurs réflexions avec la classe) ou le *just-in-time teaching* (ensemble de méthodes qui permettent d'avoir des retours plus fréquents des étudiant-es pour adapter le contenu du cours).

Pour l'évaluation, je suis particulièrement intéressé par les dispositifs de Situation d'Apprentissage et d'Évaluation (SAÉ), aujourd'hui largement déployés dans les formations professionnalisantes. L'accompagnement des étudiant-es dans des travaux indépendants, souvent au cœur des SAÉ, constitue selon moi une opportunité privilégiée pour développer des compétences transversales essentielles : structuration du travail, gestion du temps, recherche autonome et communication scientifique. Ces modalités d'évaluation permettent une appréciation plus juste des acquis dans un contexte où l'accès aux LLM rend les évaluations classiques de résolution de problèmes plus fragiles.

Dans cette perspective, je souhaiterais faire évoluer progressivement la place accordée à la communication dans les rendus évalués. À l'heure où le produit final (code, texte ou solution) peut être partiellement automatisé, la capacité à expliquer, contextualiser et présenter un travail devient centrale. Par exemple, la communauté du développement informatique semble beaucoup apprécier les billets de blog qui expliquent de manière accessible et créative la résolution d'un problème. Proposer, par exemple, la rédaction d'un billet de blog accompagnant une solution technique me semble être une piste pertinente pour valoriser la compréhension et la vulgarisation.<sup>2</sup>

À plus long terme, je souhaite contribuer à l'aspect de formation à la pédagogie dans le cursus offert par le département. Dans un premier temps, j'aimerais organiser des rencontres régulières d'échange de pratiques entre enseignant-es, inspirées des dispositifs auxquels j'ai déjà participé. Ces échanges pourraient être élargis aux autres départements, notamment en lien avec des structures locales de didactique des mathématiques et de l'informatique (l'IREM, la licence MédiaTIC), afin de bénéficier de l'expertise de collègues spécialisé-es en pédagogie. À terme, ces réflexions pourront nourrir l'intégration explicite de contenus liés à la transmission des savoirs dans les UE telles que *Savoirs à enseigner pour enseigner* et *Programmes scolaires et questions vives*, ou une nouvelle UE plus spécifiques.

Enfin, je souhaite m'impliquer activement dans les actions de médiation scientifique portées par l'université. Dans un premier temps, je pourrais participer aux dispositifs déjà en place (tels que la Fête de la science, la semaine du numérique et des sciences informatiques, le stage *Les Fourmis {éclairées}*, la programmation d'Xperium), avant de proposer, dans un second temps, des nouvelles activités en lien avec mes thématiques de recherche et d'enseignement. Ces actions me paraissent essentielles pour ouvrir la communauté académique vers la société, rendre l'informatique plus accessible et contribuer à une meilleure diversité des publics poursuivant des études scientifiques.

---

2. Bien sûr, les LLM peuvent aussi écrire des billets de blogs, mais moins bien qu'ils peuvent coder (pour l'instant). De plus, un billet de blog serait rédigé dans un contexte propre aux élèves, ce qui leur demandera nécessairement plus d'investissement.

## 3 Recherche

Mes travaux se situent à l’intersection de la théorie des catégories, de la logique et de l’informatique. Un lien formel entre ces domaines a été découvert par Curry, Howard et plus tard Lambek, mais depuis lors, de nombreuses lignes de recherche utilisent des liens étroits qui tombent sous le terme générique de “computational trinitarianism”. Plus précisément, j’utilise le raisonnement algébrique et les diagrammes de cordes pour étudier la sémantique quantitative de programmes informatiques.

### 3.1 Sémantique quantitative

Un objectif central de la sémantique des programmes est l’étude de l’équivalence entre programmes : deux programmes sont équivalents lorsqu’ils ont des comportements indifférenciés à l’exécution. Cette notion classique peut toutefois être trop peu nuancée pour l’analyse de programmes modernes, en particulier ceux qui manipulent des données et des effets quantitatifs (capteurs bruités, modèles statistiques, etc.). Dans ces contextes, il est souvent préférable de quantifier à quel point deux programmes diffèrent plutôt que de trancher équivalents / non équivalents. La sémantique quantitative formalise cette idée en associant à chaque paire de programmes  $(P, Q)$  une distance  $d(P, Q)$  : petite si leurs comportements sont proches, grande sinon.

Dans [50] (avec Matteo Mio et Valeria Vignudelli), on propose un cadre algébrique pour raisonner sur des programmes combinant probabilisme et non-déterminisme. En se basant sur le formalisme de raisonnement algébrique quantitatif introduit dans [47], on présente un système logique qui permet de dériver des bornes supérieures sur la distance entre deux programmes (dans une syntaxe particulière).

Le résultat principal de [50] établit que la plus petite borne dérivable entre deux programmes coïncide avec la distance d’Hausdorff–Kantorovich, qui combine deux distances standard (Hausdorff et Kantorovich) pour étudier le non-déterminisme et le probabilisme séparément [24, 25, 69]. Notre contribution étend de manière non triviale des travaux antérieurs [14, 52] en intégrant la terminaison (de plusieurs manières).

Au début de ma thèse, je me suis penché sur l’axiomatisation de la distance de Łukaszyk–Karmowski (ŁK), proche de Kantorovich et récemment appliquée en apprentissage par renforcement [16]. Cette distance sort du cadre des algèbres quantitatives de [47], car l’opération de combinaison convexe n’est pas lipschitzienne et car ŁK n’est pas une métrique, deux conditions nécessaires de [47]. Dans [49], on introduit la notion de relèvement d’une signature afin de traiter des opérations non lipschitziennes et on généralise la notion de distance pour couvrir des exemples non métriques. Après l’adaptation des résultats clefs de [47], nous obtenons une axiomatisation de ŁK. Les relèvements de signature qu’on a introduits ont été utilisés pour généraliser encore d’autres résultats sur les algèbres quantitatives dans [38].

Dans [51], on pose une approche qui unifie plus directement raisonnements algébrique et quantitatif, et se rapproche de la logique équationnelle de Birkhoff [10]. Un résultat central en découle : toute distance concrète définie sur une structure algébrique peut être axiomatisée à partir de l’axiomatisation purement algébrique de la structure sous-jacente. C’est un résultat constructif qui couvre la grande majorité des axiomatisations quantitatives existantes. Mon manuscrit de thèse s’appuie largement sur [51], et j’y développe aussi une dernière généralisation de la notion de distance qui permet de placer sous un même toit raisonnement algébrique sur des espaces métriques et sur des espaces ordonnés, ce dernier étant omniprésent déjà aux origines de la sémantique [28, 29, 67].

### 3.2 Sémantique diagrammatique

Un obstacle structurel à l'analyse algébrique de programmes probabilistes est l'importance de la substitution dans le raisonnement algébrique standard, car cette dernière n'est pas tout le temps neutre en présence de comportements aléatoires. Un exemple simple dans la Figure 1 illustre ce point.

```

x = flip(0.5)
return x or x           return flip(0.5) or flip(0.5)

```

FIGURE 1 – Le programme à droite résulte d'une application de la substitution dans le programme de gauche. Si on interprète l'instruction `flip(0.5)` comme un lancer d'une pièce juste, les deux programmes ne sont pas équivalents. Celui de gauche retourne `true` 50% du temps, alors que celui de droite retourne `true` 25% du temps.

Les diagrammes de cordes (*string diagrams*) fournissent une syntaxe où la gestion des ressources est explicite. Dans la Figure 1, la copie de `x` doit empêcher la substitution par une expression dont le comportement n'est pas déterministe. Les diagrammes de cordes rendent cette copie explicite dans la syntaxe, ce qui permet de proscrire la substitution lors de l'analyse du programme.

La représentation de programmes par des diagrammes de cordes a connu un essor important ces dernières années, notamment à la suite de développements en informatique quantique [19, 20]. Ces diagrammes offrent un formalisme graphique compositionnel, dans lequel la structure des programmes et leurs interactions sont rendues explicites de manière visuellement intuitive. Cela conduit à l'émergence de syntaxes plus naturelles et parfois plus expressives dans divers domaines, tels que la théorie de la probabilité [26, 58, 70], l'apprentissage automatique [23, 73], la linguistique [18, 39], l'épidémiologie [4, 43] et la chimie [27, 46].



FIGURE 2 – Deux exemples de diagrammes de cordes issus de [57] et [71] respectivement.

Mes travaux récents portent sur des extensions du raisonnement diagrammatique, motivées par des applications en sémantique des programmes probabilistes. Ma collaboration avec Fabio Zanasi a débuté autour de l'ajout d'une dimension quantitative au raisonnement diagrammatique, en combinant mon expertise en sémantique quantitative et la sienne sur les diagrammes de cordes. Elle a conduit à [45] (avec Gabriele Lobbia et Wojciech Różowski), qui pose les bases du raisonnement diagrammatique quantitatif. On y introduit les équations quantitatives pour les diagrammes de cordes, qu'on utilise pour axiomatiser la distance de variation totale sur les matrices stochastiques. On a ensuite continué à développer ses idées pour aboutir à une axiomatisation de la divergence de Kullback–Leibler et des divergences de Rényi dans [64].

En parallèle, dans un contexte motivé par des questions de fiabilité de l'IA (workshops organisés par ARIA [1]), j'ai étudié des approches diagrammatiques de langages probabilistes et non-déterministes, via les monades graduées de [44] et les circuits probabilistes de [58]. Dans [66], on croise les idées de ces deux articles et on introduit une syntaxe pour les morphismes de catégories monoïdales graduées, en étendant la syntaxe classique. Dans l'application principale, les diagrammes modélisent des procédés stochastiques qui peuvent utiliser une source d'aléa non-déterministe. Cet article a donné lieu à une invitation à soumettre une version longue dans la revue *Logical Methods in Computer Science* [65]. Dans cette

version, on utilise cette même syntaxe diagrammatique pour représenter des interventions sur des réseaux Bayésien, des outils étudiés en inférence causale [55].

### 3.3 Projet d'intégration

Mes travaux s'inscrivent dans le domaine des méthodes formelles pour la vérification de programmes et pourraient bénéficier d'une intégration au sein de l'équipe SyCoMoRes de l'unité CRISTAL. Ci-dessous, je détaille un projet de recherche qui pourrait être mené à bien grâce à des collaborations avec les membres de cette équipe.

#### 3.3.1 Logiques diagrammatiques de programmes

Un fil conducteur de mes travaux est la caractérisation de notions d'équivalence, ou de distance (vue comme une version quantitative de l'équivalence), entre programmes, afin de traiter des questions du type :

Deux programmes ont-ils le même comportement ? À quel point diffèrent-ils ?

Cependant, pour de la vérification, il est tout aussi important d'établir des propriétés d'un programme sans le comparer à un autre, par exemple :

Un programme donné retourne-t-il toujours un nombre positif ?

Ces questions sont au cœur de la sémantique depuis l'introduction de la logique de Hoare [36]. Hoare propose des jugements, dits triplets de Hoare, de la forme  $\{P\} C \{Q\}$ , où  $C$  est un programme et  $P$  et  $Q$  sont des assertions portant respectivement sur les entrées et les sorties de  $C$ . Le triplet exprime que, pour toute exécution de  $C$ , si l'entrée satisfait  $P$ , alors la sortie satisfait  $Q$ . Par exemple,  $\{x : \text{Integer}\} \text{return } x^2 \{x \geq 0\}$  est valide, car le carré d'un entier est toujours positif. De nombreuses variantes (probabilistes, quantitatives, relationnelles, etc.) ont été développées pour capturer des langages et des spécifications plus riches, e.g. [3, 6, 7, 8, 35, 60].

Pour établir des propriétés de programmes avec un formalisme diagrammatique, je m'appuierai sur les diagrammes de rubans (*tape diagrams*) introduits par Bonchi et al. [12, 13, 15]<sup>3</sup>. Dans [12], la logique de Hoare est plongée dans un calcul (in)équationnel : programmes, assertions et triplets sont représentés par des diagrammes, et les règles de preuve sont dérivées via le raisonnement diagrammatique. Cette approche offre un avantage conceptuel majeur : elle place, dans un cadre unique, différentes logiques de type Hoare jusqu'ici étudiées séparément (notamment celles de [2, 9, 22, 54]), en clarifiant les structures primitives et les axiomes qui engendrent, par compositionnalité, les règles attendues.

Mon projet serait d'étendre ce cadre, encore essentiellement qualitatif, vers (1) des langages capables de représenter des programmes stochastiques, puis (2) des spécifications quantitatives. Je m'appuierai sur les travaux récents de Fabio Zanasi et de ses collaborateur-ices [58, 66, 70, 72], ainsi que sur [11, 15], qui proposent des axiomatisations diagrammatiques de langages probabilistes discrets et continus. L'objectif immédiat est de combiner tous ces ingrédients pour obtenir une présentation diagrammatique de variantes probabilistes de la logique de Hoare, telles que pH [35] ou VPHL [60].

Objectif à court terme

Concevoir une théorie diagrammatique dans laquelle on peut plonger des logiques de programmes impératifs probabilistes, notamment pH et VPHL.

3. J'ai travaillé avec Filippo Bonchi sur les diagrammes de rubans durant une école de recherche en 2022.



Les travaux récents de **Patrick Baillot** et **Leandro Gomes** [30, 31] étudient des cadres algébriques pour formaliser des logiques de programmes probabilistes (dont aHL), en s'appuyant sur des variantes d'algèbres de Kleene avec tests (KAT). Or, la sémantique diagrammatique de la logique de Hoare développée dans [12] est étroitement reliée à l'approche des KAT. Je compte donc articuler mon objectif à court terme autour d'échanges réguliers avec eux, afin (i) de choisir une classe de programmes et une notion de sémantique probabiliste compatibles avec une présentation diagrammatique, puis (ii) d'identifier un noyau structurel commun aux variantes probabilistes de logiques de Hoare (dans l'esprit de [12]).

Quand il deviendra pertinent de traiter la récursion et la terminaison avec ces outils. Je pourrais discuter avec **Vlad Rusu** et **David Nowak** (équipe 2XS), qui ont collaboré sur ces sujets [17, 53].

Dans un second temps, j'envisage d'enrichir le langage afin d'établir des propriétés quantitatives (à l'image du passage de l'équivalence à la distance entre programmes). Cela passera vraisemblablement par le plongement de logiques de Hoare quantitatives telles que apRHL [8], aHL [7] ou eRHL [3]. Des échanges avec plusieurs expert-es, notamment des auteur-ices de [12, 15], m'ont permis d'identifier des obstacles conceptuels qui empêchent, en l'état, de transposer directement la méthode de [12] au cas quantitatif<sup>4</sup>. Cet objectif bénéficiera donc d'avancées plus fondamentales sur la syntaxe diagrammatique et sa sémantique.

*Objectif à long terme*

Étendre la sémantique diagrammatique des triplets de Hoare à des assertions quantitatives, en vue d'y plonger les logiques apRHL, aHL, eRHL, etc.

Les compétences de Leandro Gomes et Patrick Baillot sont à nouveau pertinentes pour les aspects quantitatifs. Le premier a travaillé sur des logiques floues et leurs applications à des modèles de calcul pondéré [32, 33], tandis que le second développe des systèmes de types quantitatifs pour modéliser la sensibilité des programmes [61, 62], notamment en lien avec la confidentialité différentielle [63, 74]. Ces thématiques offrent des motivations concrètes pour développer un langage diagrammatique pour les spécifications quantitatives de programmes.

### 3.3.2 Objectifs ouverts

De loin, le langage de diagrammes de cordes le plus connu est le calcul ZX [19], utilisé en informatique quantique pour représenter, vérifier et optimiser des circuits pouvant être exécutés sur des ordinateurs quantiques. Selon moi, une raison importante de sa diffusion rapide est la disponibilité d'un écosystème d'outils permettant la manipulation automatisée de diagrammes (réécriture, normalisation, compilation, etc.) [41]. Il existe déjà plusieurs outils dédiés aux diagrammes de cordes en général [5, 21, 40, 42, 68], mais aucun ne semble satisfaire tous les besoins de la communauté. L'outil récent de Damien Pous [59] me semble être une option prometteuse car : (1) il s'intègre directement à un assistant de preuves (ROCQ), ce qui constitue un atout considérable pour la diffusion et l'accès à des tactiques complexes ; (2) l'outil n'utilise pas encore la pointe de la technologie pour formaliser les diagrammes qui permettrait d'avoir des fonctionnalités de bases. Je pourrais discuter de développement en Rocq avec des membres du laboratoire qui utilise ce langage comme **Florent Bréhard**, David Nowak, et Vlad Rusu.

Je note aussi que les travaux de **Raphaël Monat** sur la spécification et l'analyse de textes juridiques ouvrent une piste d'interaction possible. Même si ces questions n'ont pas encore été abordées via des outils catégoriques, des liens sont envisageables autour de CATALA [34, 48] et de l'usage de types dépendants, bien compris en sémantique catégorique.

4. Un problème similaire est abordé dans [37].



## 4 Références

- [1] ARIA. *Safeguarded AI Programme Thesis*. 2024. URL : <https://www.aria.org.uk/wp-content/uploads/2024/01/ARIA-Safeguarded-AI-Programme-Thesis-V1.pdf>.
- [2] Flavio ASCARI et al. *Sufficient Incorrectness Logic : SIL and Separation SIL*. 2024. arXiv : 2310.18156 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2310.18156>.
- [3] Martin AVANZINI et al. “A Quantitative Probabilistic Relational Hoare Logic”. In : *Proc. ACM Program. Lang.* 9.POPL (jan. 2025). DOI : 10.1145/3704876. URL : <https://doi.org/10.1145/3704876>.
- [4] John C. BAEZ et al. “A Categorical Framework for Modeling with Stock and Flow Diagrams”. In : *Mathematics of Public Health : Mathematical Modelling from the Next Generation*. Sous la dir. de Jummy DAVID et Jianhong WU. Cham : Springer International Publishing, 2023, p. 175-207. ISBN : 978-3-031-40805-2. DOI : 10.1007/978-3-031-40805-2\_8. URL : [https://doi.org/10.1007/978-3-031-40805-2\\_8](https://doi.org/10.1007/978-3-031-40805-2_8).
- [5] Krzysztof BAR, Aleks KISSINGER et Jamie VICARY. “Globular : An Online Proof Assistant for Higher-Dimensional Rewriting”. In : *1st International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD 2016)*. Sous la dir. de Delia KESNER et Brigitte PIENKA. T. 52. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2016, 34 :1-34 :11. ISBN : 978-3-95977-010-1. DOI : 10.4230/LIPIcs.FSCD.2016.34. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2016.34>.
- [6] Gilles BARTHE, Benjamin GRÉGOIRE et Santiago ZANELLA BÉGUELIN. “Formal certification of code-based cryptographic proofs”. In : *SIGPLAN Not.* 44.1 (jan. 2009), 90–101. ISSN : 0362-1340. DOI : 10.1145/1594834.1480894. URL : <https://doi.org/10.1145/1594834.1480894>.
- [7] Gilles BARTHE et al. “A program logic for union bounds”. English. In : *43rd international colloquium on automata, languages, and programming, ICALP 2016, Rome, Italy, July 12–15, 2016. Proceedings*. Id/No 107. Wadern : Schloss Dagstuhl – Leibniz Zentrum für Informatik, 2016, p. 15. ISBN : 978-3-95977-013-2. DOI : 10.4230/LIPIcs.ICALP.2016.107.
- [8] Gilles BARTHE et al. “Probabilistic Relational Reasoning for Differential Privacy”. In : *ACM Trans. Program. Lang. Syst.* 35.3 (nov. 2013). ISSN : 0164-0925. DOI : 10.1145/2492061. URL : <https://doi.org/10.1145/2492061>.
- [9] Nick BENTON. “Simple relational correctness proofs for static analyses and program transformations”. In : *Proceedings of the 31st ACM SIGPLAN-SIGACT Symposium on Principles of Programming Languages*. POPL ’04. Venice, Italy : Association for Computing Machinery, 2004, 14–25. ISBN : 158113729X. DOI : 10.1145/964001.964003. URL : <https://doi.org/10.1145/964001.964003>.
- [10] Garrett BIRKHOFF. “On the Structure of Abstract Algebras”. In : *Mathematical Proceedings of the Cambridge Philosophical Society* 31.4 (1935), 433–454. DOI : 10.1017/S0305004100013463.
- [11] Filippo BONCHI et Cipriano Junior CIOFFO. *Tapes as Stochastic Matrices of String Diagrams*. 2026. arXiv : 2601.01472 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2601.01472>.
- [12] Filippo BONCHI, Alessandro DI GIORGIO et Elena DI LAVORE. “A Diagrammatic Algebra for Program Logics”. In : *Foundations of Software Science and Computation Structures*. Sous la dir. de Parosh Aziz ABDULLA et Delia KESNER. Cham : Springer Nature Switzerland, 2025, p. 308-330. ISBN : 978-3-031-90897-2.

- [13] Filippo BONCHI, Alessandro DI GIORGIO et Alessio SANTAMARIA. “Deconstructing the Calculus of Relations with Tape Diagrams”. In : *Proc. ACM Program. Lang.* 7.POPL (2023). DOI : [10.1145/3571257](https://doi.org/10.1145/3571257). URL : <https://doi.org/10.1145/3571257>.
- [14] Filippo BONCHI, Ana SOKOLOVA et Valeria VIGNUDELLI. “The Theory of Traces for Systems with Nondeterminism and Probability”. In : *34th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS 2019, Vancouver, BC, Canada, June 24-27, 2019*. IEEE, 2019, 1–14. DOI : [10.1109/LICS.2019.8785673](https://doi.org/10.1109/LICS.2019.8785673). URL : <https://doi.org/10.1109/LICS.2019.8785673>.
- [15] Filippo BONCHI et al. “Tape Diagrams for Monoidal Monads”. In : *11th Conference on Algebra and Coalgebra in Computer Science (CALCO 2025)*. Sous la dir. de Corina CÎRSTEĂ et Alexander KNAPP. T. 342. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 11 :1-11 :24. ISBN : 978-3-95977-383-6. DOI : [10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.11](https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.11). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.11>.
- [16] Pablo Samuel CASTRO et al. “MICo : Improved representations via sampling-based state similarity for Markov decision processes”. In : (juin 2021). arXiv : [2106.08229](https://arxiv.org/abs/2106.08229) [cs.LG].
- [17] Horațiu CHEVAL, David NOWAK et Vlad RUSU. “Formal definitions and proofs for partial (co)recursive functions”. In : *Journal of Logical and Algebraic Methods in Programming* 141 (2024), p. 100999. ISSN : 2352-2208. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.jlamp.2024.100999>. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352220824000531>.
- [18] B. COECKE, M. SADRZADEH et S. CLARK. “Mathematical Foundations for Distributed Compositional Model of Meaning”. In : *Linguistic Analysis* 36 (2010). Lambek Festschrift, J. van Benthem, M. Moortgat, and W. Buszkowski (eds.), p. 345-384.
- [19] Bob COECKE et Ross DUNCAN. “Interacting quantum observables : categorical algebra and diagrammatics”. In : *New Journal of Physics* 13.4 (2011), p. 043016. DOI : [10.1088/1367-2630/13/4/043016](https://dx.doi.org/10.1088/1367-2630/13/4/043016). URL : <https://dx.doi.org/10.1088/1367-2630/13/4/043016>.
- [20] Bob COECKE et Aleks KISSINGER. *Picturing quantum processes. A first course in quantum theory and diagrammatic reasoning*. English. Cambridge : Cambridge University Press, 2017. ISBN : 978-1-107-10422-8 ; 978-1-316-21931-7. DOI : [10.1017/9781316219317](https://doi.org/10.1017/9781316219317).
- [21] Nathan CORBYN et al. “homotopy.io : A Proof Assistant for Finitely-Presented Globular n-Categories”. In : *9th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD 2024)*. Sous la dir. de Jakob REHOF. T. 299. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2024, 30 :1-30 :26. ISBN : 978-3-95977-323-2. DOI : [10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.30](https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.30). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.30>.
- [22] Patrick COUSOT et al. “Automatic Inference of Necessary Preconditions”. In : *Verification, Model Checking, and Abstract Interpretation*. Sous la dir. de Roberto GIACOBazzi, Josh BERDINE et Isabella MASTROENI. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2013, p. 128-148. ISBN : 978-3-642-35873-9.
- [23] Geoffrey S. H. CRUTTWELL et al. “Categorical foundations of gradient-based learning”. English. In : *Programming languages and systems. 31st European symposium on programming, ESOP 2022, held as part of the European joint conferences on theory and practice of software, ETAPS 2022, Munich, Germany, April 2–7, 2022. Proceedings*. Cham : Springer, 2022, p. 1-28. ISBN : 978-3-030-99335-1 ; 978-3-030-99336-8. DOI : [10.1007/978-3-030-99336-8\\_1](https://doi.org/10.1007/978-3-030-99336-8_1).

- [24] Norm FERNS, Prakash PANANGADEN et Doina PRECUP. “Bisimulation metrics for continuous Markov decision processes”. In : *SIAM J. Comput.* 40.6 (2011), p. 1662-1714. ISSN : 0097-5397,1095-7111. DOI : [10.1137/10080484X](https://doi.org/10.1137/10080484X). URL : <https://doi.org/10.1137/10080484X>.
- [25] Norm FERNS, Prakash PANANGADEN et Doina PRECUP. “Metrics for finite Markov decision processes”. In : *Proceedings of the 20th Conference on Uncertainty in Artificial Intelligence*. UAI '04. Banff, Canada : AUAI Press, 2004, 162–169. ISBN : 0974903906.
- [26] Tobias FRITZ. “A synthetic approach to Markov kernels, conditional independence and theorems on sufficient statistics”. In : *Advances in Mathematics* 370 (2020), p. 107239. ISSN : 0001-8708. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.aim.2020.107239>. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001870820302656>.
- [27] Ella GALE, Leo LOBSKI et Fabio ZANASI. “A categorical approach to synthetic chemistry”. English. In : *Theoretical aspects of computing – ICTAC 2023. 20th international colloquium, Lima, Peru, December 4–8, 2023. Proceedings*. Cham : Springer, 2023, p. 276-294. ISBN : 978-3-031-47962-5; 978-3-031-47963-2. DOI : [10.1007/978-3-031-47963-2\\_17](https://doi.org/10.1007/978-3-031-47963-2_17).
- [28] J. A. GOGUEN et al. “Initial Algebra Semantics and Continuous Algebras”. In : *J. ACM* 24.1 (1977), 68–95. ISSN : 0004-5411. DOI : [10.1145/321992.321997](https://doi.org/10.1145/321992.321997). URL : <https://doi.org/10.1145/321992.321997>.
- [29] Joseph A. GOGUEN et José MESEGUER. “Order-sorted algebra I : equational deduction for multiple inheritance, overloading, exceptions and partial operations”. In : *Theoretical Computer Science* 105.2 (1992), p. 217-273. ISSN : 0304-3975. DOI : [https://doi.org/10.1016/0304-3975\(92\)90302-V](https://doi.org/10.1016/0304-3975(92)90302-V). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/030439759290302V>.
- [30] Leandro GOMES, Patrick BAILLOT et Marco GABOARDI. “A Kleene Algebra with Tests for Union Bound Reasoning About Probabilistic Programs”. In : *33rd EACSL Annual Conference on Computer Science Logic (CSL 2025)*. Sous la dir. de Jörg ENDRULLIS et Sylvain SCHMITZ. T. 326. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 35 :1-35 :19. ISBN : 978-3-95977-362-1. DOI : [10.4230/LIPIcs.CSL.2025.35](https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CSL.2025.35). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CSL.2025.35>.
- [31] Leandro GOMES, Patrick BAILLOT et Marco GABOARDI. “BiGKAT : An Algebraic Framework for Relational Verification of Probabilistic Programs”. In : *Foundations of Software Science and Computation Structures : 28th International Conference, FoSSaCS 2025, Held as Part of the International Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2025, Hamilton, ON, Canada, May 3–8, 2025, Proceedings*. Hamilton, ON, Canada : Springer-Verlag, 2025, 243–264. ISBN : 978-3-031-90896-5. DOI : [10.1007/978-3-031-90897-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-90897-2_12). URL : [https://doi.org/10.1007/978-3-031-90897-2\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-031-90897-2_12).
- [32] Leandro GOMES, Alexandre MADEIRA et Luis S. BARBOSA. “Generalising KAT to verify weighted computations”. English. In : *Sci. Ann. Comput. Sci.* 29.2 (2019), p. 141-184. ISSN : 1843-8121. DOI : [10.7561/SACS.2019.2.141](https://doi.org/10.7561/SACS.2019.2.141).
- [33] Leandro GOMES, Alexandre MADEIRA et Luís Soares BARBOSA. “A semantics and a logic for Fuzzy Arden Syntax”. English. In : *Soft Comput.* 25.9 (2021), p. 6789-6805. ISSN : 1432-7643. DOI : [10.1007/s00500-021-05593-9](https://doi.org/10.1007/s00500-021-05593-9). URL : [hdl.handle.net/1822/78051](https://hdl.handle.net/1822/78051).
- [34] Pierre GOUTAGNY, Aymeric FROMHERZ et Raphaël MONAT. “CUTECat : Concolic Execution for Computational Law”. In : *Programming Languages and Systems*. Sous la dir. de Viktor VAFEIADIS. Cham : Springer Nature Switzerland, 2025, p. 31-61. ISBN : 978-3-031-91121-7.



- [35] J. I. den HARTOG et E. P. de VINK. “Verifying probabilistic programs using a Hoare like logic”. English. In : *Int. J. Found. Comput. Sci.* 13.3 (2002), p. 315-340. ISSN : 0129-0541. DOI : [10.1142/S012905410200114X](https://doi.org/10.1142/S012905410200114X). URL : [ris.utwente.nl/ws/files/6430751/denhartog02verifying.pdf](https://ris.utwente.nl/ws/files/6430751/denhartog02verifying.pdf).
- [36] C. A. R. HOARE. “An axiomatic basis for computer programming (1969)”. In : *Ideas that created the future—classic papers of computer science*. Reprinted from *Comm. ACM* 12 (1969), no. 10, 576–580. MIT Press, Cambridge, MA, 2021, p. 297-306. ISBN : [9780262045308].
- [37] Bart JACOBS. “A recipe for state-and-effect triangles”. English. In : *Log. Methods Comput. Sci.* 13.2 (2017). Id/No 6, p. 26. ISSN : 1860-5974. DOI : [10.23638/LMCS-13\(2:6\)2017](https://doi.org/10.23638/LMCS-13(2:6)2017).
- [38] Jan JURKA, Stefan MILIUS et Henning URBAT. “Algebraic Reasoning over Relational Structures”. In : *Electronic Notes in Theoretical Informatics and Computer Science Volume 4 - Proceedings of MFPS XL, 13* (2024). ISSN : 2969-2431. DOI : [10.46298/entics.14598](https://doi.org/10.46298/entics.14598). URL : <https://entics.episciences.org/14598>.
- [39] Dimitri KARTSAKLIS et al. “lambeq : An Efficient High-Level Python Library for Quantum NLP”. In : *CoRR abs/2110.04236* (2021). arXiv : [2110.04236](https://arxiv.org/abs/2110.04236). URL : <https://arxiv.org/abs/2110.04236>.
- [40] Aleks KISSINGER. *chyp : An interactive theorem prover for string diagrams*. <https://github.com/akissinger/chyp>. Accessed : 2026-01-06. 2026.
- [41] Aleks KISSINGER et John van de WETERING. “PyZX : Large Scale Automated Diagrammatic Reasoning”. In : *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science* 318 (mai 2020), 229–241. ISSN : 2075-2180. DOI : [10.4204/eptcs.318.14](https://doi.org/10.4204/eptcs.318.14). URL : <http://dx.doi.org/10.4204/EPTCS.318.14>.
- [42] Aleks KISSINGER et Vladimir ZAMDZHEV. “Quantomatic : A Proof Assistant for Diagrammatic Reasoning”. In : *Automated Deduction - CADE-25*. Springer International Publishing, 2015, 326–336. ISBN : 9783319214016. DOI : [10.1007/978-3-319-21401-6\\_22](https://doi.org/10.1007/978-3-319-21401-6_22). URL : [http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-21401-6\\_22](http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-21401-6_22).
- [43] Sophie LIBKIND et al. “An algebraic framework for structured epidemic modelling”. In : *Philosophical Transactions of the Royal Society A : Mathematical, Physical and Engineering Sciences* 380.2233 (août 2022). ISSN : 1471-2962. DOI : [10.1098/rsta.2021.0309](https://doi.org/10.1098/rsta.2021.0309). URL : <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2021.0309>.
- [44] Jack LIELL-COCK et Sam STATON. “Compositional Imprecise Probability : A Solution from Graded Monads and Markov Categories”. In : *Proc. ACM Program. Lang.* 9.POPL (jan. 2025). DOI : [10.1145/3704890](https://doi.org/10.1145/3704890). URL : <https://doi.org/10.1145/3704890>.
- [45] Gabriele LOBBIA et al. “Quantitative Monoidal Algebra : Axiomatising Distance with String Diagrams”. In : *50th International Symposium on Mathematical Foundations of Computer Science (MFCS 2025)*. Sous la dir. de Paweł GAWRYCHOWSKI, Filip MAZOWIECKI et Michał SKRZYPCZAK. T. 345. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 68 :1-68 :21. ISBN : 978-3-95977-388-1. DOI : [10.4230/LIPIcs.MFCS.2025.68](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.MFCS.2025.68). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.MFCS.2025.68>.
- [46] Leo LOBSKI et Fabio ZANASI. “String diagrams for layered explanations”. English. In : *Proceedings of the fifth international conference on applied category theory, ACT 2022, Glasgow, United Kingdom, July 18–22, 2022*. Waterloo : Open Publishing Association (OPA), 2023, p. 362-382. DOI : [10.4204/EPTCS.380.21](https://doi.org/10.4204/EPTCS.380.21).
- [47] Radu MARDARE, Prakash PANANGADEN et Gordon D. PLOTKIN. “Quantitative Algebraic Reasoning”. In : *Proceedings of the 31st Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS '16, New York, NY, USA, July 5-8, 2016*. Sous la dir. de Martin GROHE, Eric KOSKINEN et Natarajan SHANKAR. ACM, 2016, 700–709. DOI : [10.1145/2933575.2934518](https://doi.org/10.1145/2933575.2934518). URL : <https://doi.org/10.1145/2933575.2934518>.

- [48] Denis MERIGOUX, Nicolas CHATAING et Jonathan PROTZENKO. “Catala : a programming language for the law”. In : *Proc. ACM Program. Lang.* 5.ICFP (août 2021). DOI : 10.1145/3473582. URL : <https://doi.org/10.1145/3473582>.
- [49] Matteo MIO, Ralph SARKIS et Valeria VIGNUDELLI. “Beyond Nonexpansive Operations in Quantitative Algebraic Reasoning”. In : *Proceedings of the 37th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science*. LICS ’22. Haifa, Israel : Association for Computing Machinery, 2022. ISBN : 9781450393515. DOI : 10.1145/3531130.3533366. URL : <https://doi.org/10.1145/3531130.3533366>.
- [50] Matteo MIO, Ralph SARKIS et Valeria VIGNUDELLI. “Combining Nondeterminism, Probability, and Termination : Equational and Metric Reasoning”. In : *2021 36th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science (LICS)*. 2021, 1–14. DOI : 10.1109/LICS52264.2021.9470717. URL : <https://arxiv.org/abs/2012.00382>.
- [51] Matteo MIO, Ralph SARKIS et Valeria VIGNUDELLI. “Universal Quantitative Algebra for Fuzzy Relations and Generalised Metric Spaces”. In : *Logical Methods in Computer Science* Volume 20, Issue 4, 19 (2024). ISSN : 1860-5974. DOI : 10.46298/lmcs-20(4:19)2024. URL : <https://lmcs.episciences.org/12339>.
- [52] Matteo MIO et Valeria VIGNUDELLI. “Monads and Quantitative Equational Theories for Nondeterminism and Probability”. In : *31st International Conference on Concurrency Theory (CONCUR 2020)*. Sous la dir. d’Igor KONNOV et Laura KOVÁCS. T. 171. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2020, 28 :1-28:18. ISBN : 978-3-95977-160-3. DOI : 10.4230/LIPIcs.CONCUR.2020.28. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CONCUR.2020.28>.
- [53] David NOWAK et Vlad RUSU. “While Loops in Coq”. In : *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science* 389 (sept. 2023), 96–109. ISSN : 2075-2180. DOI : 10.4204/eptcs.389.8. URL : <http://dx.doi.org/10.4204/EPTCS.389.8>.
- [54] Peter W. O’HEARN. “Incorrectness logic”. In : *Proc. ACM Program. Lang.* 4.POPL (déc. 2019). DOI : 10.1145/3371078. URL : <https://doi.org/10.1145/3371078>.
- [55] Judea PEARL. *Causality : models, reasoning, and inference*. eng. Reprint with corr. Cambridge; Tokyo : Cambridge University Press, 2009. ISBN : 052189560X.
- [56] Daniela PETRIȘAN et Ralph SARKIS. “Semialgebras and Weak Distributive Laws”. In : *Proceedings 37th Conference on Mathematical Foundations of Programming Semantics, MFPS 2021, Hybrid : Salzburg, Austria and Online, 30th August - 2nd September, 2021*. Sous la dir. d’Ana SOKOLOVA. T. 351. EPTCS. 2021, p. 218-241. DOI : 10.4204/EPTCS.351.14. URL : <https://doi.org/10.4204/EPTCS.351.14>.
- [57] Robin PIEDELEU et Fabio ZANASI. *An Introduction to String Diagrams for Computer Scientists*. Elements in Applied Category Theory. Cambridge University Press, 2025.
- [58] Robin PIEDELEU et al. “A Complete Axiomatisation of Equivalence for Discrete Probabilistic Programming”. In : *Programming Languages and Systems*. Sous la dir. de Viktor VAFEIADIS. Cham : Springer Nature Switzerland, 2025, p. 202-229. ISBN : 978-3-031-91121-7.
- [59] Damien POUS. *String Diagrams for Monoidal Categories, in Rocq*. 2026. arXiv : 2602.19806 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2602.19806>.
- [60] Robert RAND et Steve ZDANCEWIC. “VPHL : A Verified Partial-Correctness Logic for Probabilistic Programs”. In : *Electronic Notes in Theoretical Computer Science* 319 (2015). The 31st Conference on the Mathematical Foundations of Programming Semantics (MFPS XXXI), p. 351-367. ISSN : 1571-0661. DOI : <https://doi.org/10.1016/j.entcs.2015.12.021>. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1571066115000882>.

- [61] Victor SANNIER et Patrick BAILLOT. “A Linear Type System for  $L^p$ -Metric Sensitivity Analysis”. In : *9th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD 2024)*. Sous la dir. de Jakob REHOF. T. 299. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2024, 12 :1-12 :22. ISBN : 978-3-95977-323-2. DOI : [10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.12](https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.12). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.12>.
- [62] Victor SANNIER et Patrick BAILLOT. “Dependent Coeffects for Local Sensitivity Analysis”. In : *Proceedings of POPL 2026*. To appear. Rennes, France, jan. 2026. URL : <https://hal.science/hal-05191122>.
- [63] Victor SANNIER, Patrick BAILLOT et Marco GABOARDI. “Session Types for the Concurrent Composition of Interactive Differential Privacy”. In : *2025 IEEE 38th Computer Security Foundations Symposium (CSF)*. 2025, p. 113-126. DOI : [10.1109/CSF64896.2025.00020](https://doi.org/10.1109/CSF64896.2025.00020).
- [64] Ralph SARKIS et Fabio ZANASI. *Complete Diagrammatic Axiomatisations of Relative Entropy*. 2026. arXiv : [2603.04530](https://arxiv.org/abs/2603.04530) [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2603.04530>.
- [65] Ralph SARKIS et Fabio ZANASI. *Graded String Diagrams for Imprecise Probability and Causal Intervention*. 2026. arXiv : [2501.18404](https://arxiv.org/abs/2501.18404) [math.CT]. URL : <https://arxiv.org/abs/2501.18404>.
- [66] Ralph SARKIS et Fabio ZANASI. “String Diagrams for Graded Monoidal Theories, with an Application to Imprecise Probability”. In : *11th Conference on Algebra and Coalgebra in Computer Science (CALCO 2025)*. Sous la dir. de Corina CÎRSTEĂ et Alexander KNAPP. T. 342. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 5 :1-5 :23. ISBN : 978-3-95977-383-6. DOI : [10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.5](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.5). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.5>.
- [67] Dana SCOTT et Christopher STRACHEY. “Toward a Mathematical Semantics for Computer Languages”. In : *Proceedings of the Symposium on Computers and Automata*. T. 21. 1971.
- [68] Paweł SOBOCIŃSKI, Paul W. WILSON et Fabio ZANASI. “CARTOGRAPHER : A Tool for String Diagrammatic Reasoning”. In : *8th Conference on Algebra and Coalgebra in Computer Science (CALCO 2019)*. Sous la dir. de Markus ROGGENBACH et Ana SOKOLOVA. T. 139. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2019, 20 :1-20 :7. ISBN : 978-3-95977-120-7. DOI : [10.4230/LIPIcs.CALCO.2019.20](https://doi.org/10.4230/LIPIcs.CALCO.2019.20). URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2019.20>.
- [69] Jinhua SONG et al. “Measuring the Distance Between Finite Markov Decision Processes”. In : *Proceedings of the 2016 International Conference on Autonomous Agents & Multiagent Systems. AAMAS ’16*. Singapore, Singapore : International Foundation for Autonomous Agents et Multiagent Systems, 2016, 468–476. ISBN : 9781450342391.
- [70] Dario STEIN et al. *Graphical Quadratic Algebra*. 2024. arXiv : [2403.02284](https://arxiv.org/abs/2403.02284) [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2403.02284>.
- [71] Kayo TEI et al. “Graph Rewriting Language as a Platform for Quantum Diagrammatic Calculi”. In : *arXiv preprint arXiv :2511.15581* (2025).
- [72] Mateo TORRES-RUIZ et al. *A Complete Diagrammatic Calculus for Conditional Gaussian Mixtures*. 2025. arXiv : [2510.04649](https://arxiv.org/abs/2510.04649) [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2510.04649>.



- [73] Paul WILSON et Fabio ZANASI. “Categories of differentiable polynomial circuits for machine learning”. In : *Graph transformation*. T. 13349. Lecture Notes in Comput. Sci. Springer, Cham, 2022, p. 77-93. ISBN : 978-3-031-09842-0 ; 978-3-031-09843-7. DOI : [10.1007/978-3-031-09843-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09843-7_5). URL : [https://doi.org/10.1007/978-3-031-09843-7\\_5](https://doi.org/10.1007/978-3-031-09843-7_5).
- [74] june WUNDER et al. “Bunched Fuzz : Sensitivity for Vector Metrics”. In : *Programming Languages and Systems*. Sous la dir. de Thomas WIES. Cham : Springer Nature Switzerland, 2023, p. 451-478. ISBN : 978-3-031-30044-8.