

Projet de recherche

La sémantique des programmes constitue les fondements théoriques des méthodes formelles pour la vérification de programmes. Une approche phare de ce domaine est la compositionnalité : on analyse un programme en étudiant chaque instruction qui le compose et on combine les informations en suivant la façon dont les instructions sont combinées. Le raisonnement algébrique est une méthode compositionnelle exploitée en sémantique par de nombreux pionniers des fondements mathématiques de l'informatique (Scott [131], Goguen [72], Plotkin [86], Hyland [86], Moggi [109], etc.) pour étudier l'équivalence de programmes. Récemment, il a été étendu dans deux directions prometteuses¹.

D'une part, les algèbres quantitatives, introduites dans [105], permettent d'étudier les distances entre programmes avec des méthodes proches du raisonnement algébrique. Dans certains contextes, notamment en présence procédés stochastiques, cela produit une analyse plus fine du comportement des programmes. Quantifier l'écart de comportements est une étape nécessaire pour répondre à des questions concernant, par exemple, la confidentialité d'une requête de base de données, la robustesse d'un algorithme sensible au bruit, la fiabilité d'une solution approximative, etc.

D'autre part, 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 [45, 46]. Ces diagrammes offrent un formalisme graphique compositionnel, dans lequel la structure des programmes et leurs interactions sont rendues explicites de manière visuellement intuitive. Cela a conduit à l'émergence de syntaxes plus naturelles et parfois plus expressives dans divers domaines, tels que la théorie de la probabilité [65, 118, 134], l'apprentissage automatique [54, 138], la linguistique [44, 88], l'épidémiologie [9, 102] et la chimie [66, 104].



FIGURE 1 – Deux exemples de diagrammes de cordes issus de [117] et [135] respectivement.

À travers mes recherches sur le raisonnement algébrique quantitatif et les diagrammes de cordes, notamment pour des applications en sémantique des programmes, j'ai identifié un ensemble de questions auxquelles je pourrais donner des réponses, et qui seront pertinentes pour la communauté scientifique des méthodes formelles. J'ai structuré mon projet autour de trois axes complémentaires :

1. Sémantique diagrammatique pour les preuves sur les programmes.
2. Réécriture de diagrammes de cordes.
3. Cadres théoriques et leurs modèles.

1. Je détaille ces lignes de recherche et ma contribution à celles-ci dans mon rapport des travaux antérieurs.

J'en profiterai pour davantage motiver le raisonnement diagrammatique², en traitant de deux atouts significatifs.

1. Le formalisme des diagrammes de cordes mène à une clarification des structures étudiées et à une unification de concepts.
2. La syntaxe diagrammatique est plus expressive que la syntaxe standard, en restant tout de même intuitive.

Après la présentation de ces axes, je formulerai quelques questions secondaires mettant en lumière des enjeux de médiation scientifique associés à ces lignes de recherche. Finalement, je préciserai mon projet d'intégration dans les quatre laboratoires suivant : CRISAL (Lille), IRIF (Paris), LIPN (Villetaneuse) et LIS (Marseille).

Axe 1 : Représentation diagrammatique des programmes

Le premier axe vise à développer des langages de diagrammes de cordes suffisamment expressifs pour représenter des programmes réalistes et raisonner sur leur comportement.

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. Cela permet de traiter des questions du type :

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

Cependant, il est souvent souhaitable d'établir des propriétés d'un programme, sans le comparer à d'autres, par exemple :

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

Ce genre de questions se posent abstraitement depuis l'avènement de la sémantique, notamment suite à l'introduction de la logique de Hoare [84]. 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. Hoare montre qu'un petit ensemble de règles de preuve permet de dériver des propriétés non triviales sur des fragments impératifs. Depuis, de nombreuses variantes ont été développées (probabilistes, quantitatives, etc.) pour capturer des langages et des spécifications plus riches, e.g. [6, 10, 11, 13, 82, 119].

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. [21, 22, 29].³ Dans [21], 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 : il permet de placer, dans un cadre unique, différentes logiques

2. D'après mon expérience, la sémantique quantitative demande moins d'argument pour convaincre alors je n'en développerai pas plus ici.

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

de type Hoare qui étaient jusqu’ici étudiées séparément (notamment celles de [5, 18, 48, 114]). De plus, cette unification ne repose pas sur l’ajout d’une couche de complexité, mais sur la clarification des structures primitives et des axiomes qui engendrent, par compositionnalité, les règles nécessaires.

Mon objectif est d’étendre ce cadre, encore essentiellement qualitatif, vers (i) des langages capables de représenter des programmes stochastiques, puis (ii) des spécifications quantitatives. Je m’appuierai sur les travaux récents de Fabio Zanasi et de ses collaborateur·ices [118, 130, 134, 136], ainsi que sur [29], qui proposent des axiomatisations diagrammatiques de langages probabilistes discrets et continus. L’objectif immédiat est de combiner ces ingrédients pour obtenir une présentation diagrammatique de variantes probabilistes de la logique de Hoare, telles que pH [82] ou VPHL [119].

Objectif à court terme

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

L’accomplissement de cet objectif serait possiblement l’opportunité de faire apparaître un noyau structurel commun à différentes logiques, comme l’ont fait Bonchi et al.

Dans un second temps, j’envisage enrichir le langage pour 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 quantitatives telles que apRHL [13], aHL [11] ou eRHL [6]. Des échanges avec plusieurs expert·es, notamment des auteur·ices de [21, 29], m’ont permis d’identifier des obstacles conceptuels qui empêchent, en l’état, de transposer directement la méthode de [21] au cas quantitatif⁴. J’estime donc que c’est un objectif à plus long terme qui bénéficierait des développements de l’axe 3.

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.

Enfin, en parallèle, je pourrais étudier l’adaptation de ces idées à d’autres effets calculatoires (non probabilistes). En particulier, le calcul quantique, qui est déjà très développé du point de vue diagrammatique [46], et l’ordre supérieur, indispensable en programmation fonctionnelle, qui a été traité plusieurs fois [1, 8, 69, 120].

Axe 2 : Réécriture

Le deuxième axe est consacré à la réécriture de diagramme de cordes, à la fois comme moteur du raisonnement automatique et comme approche opérationnelle de la sémantique. Dans le monde algébrique standard, la réécriture de termes est un outil largement étudié [7, 19]. Récemment, une série d’articles [26, 27, 28] a établi une correspondance précise entre la réécriture de diagrammes de cordes et la réécriture d’hypergraphes via la méthode dite

4. Un problème similaire est abordé dans [87].

de *double pushout* venant de la littérature sur les transformations de graphes [47, 79]. Cela permet de transposer facilement les résultats et les algorithmes existant au raisonnement diagrammatique. D'ailleurs plusieurs assistants de preuves basés sur cette correspondance ont été développées pour automatiser la réécriture de diagrammes : CARTOGRAPHER [133] et CHYP [93] sont des outils génériques, et QUANTOMATIC [96] et PYZX [95] sont des outils spécifiques aux diagrammes représentant des procédés quantiques.

Cette approche est applicable pour certains langages de diagrammes de cordes, mais pas tous. Je travaille actuellement, dans le contexte d'un projet national sur la fiabilité de l'intelligence artificielle [3], pour appliquer la réécriture d'hypergraphes aux diagrammes utilisés dans [25] pour représenter la logique du premier ordre.⁵ Cela permettrait de modéliser les preuves de cette logique par des séquences de réécriture—il est impossible d'automatiser ces preuves sans contredire Gödel [71].

Objectif à court terme

Établir une correspondance entre la réécriture d'hypergraphes et la réécriture des diagrammes de [25].

Je chercherai ensuite à obtenir un résultat similaire pour d'autres extensions du langage diagrammatique, notamment celle que j'ai développé dans [130] et celle placée au cœur du premier axe.

Objectif à moyen terme

Établir d'autres correspondances similaires avec les diagrammes de [21, 130].

Dans cet axe, je voudrais aussi aborder la réécriture quantitative pour relier mes recherches sur le raisonnement diagrammatique quantitatif [103]. Les résultats récents de [67] montrent l'utilité de la réécriture quantitative pour obtenir des modèles de calculs plus expressifs. Rajouter une dimension diagrammatique permettrait d'encore enrichir ces modèles. De plus, il y a une connexion possible avec la réécriture de graphes, car il y a plusieurs travaux consacrés à des notions stochastiques de transformation de réécriture de graphes [14, 16].

Axe 3 : Théories et modèles

Le troisième axe porte sur la conception de nouvelles théories diagrammatiques et sur les modèles (au sens sémantique) qu'elles capturent. Un enjeu principal est l'expressivité.

Deux résultats récents illustrent l'avantage du raisonnement diagrammatique sur ce terrain. D'une part, [116] caractérise les algèbres de Kleene (un outil mathématique fécond en sémantique) avec des diagrammes de cordes et un nombre fini d'axiomes, alors que Redko a montré que toute axiomatisation dans la notation classique nécessite une infinité d'axiomes [121]. D'autre part, [25] introduit une syntaxe basée sur les diagrammes de cordes pour caractériser le calcul des relations (un outil central aux méthodes algébriques

5. J'explique le point central de cet article dans le troisième axe.

en logique) et en donne une axiomatisation finie; là encore, ce résultat contourne un théorème d'impossibilité de Monk [110] valable pour la notation classique.

De plus, Bonchi et al. ont démontré dans [24] que le raisonnement algébrique classique peut être vue comme un cas spécifique du raisonnement diagrammatique. Les algèbres quantitatives sont aussi strictement plus générales que les algèbres classiques⁶. On peut donc imaginer une ultime extension du raisonnement algébrique qui unifierait les deux extensions mentionnées dans l'introduction.

C'est cet objectif qui a lancé ma collaboration avec Fabio Zanasi. Notre article [103] constitue une première étape dans cette direction. La Figure 2 résume les inclusions des différents cadres étudiés. Le raisonnement algébrique (RA) est contenu dans les raisonnements diagrammatiques (RD) et algébrique quantitatif (RAQ). Le cadre développé dans [103] couvre tout RD et une partie de RAQ, mais ne peut pas traiter une grande partie de RAQ. L'objectif central de cet axe est donc de combler ce manque.

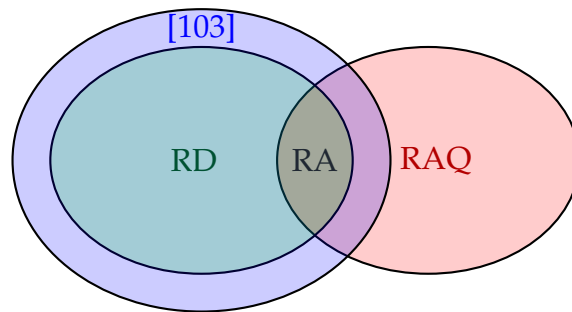


FIGURE 2 – Un résumé des relations entre les différents raisonnements équationnels.

Objectif à moyen terme

Développer les structures syntaxiques et sémantiques nécessaires pour faciliter un raisonnement diagrammatique quantitatif couvrant RD, RA, et RAQ.

Au-delà de son intérêt intrinsèque, cet objectif est motivé par des applications concrètes. Je prévois même que ces dernières guideront la mise en place des solutions⁷.

Premièrement, j'estime que les outils développés ici seront indispensable pour obtenir un langage diagrammatique assez expressif pour les logiques de programmes de l'axe 1. En particulier, l'introduction d'une syntaxe et d'une sémantique pour des assertions quantitatives pourrait permettre de couvrir une plus grande part de RAQ.

Deuxièmement, je souhaite orienter la conception du cadre théorique par l'étude de modèles plus variés. J'ai déjà appliqué mes résultats à la sémantique de programmes probabilistes, mais d'autres applications concrètes sont envisageables. Notamment, en informatique quantique, où des raisonnements de ce type apparaissent de manière informelle [31, 85, 94], et en cryptographie, où un premier exemple est développé dans [70].

6. Ce n'est pas difficile à voir, mais cela avait été laissé implicite jusqu'à la rédaction de mon manuscrit de thèse [129, Exemples 3.70 et 3.71]

7. C'est l'approche que j'ai privilégié dans mes travaux antérieurs.

Je pourrais m'aiguiller vers d'autres domaines où les diagrammes de cordes, et plus largement l'approche compositionnelle, ont montré leur efficacité : l'apprentissage, la modélisation scientifique, la chimie, etc.

Médiation scientifique

À travers ma recherche et mes activités de médiation, j'ai découvert que les diagrammes de cordes peuvent rendre accessibles à un grand public des notions de mathématiques et d'informatique contemporaines et abstraites. La série de billets *Graphical Linear Algebra* [132] est, à mes yeux, un exemple remarquable : elle vulgarise l'algèbre linéaire via le raisonnement diagrammatique. Dans le même esprit, le livre destiné au lycéen·es sur le calcul ZX [43] et les expériences d'enseignement [55], dont je me suis déjà inspiré, permettent d'aborder des concepts profonds de l'informatique quantique avant l'université. J'aimerais identifier d'autres modèles du raisonnement diagrammatique, au moins aussi abordables que ces exemples précédents. Cela me permettra de communiquer sur ma recherche auprès de publics non spécialistes.

Une ligne de recherche qui m'est encore étrangère est celle de la didactique. Est-il avantageux de traiter de certains sujets avec le langage diagrammatique ? À partir de quel niveau ? Est-ce que cet avantage est homogène dans tous les groupes d'élèves ? Voilà des débuts de pistes dont j'aimerais discuter davantage avec des expert·es de la didactique et de la médiation.

En parallèle, je souhaite explorer des retombées logicielles à visée de diffusion, en partie inspirées des outils mentionnés dans l'axe 2. Je pourrais prototyper des interfaces pédagogiques, similaires à Scratch [122], permettant de visualiser les étapes de réflexions à mettre en valeur dans la logique formelle, la vérification de programmes, etc.

Projets d'intégration

CRISAL. Dans le laboratoire CRISAL l'équipe SyCoMoRes constitue un bon environnement pour mon projet, car elle explore des questions de méthodes formelles, offrant à la fois des liens méthodologiques et des domaines d'applications pour mes recherches.

Des travaux récents de **Patrick Baillot** et **Leandro Gomes** [73, 74] étudient des cadres algébriques pour formaliser des logiques de programmes probabilistes (dont aHL), en s'appuyant sur une variante des algèbres de Kleene avec tests (KAT). Or, la sémantique diagrammatique de la logique de Hoare développée dans [21] est étroitement reliée à l'approche KAT. Je pourrai donc m'appuyer sur leur expertise dans le contexte probabiliste pour traiter les premiers objectifs concrets de l'axe 1.

Ces deux mêmes chercheurs ont aussi des compétences pertinentes pour les aspects quantitatifs du projet : **Leandro Gomes** a notamment travaillé sur des logiques floues et leurs applications à des modèles de calcul pondéré [75, 76], tandis que **Patrick Baillot** développe des systèmes de types quantitatifs pour modéliser la sensibilité des programmes [126, 127], et en particulier la confidentialité différentielle [128, 140].

Pour des questions inévitables sur la récursion et la terminaison, je pourrais m'appuyer sur l'expertise de **Vlad Rusu**, et celle de **David Nowak** de l'équipe 2XS, qui ont collaboré sur ces sujets [37, 113]. Enfin, les travaux de **Raphaël Monat** sur la spécification et l'analyse de textes juridiques ouvrent une piste d'interaction à plus long terme : même si ces questions n'ont pas encore été abordées via des outils catégoriques, des liens sont envisageables, par exemple autour de CATALA [77, 108] et de l'usage de types dépendants, bien compris en sémantique catégorique.

IRIF. À l'IRIF, mon intégration naturelle se ferait au sein du pôle *Preuves, programmes et systèmes*, dont les thématiques recouvrent directement les trois axes de mon projet.

Un premier point d'ancrage est la réécriture (axe 2), notamment les travaux de **Nicolas Behr** et **Jean Krivine** sur la réécriture de graphes [14, 30, 49] et ses applications en chimie [16], et les fondements catégoriques de la réécriture [15]. Comme leur approche est catégorique, je pourrais facilement communiquer avec eux sur nos problématiques. Je pourrais également participer au groupe de travail *Catégories supérieures, polygraphes et homotopie*, organisé par **François Métayer**, où la réécriture est un sujet récurrent. De plus, la réécriture stochastique est déjà bien étudiée à l'IRIF par Nicolas ainsi que **Claudia Faggian** [14, 17, 62, 63] pour les graphes et le λ -calcul. Ces travaux pourront inspirer mes recherches (plus générales) sur la réécriture quantitative.

Une deuxième concentration importante à l'IRIF concerne la formalisation. L'intégration des outils existants d'automatisation du raisonnement diagrammatique dans des assistants de preuve génériques (Rocq, Lean, etc.) pourrait constituer un objectif à court terme qui s'inscrit dans les projets de formalisation portés à l'IRIF, notamment COREACT et MALINCA. À plus long terme, la conception de langages diagrammatiques plus expressifs étendra naturellement cet objectif.

Finalement, pour les aspects probabilistes et quantitatifs de mon projet, il y a plusieurs collaborations envisageables. Mes travaux antérieurs avec **Daniela Petrişan** ont conduit à quelques questions encore ouvertes sur les aspects théoriques de la combinaison de non-déterminisme et du probabilisme [4, 78, 115, 125]. De plus, son expertise en approches catégoriques fibrées, notamment pour la sémantique quantitative [23], pourrait fournir un nouveau regard sur les problématiques de l'axe 3. En effet, une lacune de mon article [103] par rapport aux algèbres quantitatives est l'absence de contextes riches et les catégories fibrées sont une solution standard pour modéliser des contextes. D'autres chercheurs et chercheuses à l'IRIF pourraient apporter leur expertise sur le point de vue fibré, comme **Gabriel Scherer** [42] et **Paul-André Melliès** [107], ce dernier étant particulièrement versé sur le raisonnement diagrammatique. Enfin, les travaux de **Thomas Ehrhard** [56, 57, 58, 59, 60, 61], **Claudia Faggian** [58, 64, 101, 124], et **Guillaume Geoffroy** [59, 68] sur la sémantique dénotationnelle des langages probabilistes, parfois avec des aspects quantitatifs, offrent une grande possibilité de partage de connaissances pour atteindre mes objectifs en sémantique.

LIPN. Au LIPN, l'équipe LoCal porte des thématiques intégrantes à mon projet comme la logique, la sémantique, et les catégories, donc elle constituerait un environnement

favorable pour atteindre mes objectifs et en explorer de nouveaux.

Je pense qu'une collaboration avec **Marie Kerjean** et **Damiano Mazza** pourrait mener à des avancées en théorie de l'intelligence artificielle. Plus spécifiquement, sur une ligne de recherche récente appliquant le raisonnement diagrammatique à l'apprentissage automatique passant par les catégories à dérivation inverse (*Reverse Derivative Categories*) [36, 54, 138, 139]. Ces structures sont étroitement apparentées à celles mobilisées par Marie dans ses travaux sur la logique linéaire différentielle [89, 90, 92], et elles modélisent un aspect de la dérivation automatique, un intérêt notable des recherches de Damiano [35, 106]. Ce contexte fournit donc un terrain commun pour articuler nos différentes expertises autour d'un même but. Je note en particulier qu'un outil central dans les résultats de [36, 54] est la *para construction* pour laquelle j'ai formalisé un langage diagrammatique dans [130].

Il existe deux autres collaborations potentielles qui reposent sur mon article [130]. Les travaux de **Flavien Breuvert** [32, 33, 34] utilisent également des structures graduées pour la sémantique d'effets calculatoires. La dimension quantitative de ses résultats suggère des pistes de discussion en lien avec les axes 1 et 3 de mon projet. **Morgan Rogers** est expert du point de vue catégorique sur les actions de monoïdes [83, 123] et mon travail sur la *para construction* repose sur une catégorification de la notion d'action, ce qui ouvre des liens techniques possibles.

Finalement, **Marie Kerjean** et **Micaela Mayero** ont lancé un projet de didactique visant l'enseignement des mathématiques avec des assistants de preuve [91]. Je souhaiterais m'appuyer sur leurs expériences pour tester mes hypothèses sur les apports pédagogiques du raisonnement diagrammatique.

LIS. Au LIS, l'équipe LSC représenterait un cadre particulièrement propice à la réalisation de mon projet, grâce à la forte culture de sémantique catégorique partagée par ses membres.

Je pourrais en premier lieu m'appuyer sur l'expertise de **Raphaëlle Crubillé** en sémantique dénotationnelle des langages probabilistes : ses travaux sur les λ -calculs intégrant des choix aléatoires [12, 51, 52, 53] offrent des pistes concrètes pour aborder l'ordre supérieur, un domaine encore peu exploré du point de vue diagrammatique. De plus, sa thèse [50] aborde en profondeur la sémantique quantitative de ces calculs, ce qui élargit notre socle commun de discussion et de collaboration.

Dans d'autres directions, **Tito Nguyễn** cherche à caractériser et répond à plusieurs questions de complexité pour diverses classes de transducteurs [20, 111, 112]. Vu que l'approche algébrique est centrale dans ce domaine, j'estime que le raisonnement diagrammatique pourrait être fécond également, notamment en s'inspirant des diagrammes de cordes pour les langages réguliers [2, 116]. L'expertise de **Luigi Santocanale** en raisonnement algébrique fournirait également des outils et des points de comparaison utiles pour guider mes développements. Je considère aussi une collaboration avec **Pierre Clairambault** autour du calcul quantique, dont il a déjà étudié une sémantique [39, 40, 41], car cela reste l'application phare des diagrammes de cordes.

Enfin, mon intégration au LIS pourrait bénéficier de synergies avec l'équipe *Logique de la programmation* de l'I2M, qui collabore déjà étroitement avec LSC. Les travaux d'**Yves Lafont** sur la réécriture et les diagrammes de cordes [97, 98, 99, 100] rejoignent directement

mon projet, tandis que ceux de **Lionel Vaux Auclair** sur la logique linéaire et les réseaux de preuves [38, 80, 81, 137], partagent de nombreuses structures sous-jacentes avec les formalismes diagrammatiques que j'étudie.

Références

- [1] Mario ALVAREZ-PICALLO et al. « Rewriting for monoidal closed categories ». English. In : *7th international conference on formal structures for computation and deduction, FSCD 2022, Haifa, Israel, August 2–5, 2022*. Id/No 29. Wadern : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2022, p. 20. ISBN : 978-3-95977-233-4. DOI : 10.4230/LIPIcs.FSCD.2022.29.
- [2] Thibaut ANTOINE et al. « A Complete Diagrammatic Calculus for Automata Simulation ». 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, 27 :1-27 :22. ISBN : 978-3-95977-362-1. DOI : 10.4230/LIPIcs.CSL.2025.27. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CSL.2025.27>.
- [3] ARIA. *Safeguarded AI Programme Thesis*. 2024. URL : <https://www.aria.org.uk/wp-content/uploads/2024/01/ARIA-Safeguarded-AI-Programme-Thesis-V1.pdf>.
- [4] Quentin ARISTOTE. « Monotone Weak Distributive Laws over the Lifted Powerset Monad in Categories of Algebras ». In : *42nd International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, STACS 2025, Jena, Germany, March 4-7, 2025*. Sous la dir. d’Olaf BEYERSDORFF et al. T. 327. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 10 :1-10 :20. DOI : 10.4230/LIPICS.STACS.2025.10. URL : <https://doi.org/10.4230/LIPIcs.STACS.2025.10>.
- [5] Flavio ASCARI et al. *Sufficient Incorrectness Logic : SIL and Separation SIL*. 2024. arXiv : 2310.18156 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2310.18156>.
- [6] 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>.
- [7] Franz BAADER et Tobias NIPKOW. *Term rewriting and all that*. English. Cambridge : Cambridge University Press, 1999. ISBN : 0-521-77920-0; 0-521-45520-0. DOI : 10.1017/CB09781139172752.
- [8] J. BAEZ et M. STAY. « Physics, Topology, Logic and Computation : A Rosetta Stone ». In : *New Structures for Physics*. Sous la dir. de Bob COECKE. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2011, p. 95-172. ISBN : 978-3-642-12821-9. DOI : 10.1007/978-3-642-12821-9_2. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-642-12821-9_2.
- [9] 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.

- [10] 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>.
- [11] 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.
- [12] Gilles BARTHE et al. « On Feller continuity and full abstraction ». In : *Proc. ACM Program. Lang.* 6.ICFP (2022), p. 826-854. DOI : 10 . 1145 / 3547651. URL : <https://doi.org/10.1145/3547651>.
- [13] 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>.
- [14] Nicolas BEHR, Vincent DANOS et Ilias GARNIER. « Stochastic mechanics of graph rewriting ». In : *Proceedings of the 31st Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science - LICS '16*. Sous la dir. de Martin GROHE, Eric KOSKINEN et Natarajan SHANKAR. ACM Press, 2016. DOI : 10 . 1145 / 2933575 . 2934537. URL : <https://doi.org/10.1145/2933575.2934537>.
- [15] Nicolas BEHR, Russ HARMER et Jean KRIVINE. « Fundamentals of compositional rewriting theory ». In : *J. Log. Algebraic Methods Program.* 135 (2023), p. 100893. DOI : 10.1016/J.JLAMP.2023.100893. URL : <https://doi.org/10.1016/j.jlamp.2023.100893>.
- [16] Nicolas BEHR et Jean KRIVINE. « Rewriting Theory for the Life Sciences : A Unifying Theory of CTMC Semantics ». In : *Graph Transformation : 13th International Conference, ICGT 2020, Held as Part of STAF 2020, Bergen, Norway, June 25–26, 2020, Proceedings*. T. 12150. Lecture Notes in Computer Science. Springer Nature Switzerland AG, mai 2020, p. 185-202. DOI : 10 . 1007 / 978 - 3 - 030 - 51372 - 6 _ 11. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-030-51372-6_11.
- [17] Nicolas BEHR, Maryam Ghaffari SAADAT et Reiko HECKEL. « Commutators for Stochastic Rewriting Systems : Theory and Implementation in Z3 ». In : *Proceedings of the Eleventh International Workshop on Graph Computation Models, GCM@STAF 2020, Online-Workshop, 24th June 2020*. Sous la dir. de Berthold HOFFMANN et Mark MINAS. T. 330. EPTCS. 2020, p. 126-144. DOI : 10.4204/EPTCS.330.8. URL : <https://doi.org/10.4204/EPTCS.330.8>.
- [18] 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>.

- [19] Marc BEZEM, Jan Willem KLOP et Roel de VRIJER, éd. *Terese. Term rewriting systems*. English. T. 55. Camb. Tracts Theor. Comput. Sci. Cambridge : Cambridge University Press, 2003. ISBN : 0-521-39115-6.
- [20] Mikolaj BOJANCZYK et Lê Thành Dung NGUYỄN. « Algebraic Recognition of Regular Functions ». In : *50th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming, ICALP 2023, Paderborn, Germany, July 10-14, 2023*. Sous la dir. de Kousha ETESSAMI, Uriel FEIGE et Gabriele PUPPIS. T. 261. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2023, 117 :1-117 :19. DOI : 10.4230/LIPICS.ICALP.2023.117. URL : <https://doi.org/10.4230/LIPICS.ICALP.2023.117>.
- [21] 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.
- [22] 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. URL : <https://doi.org/10.1145/3571257>.
- [23] Filippo BONCHI, Barbara KÖNIG et Daniela PETRISAN. « Up-to techniques for behavioural metrics via fibrations ». In : *Math. Struct. Comput. Sci.* 33.4-5 (2023), p. 182-221. DOI : 10.1017/S0960129523000166. URL : <https://doi.org/10.1017/s0960129523000166>.
- [24] Filippo BONCHI, Paweł SOBOCIŃSKI et Fabio ZANASI. « Deconstructing Lawvere with distributive laws ». In : *J. Log. Algebr. Methods Program.* 95 (2018), p. 128-146. ISSN : 2352-2208,2352-2216. DOI : 10.1016/j.jlamp.2017.12.002. URL : <https://doi.org/10.1016/j.jlamp.2017.12.002>.
- [25] Filippo BONCHI et al. « Diagrammatic Algebra of First Order Logic ». In : *Proceedings of the 39th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science*. LICS '24. Tallinn, Estonia : Association for Computing Machinery, 2024. ISBN : 9798400706608. DOI : 10.1145/3661814.3662078. URL : <https://doi.org/10.1145/3661814.3662078>.
- [26] Filippo BONCHI et al. « String diagram rewrite theory. I : Rewriting with Frobenius structure ». English. In : *J. ACM* 69.2 (2022). Id/No 14, p. 58. ISSN : 0004-5411. DOI : 10.1145/3502719. URL : discovery.ucl.ac.uk/id/eprint/10147745/.
- [27] Filippo BONCHI et al. « String diagram rewrite theory. II : Rewriting with symmetric monoidal structure ». English. In : *Math. Struct. Comput. Sci.* 32.4 (2022), p. 511-541. ISSN : 0960-1295. DOI : 10.1017/S0960129522000317.
- [28] Filippo BONCHI et al. « String diagram rewrite theory. III : Confluence with and without Frobenius ». English. In : *Math. Struct. Comput. Sci.* 32.7 (2022), p. 829-869. ISSN : 0960-1295. DOI : 10.1017/S0960129522000123.

- [29] 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. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.11>.
- [30] Pierre BOUTILLIER, Thomas EHRHARD et Jean KRIVINE. « Incremental Update for Graph Rewriting ». In : *Programming Languages and Systems - 26th European Symposium on Programming, ESOP 2017, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2017, Uppsala, Sweden, April 22-29, 2017, Proceedings*. Sous la dir. d'Hongseok YANG. T. 10201. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2017, p. 201-228. DOI : 10.1007/978-3-662-54434-1_8. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-662-54434-1_8.
- [31] Spencer BREINER, Carl A. MILLER et Neil J. ROSS. « Graphical Methods in Device-Independent Quantum Cryptography ». In : *Quantum* 3 (mai 2019), p. 146. ISSN : 2521-327X. DOI : 10.22331/q-2019-05-27-146. URL : <https://doi.org/10.22331/q-2019-05-27-146>.
- [32] Flavien BREUVART, Marie KERJEAN et Simon MIRWASSER. « Unifying Graded Linear Logic and Differential Operators ». In : *CoRR* abs/2402.09138 (2024). DOI : 10.48550/ARXIV.2402.09138. arXiv : 2402.09138. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2402.09138>.
- [33] Flavien BREUVART, Dylan MCDERMOTT et Tarmo UUSTALU. « Canonical Gradings of Monads ». In : *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science* 380 (août 2023), 1–21. ISSN : 2075-2180. DOI : 10.4204/eptcs.380.1. URL : <http://dx.doi.org/10.4204/EPTCS.380.1>.
- [34] Flavien BREUVART et Michele PAGANI. « Modelling Coeffects in the Relational Semantics of Linear Logic ». In : *24th EACSL Annual Conference on Computer Science Logic (CSL 2015)*. Sous la dir. de Stephan KREUTZER. T. 41. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2015, p. 567-581. ISBN : 978-3-939897-90-3. DOI : 10.4230/LIPIcs.CSL.2015.567. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CSL.2015.567>.
- [35] Aloïs BRUNEL, Damiano MAZZA et Michele PAGANI. « Backpropagation in the Simply Typed Lambda-Calculus with Linear Negation ». In : *Proceedings of the ACM on Programming Languages* 4.POPL :64 (2020).
- [36] Matteo CAPUCCI et al. « Towards Foundations of Categorical Cybernetics ». In : *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science* 372 (nov. 2022), 235–248. ISSN : 2075-2180. DOI : 10.4204/eptcs.372.17. URL : <http://dx.doi.org/10.4204/EPTCS.372.17>.

- [37] 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>.
- [38] Jules CHOUQUET et Lionel Vaux AUCLAIR. « An application of parallel cut elimination in multiplicative linear logic to the Taylor expansion of proof nets ». In : *Log. Methods Comput. Sci.* 17.4 (2021). DOI : 10.46298/LMCS-17(4:22)2021. URL : [https://doi.org/10.46298/lmcs-17\(4:22\)2021](https://doi.org/10.46298/lmcs-17(4:22)2021).
- [39] Pierre CLAIRAMBAULT et Marc de VISME. « Full abstraction for the quantum lambda-calculus ». In : *Proc. ACM Program. Lang.* 4.POPL (2020), 63 :1-63 :28. DOI : 10.1145/3371131. URL : <https://doi.org/10.1145/3371131>.
- [40] Pierre CLAIRAMBAULT, Marc de VISME et Glynn WINSKEL. « Concurrent Quantum Strategies ». In : *Reversible Computation - 11th International Conference, RC 2019, Lausanne, Switzerland, June 24-25, 2019, Proceedings*. Sous la dir. de Michael Kirke-dal THOMSEN et Mathias SOEKEN. T. 11497. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2019, p. 3-19. DOI : 10.1007/978-3-030-21500-2_1. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-030-21500-2_1.
- [41] Pierre CLAIRAMBAULT, Marc de VISME et Glynn WINSKEL. « Game semantics for quantum programming ». In : *Proc. ACM Program. Lang.* 3.POPL (2019), 32 :1-32 :29. DOI : 10.1145/3290345. URL : <https://doi.org/10.1145/3290345>.
- [42] Bryce CLARKE, Gabriel SCHERER et Noam ZEILBERGER. « The free bifibration on a functor ». In : *CoRR* abs/2511.07314 (2025). DOI : 10.48550/ARXIV.2511.07314. arXiv : 2511.07314. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2511.07314>.
- [43] B. COECKE et S. GOGIOSO. *Quantum in Pictures*. Quantinuum, 2022.
- [44] 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.
- [45] 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. URL : <https://dx.doi.org/10.1088/1367-2630/13/4/043016>.
- [46] 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.

- [47] A. CORRADINI et al. « Algebraic Approaches To Graph Transformation – Part I : Basic Concepts and Double Pushout Approach ». In : *Handbook of Graph Grammars and Computing by Graph Transformation*. 1997. Chap. 3, p. 163-245. DOI : 10.1142/9789812384720_0003. eprint : https://www.worldscientific.com/doi/pdf/10.1142/9789812384720_0003. URL : https://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/9789812384720_0003.
- [48] 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.
- [49] Ioana CRISTESCU, Walter FONTANA et Jean KRIVINE. « Interactions between Causal Structures in Graph Rewriting Systems ». In : *Proceedings 3rd Workshop on formal reasoning about Causation, Responsibility, and Explanations in Science and Technology, CREST@ETAPS 2018, Thessaloniki, Greece, 21st April 2018*. Sous la dir. de Bernd FINKBEINER et Samantha KLEINBERG. T. 286. EPTCS. 2018, p. 65-78. DOI : 10.4204/EPTCS.286.6. URL : <https://doi.org/10.4204/EPTCS.286.6>.
- [50] Raphaëlle CRUBILLÉ. « Behavioural distances for probabilistic higher-order programs. (Distances comportementales pour des programmes probabilistes d'ordre supérieur) ». Thèse de doct. Sorbonne Paris Cité, France, 2019. URL : <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03041550>.
- [51] Raphaëlle CRUBILLÉ. « Probabilistic Stable Functions on Discrete Cones are Power Series ». In : *Proceedings of the 33rd Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS 2018, Oxford, UK, July 09-12, 2018*. Sous la dir. d'Anuj DAWAR et Erich GRÄDEL. ACM, 2018, p. 275-284. DOI : 10.1145/3209108.3209198. URL : <https://doi.org/10.1145/3209108.3209198>.
- [52] Raphaëlle CRUBILLÉ et Ugo Dal LAGO. « Metric Reasoning About λ -Terms : The General Case ». In : *Programming Languages and Systems - 26th European Symposium on Programming, ESOP 2017, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2017, Uppsala, Sweden, April 22-29, 2017, Proceedings*. Sous la dir. d'Hongseok YANG. T. 10201. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2017, p. 341-367. DOI : 10.1007/978-3-662-54434-1_13. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-662-54434-1_13.
- [53] Raphaëlle CRUBILLÉ et Ugo Dal LAGO. « On Probabilistic Applicative Bisimulation and Call-by-Value λ -Calculi ». In : *Programming Languages and Systems - 23rd European Symposium on Programming, ESOP 2014, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2014, Grenoble, France, April 5-13, 2014, Proceedings*. Sous la dir. de Zhong SHAO. T. 8410. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2014, p. 209-228. DOI : 10.1007/978-3-642-54833-8_12. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-642-54833-8_12.

- [54] 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.
- [55] Selma DÜNDAR-COECKE et al. « Quantum Pictorialism : Learning Quantum Theory in High School ». In : *2023 IEEE International Conference on Quantum Computing and Engineering (QCE)*. T. 03. 2023, p. 21-32. DOI : 10.1109/QCE57702.2023.20321.
- [56] Thomas EHRHARD. « Cones as a model of intuitionistic linear logic ». In : *Proceedings of the 35th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science. LICS '20*. Saarbrücken, Germany : Association for Computing Machinery, 2020, 370–383. ISBN : 9781450371049. DOI : 10.1145/3373718.3394758. URL : <https://doi.org/10.1145/3373718.3394758>.
- [57] Thomas EHRHARD. « Differentials and distances in probabilistic coherence spaces ». In : *Log. Methods Comput. Sci.* 18.3 (2022). DOI : 10.46298/LMCS-18(3:2)2022. URL : [https://doi.org/10.46298/lmcs-18\(3:2\)2022](https://doi.org/10.46298/lmcs-18(3:2)2022).
- [58] Thomas EHRHARD, Claudia FAGGIAN et Michele PAGANI. « The Sum-Product Algorithm For Quantitative Multiplicative Linear Logic ». In : *8th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD 2023)*. Sous la dir. de Marco GABOARDI et Femke van RAAMSDONK. T. 260. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2023, 8 :1-8 :18. ISBN : 978-3-95977-277-8. DOI : 10.4230/LIPIcs.FSCD.2023.8. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2023.8>.
- [59] Thomas EHRHARD et Guillaume GEOFFROY. « Integration in Cones ». In : *Logical Methods in Computer Science Volume 21, Issue 1, 1* (2025). ISSN : 1860-5974. DOI : 10.46298/lmcs-21(1:1)2025. URL : <https://lmcs.episciences.org/10815>.
- [60] Thomas EHRHARD, Michele PAGANI et Christine TASSON. « Full Abstraction for Probabilistic PCF ». In : *J. ACM* 65.4 (2018), 23 :1-23 :44. DOI : 10.1145/3164540. URL : <https://doi.org/10.1145/3164540>.
- [61] Thomas EHRHARD et Christine TASSON. « Probabilistic call by push value ». In : *Log. Methods Comput. Sci.* 15.1 (2019). DOI : 10.23638/LMCS-15(1:3)2019. URL : [https://doi.org/10.23638/LMCS-15\(1:3\)2019](https://doi.org/10.23638/LMCS-15(1:3)2019).
- [62] Claudia FAGGIAN. « Probabilistic Rewriting and Asymptotic Behaviour : on Termination and Unique Normal Forms ». In : *Log. Methods Comput. Sci.* 18.2 (2022). DOI : 10.46298/LMCS-18(2:5)2022. URL : [https://doi.org/10.46298/lmcs-18\(2:5\)2022](https://doi.org/10.46298/lmcs-18(2:5)2022).

- [63] Claudia FAGGIAN. « Probabilistic Rewriting : Normalization, Termination, and Unique Normal Forms ». In : *4th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction, FSCD 2019, Dortmund, Germany, June 24-30, 2019*. Sous la dir. d'Herman GEUVERS. T. 131. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2019, 19 :1-19 :25. DOI : 10 . 4230/LIPICS . FSCD . 2019 . 19. URL : <https://doi.org/10.4230/LIPICS.FSCD.2019.19>.
- [64] Claudia FAGGIAN et Simona Ronchi Della ROCCA. « Lambda Calculus and Probabilistic Computation ». In : *34th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS 2019, Vancouver, BC, Canada, June 24-27, 2019*. IEEE, 2019, p. 1-13. DOI : 10 . 1109/LICS . 2019 . 8785699. URL : <https://doi.org/10.1109/LICS.2019.8785699>.
- [65] 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>.
- [66] 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.
- [67] Francesco GAVAZZO et Cecilia DI FLORIO. *Quantitative and Metric Rewriting : Abstract, Non-Expansive, and Graded Systems*. Juin 2022. arXiv : 2206.13610v1 [cs.LO]. URL : <http://arxiv.org/abs/2206.13610v1> ; <http://arxiv.org/pdf/2206.13610v1>.
- [68] Guillaume GEOFFROY. « Extensional Denotational Semantics of Higher-Order Probabilistic Programs, Beyond the Discrete Case ». In : *CoRR abs/2104.06016* (2021). arXiv : 2104.06016. URL : <https://arxiv.org/abs/2104.06016>.
- [69] Dan GHICA et Fabio ZANASI. *String Diagrams for λ -calculi and Functional Computation*. 2024. arXiv : 2305.18945 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2305.18945>.
- [70] Alessandro Di GIORGIO, Pawel SOBOCINSKI et Niels VOORNEVELD. *Parametric Iteration in Resource Theories*. 2025. arXiv : 2510.23413 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2510.23413>.
- [71] Kurt GÖDEL. « Über formal unentscheidbare Sätze der Principia Mathematica und verwandter Systeme I ». In : *Monatshefte für Mathematik und Physik* 38.1 (déc. 1931), p. 173-198. DOI : 10.1007/BF01700692. URL : <https://doi.org/10.1007/BF01700692>.
- [72] 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. URL : <https://doi.org/10.1145/321992.321997>.

- [73] 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. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CSL.2025.35>.
- [74] 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. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-031-90897-2_12.
- [75] 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.
- [76] 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. URL : hdl.handle.net/1822/78051.
- [77] 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.
- [78] Alexandre GOY, Daniela PETRIȘAN et Marc AIGUIER. « Powerset-Like Monads Weakly Distribute over Themselves in Toposes and Compact Hausdorff Spaces ». In : *48th International Colloquium on Automata, Languages, and Programming (ICALP 2021)*. Sous la dir. de Nikhil BANSAL, Emanuela MERELLI et James WORRELL. T. 198. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2021, 132 :1–132 :14. ISBN : 978-3-95977-195-5. DOI : 10.4230/LIPIcs.ICALP.2021.132. URL : <https://drops.dagstuhl.de/opus/volltexte/2021/14201>.
- [79] « Graph Transformation Systems ». In : *Fundamentals of Algebraic Graph Transformation*. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg, 2006, p. 37-71. ISBN : 978-3-540-31188-1. DOI : 10.1007/3-540-31188-2_3. URL : https://doi.org/10.1007/3-540-31188-2_3.

- [80] Rémi Di GUARDIA et al. « Yeo’s Theorem for Locally Colored Graphs : the Path to Sequentialization in Linear Logic ». In : *10th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction, FSCD 2025, Birmingham, UK, July 14-20, 2025*. Sous la dir. de Maribel FERNÁNDEZ. T. 337. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 16 :1-16 :18. DOI : 10.4230/LIPICS.FSCD.2025.16. URL : <https://doi.org/10.4230/LIPICS.FSCD.2025.16>.
- [81] Giulio GUERRIERI et al. « Confluence for Proof-Nets via Parallel Cut Elimination ». In : *LPAR 2024 : Proceedings of 25th Conference on Logic for Programming, Artificial Intelligence and Reasoning, Port Louis, Mauritius, May 26-31, 2024*. Sous la dir. de Nikolaj S. BJØRNER, Marijn HEULE et Andrei VORONKOV. T. 100. EPiC Series in Computing. EasyChair, 2024, p. 464-483. DOI : 10.29007/VKFN. URL : <https://doi.org/10.29007/vkfn>.
- [82] 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. URL : ris.utwente.nl/ws/files/6430751/denhartog02verifying.pdf.
- [83] Jens HEMELAER et Morgan ROGERS. « Geometric morphisms between toposes of monoid actions : factorization systems ». English. In : *Theory Appl. Categ.* 40 (2024), p. 80-129. ISSN : 1201-561X. URL : www.tac.mta.ca/tac/volumes/40/4/40-04abs.html.
- [84] 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].
- [85] Nicholas Gauguin HOUGHTON-LARSEN. « A Mathematical Framework for Causally Structured Dilations and its Relation to Quantum Self-Testing ». PhD thesis. Copenhagen, Denmark : University of Copenhagen, 2021. arXiv : 2103.02302 [quant-ph]. URL : <https://arxiv.org/abs/2103.02302>.
- [86] Martin HYLAND, Gordon PLOTKIN et John POWER. « Combining effects : Sum and tensor ». In : *Theoretical Computer Science* 357.1 (2006). Clifford Lectures and the Mathematical Foundations of Programming Semantics, 70–99. ISSN : 0304-3975. DOI : 10.1016/j.tcs.2006.03.013. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304397506002659>.
- [87] 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.
- [88] Dimitri KARTSAKLIS et al. « lambeq : An Efficient High-Level Python Library for Quantum NLP ». In : *CoRR* abs/2110.04236 (2021). arXiv : 2110.04236. URL : <https://arxiv.org/abs/2110.04236>.

- [89] Marie KERJEAN et Jean-Simon Pacaud LEMAY. « Higher-Order Distributions for Differential Linear Logic ». In : *Foundations of Software Science and Computation Structures - 22nd International Conference, FOSSACS 2019, Held as Part of the European Joint Conferences on Theory and Practice of Software, ETAPS 2019, Prague, Czech Republic, April 6-11, 2019, Proceedings*. Sous la dir. de Mikolaj BOJANCZYK et Alex SIMPSON. T. 11425. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2019, p. 330-347. DOI : 10.1007/978-3-030-17127-8_19. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-030-17127-8_19.
- [90] Marie KERJEAN, Valentin MAESTRACCI et Morgan ROGERS. « Functorial Models of Differential Linear Logic ». In : *10th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction, FSCD 2025, Birmingham, UK, July 14-20, 2025*. Sous la dir. de Maribel FERNÁNDEZ. T. 337. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 26 :1-26 :17. DOI : 10.4230/LIPICS.FSCD.2025.26. URL : <https://doi.org/10.4230/LIPICS.FSCD.2025.26>.
- [91] Marie KERJEAN, Micaela MAYERO et Pierre ROUSSELIN. « Maths with Coq in L1, a pedagogical experiment ». In : *Proceedings The 13th International Workshop on Theorem proving components for Educational software, ThEdu@CADE 2024, Nancy, France, 1-2nd July 2024*. Sous la dir. de Julien NARBOUX, Walther NEUPER et Pedro QUARESMA. T. 419. EPTCS. Mai 2024, p. 112-123. DOI : 10.4204/EPTCS.419.7. URL : <https://doi.org/10.4204/EPTCS.419.7>.
- [92] Marie Morgane KERJEAN et Pierre-Marie PÉDROT. « δ is for Dialectica ». In : *Proceedings of the 39th Annual ACM/IEEE Symposium on Logic in Computer Science, LICS 2024, Tallinn, Estonia, July 8-11, 2024*. Sous la dir. de Pawel SOBOCINSKI, Ugo Dal LAGO et Javier ESPARZA. ACM, 2024, 48 :1-48 :13. DOI : 10.1145/3661814.3662106. URL : <https://doi.org/10.1145/3661814.3662106>.
- [93] Aleks KISSINGER. *chyp : An interactive theorem prover for string diagrams*. <https://github.com/akissinger/chyp>. Accessed : 2026-01-06. 2026.
- [94] Aleks KISSINGER, Sean TULL et Bas WESTERBAAN. *Picture-perfect Quantum Key Distribution*. 2017. arXiv : 1704.08668 [quant-ph]. URL : <https://arxiv.org/abs/1704.08668>.
- [95] 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. URL : <http://dx.doi.org/10.4204/EPTCS.318.14>.
- [96] 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. URL : http://dx.doi.org/10.1007/978-3-319-21401-6_22.
- [97] Yves LAFONT. « Algebra and geometry of rewriting ». English. In : *Appl. Categ. Struct.* 15.4 (2007), p. 415-437. ISSN : 0927-2852. DOI : 10.1007/s10485-007-9083-6.

- [98] Yves LAFONT. « Diagram rewriting and operads ». English. In : *Operads 2009. Proceedings of the school and conference, Luminy, France, April 20–30, 2009*. Paris : Société Mathématique de France, 2011, p. 163-179. ISBN : 978-2-85629-363-8. URL : smf4.emath.fr/Publications/SeminairesCongres/2013/26/html/smf_sem-cong_26_163-179.php.
- [99] Yves LAFONT. « Towards an algebraic theory of Boolean circuits ». In : *Journal of Pure and Applied Algebra* 184.2 (2003), p. 257-310. ISSN : 0022-4049. DOI : [https://doi.org/10.1016/S0022-4049\(03\)00069-0](https://doi.org/10.1016/S0022-4049(03)00069-0). URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022404903000690>.
- [100] Yves LAFONT et Pierre RANNOU. « Diagram rewriting for orthogonal matrices : A study of critical peaks ». English. In : *Rewriting techniques and applications. 19th international conference, RTA 2008, Hagenberg, Austria, July 15–17, 2008. Proceedings*. Berlin : Springer, 2008, p. 232-245. ISBN : 978-3-540-70588-8. DOI : 10.1007/978-3-540-70590-1_16.
- [101] Ugo Dal LAGO et al. « The geometry of parallelism : classical, probabilistic, and quantum effects ». In : *Proceedings of the 44th ACM SIGPLAN Symposium on Principles of Programming Languages, POPL 2017, Paris, France, January 18-20, 2017*. Sous la dir. de Giuseppe CASTAGNA et Andrew D. GORDON. ACM, 2017, p. 833-845. DOI : 10.1145/3009837.3009859. URL : <https://doi.org/10.1145/3009837.3009859>.
- [102] 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. URL : <http://dx.doi.org/10.1098/rsta.2021.0309>.
- [103] 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>.
- [104] 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.
- [105] 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. URL : <https://doi.org/10.1145/2933575.2934518>.

- [106] Damiano MAZZA et Michele PAGANI. « Automatic Differentiation in PCF ». In : *Proceedings of the ACM on Programming Languages* 5.POPL :28 (2021).
- [107] Paul-André MELLIÈS et Noam ZEILBERGER. « A bifibrational reconstruction of Lawvere’s presheaf hyperdoctrine ». 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, p. 555-564. DOI : 10.1145/2933575.2934525. URL : <https://doi.org/10.1145/2933575.2934525>.
- [108] 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>.
- [109] Eugenio MOGGI. « Notions of computation and monads ». In : *Information and Computation* 93.1 (1991). Selections from 1989 IEEE Symposium on Logic in Computer Science, 55–92. ISSN : 0890-5401. DOI : 10.1016/0890-5401(91)90052-4. URL : <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0890540191900524>.
- [110] Donald MONK. « On representable relation algebras ». In : *Michigan Math. J.* 11 (1964), p. 207-210. ISSN : 0026-2285,1945-2365. URL : <http://projecteuclid.org/euclid.mmj/1028999131>.
- [111] Lê Thành Dung NGUYÊN, Camille NOÛS et Cécilia PRADIC. « Two-way automata and transducers with planar behaviours are aperiodic ». In : *CoRR* abs/2307.11057 (2023). DOI : 10.48550/ARXIV.2307.11057. arXiv : 2307.11057. URL : <https://doi.org/10.48550/arXiv.2307.11057>.
- [112] Lê Thành Dung NGUYÊN et Gabriele VANONI. « Slightly Non-Linear Higher-Order Tree Transducers ». In : *42nd International Symposium on Theoretical Aspects of Computer Science, STACS 2025, Jena, Germany, March 4-7, 2025*. Sous la dir. d’Olaf BEYERSDORFF et al. T. 327. LIPIcs. Schloss Dagstuhl - Leibniz-Zentrum für Informatik, 2025, 68 :1-68 :20. DOI : 10.4230/LIPICS.STACS.2025.68. URL : <https://doi.org/10.4230/LIPICS.STACS.2025.68>.
- [113] 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>.
- [114] 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>.
- [115] 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>.

- [116] Robin PIEDELEU et Fabio ZANASI. « A Finite Axiomatisation of Finite-State Automata Using String Diagrams ». In : *Logical Methods in Computer Science* Volume 19, Issue 1 (fév. 2023). DOI : 10.46298/lmcs-19(1:13)2023. URL : <https://lmcs.episciences.org/10963>.
- [117] Robin PIEDELEU et Fabio ZANASI. *An Introduction to String Diagrams for Computer Scientists*. Elements in Applied Category Theory. Cambridge University Press, 2025.
- [118] 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.
- [119] 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>.
- [120] Callum READER et Alessandro Di GIORGIO. *String Diagrams for Closed Symmetric Monoidal Categories*. 2025. arXiv : 2512.06499 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2512.06499>.
- [121] Valentin N REDKO. « On defining relations for the algebra of regular events ». In : *Ukrainskii Matematicheskii Zhurnal* 16.1 (1964), p. 120-126.
- [122] Mitchel RESNICK et al. « Scratch : programming for all ». In : *Commun. ACM* 52.11 (nov. 2009), 60–67. ISSN : 0001-0782. DOI : 10.1145/1592761.1592779. URL : <https://doi.org/10.1145/1592761.1592779>.
- [123] Morgan ROGERS. « Toposes of topological monoid actions ». English. In : *Compositionality* 5.1 (2023), p. 49. ISSN : 2631-4444. DOI : 10.32408/compositionality-5-1.
- [124] Simona RONCHI DELLA ROCCA, Ugo DAL LAGO et Claudia FAGGIAN. « Solvability in a Probabilistic Setting ». In : *5th International Conference on Formal Structures for Computation and Deduction (FSCD 2020)*. Sous la dir. de Zena M. ARIOLA. T. 167. Leibniz International Proceedings in Informatics (LIPIcs). Dagstuhl, Germany : Schloss Dagstuhl – Leibniz-Zentrum für Informatik, 2020, 1 :1-1 :17. ISBN : 978-3-95977-155-9. DOI : 10.4230/LIPIcs.FSCD.2020.1. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2020.1>.
- [125] Aloïs ROSSET, Helle Hvid HANSEN et Jörg ENDRULLIS. « Algebraic Presentation of Semifree Monads ». In : *Coalgebraic Methods in Computer Science*. Sous la dir. d'Helle Hvid HANSEN et Fabio ZANASI. Cham : Springer International Publishing, 2022, p. 110-132. ISBN : 978-3-031-10736-8.

- [126] 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. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.FSCD.2024.12>.
- [127] 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>.
- [128] 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.
- [129] Ralph SARKIS. « Lifting Algebraic Reasoning to Generalized Metric Spaces ». PhD thesis. Lyon, France : ENS de Lyon, 2024. DOI : 10.5281/zenodo.14001076.
- [130] 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. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2025.5>.
- [131] Dana SCOTT et Christopher STRACHEY. « Toward a Mathematical Semantics for Computer Languages ». In : *Proceedings of the Symposium on Computers and Automata*. T. 21. 1971.
- [132] Paweł SOBOCIŃSKI. *Graphical Linear Algebra*. <https://graphicallinearalgebra.net/>. Online ; accessed January 7, 2026. 2015–2017.
- [133] 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. URL : <https://drops.dagstuhl.de/entities/document/10.4230/LIPIcs.CALCO.2019.20>.
- [134] Dario STEIN et al. *Graphical Quadratic Algebra*. 2024. arXiv : 2403.02284 [cs.LO]. URL : <https://arxiv.org/abs/2403.02284>.
- [135] Kayo TEI et al. « Graph Rewriting Language as a Platform for Quantum Diagrammatic Calculi ». In : *arXiv preprint arXiv :2511.15581* (2025).

- [136] Mateo TORRES-RUIZ et al. *A Complete Diagrammatic Calculus for Conditional Gaussian Mixtures*. 2025. arXiv : 2510.04649 [cs.LG]. URL : <https://arxiv.org/abs/2510.04649>.
- [137] Lionel VAUX. « Differential Linear Logic and Polarization ». In : *Typed Lambda Calculi and Applications, 9th International Conference, TLCA 2009, Brasilia, Brazil, July 1-3, 2009. Proceedings*. Sous la dir. de Pierre-Louis CURIEN. T. 5608. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2009, p. 371-385. DOI : 10.1007/978-3-642-02273-9_27. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-642-02273-9_27.
- [138] 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. URL : https://doi.org/10.1007/978-3-031-09843-7_5.
- [139] Paul WILSON et Fabio ZANASI. « Reverse derivative ascent : a categorical approach to learning Boolean circuits ». English. In : *Proceedings of the 3rd annual international applied category theory conference 2020, ACT 2020, Cambridge, USA, July 6–10, 2020*. Waterloo : Open Publishing Association (OPA), 2021, p. 247-260. URL : eptcs.web.cse.unsw.edu.au/paper.cgi?ACT2020.17.
- [140] 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.