

I. Identification / Données administratives

DI MOLFETTA Giuseppe

Naissance : le 29 juillet 1985 à Bari (Italie)

Adresse professionnelle : Laboratoire LIS, *Équipe de Calcule Naturel (CaNa)*, Parc scientifique et technologique de Luminy, 163, avenue de Luminy – Case 901F-13288 Marseille Cedex 9

Tél : +33-(0)4-86-09-04-64

Mél : giuseppe.dimolfetta@lis-lab.fr

Site web : <https://www.giuseppe-dimolfetta.com>

Situation actuelle

Maître de conférences de l'AMU depuis septembre 2016.

Chercheur permanent du Laboratoire d'Informatique et Systèmes, LIS, équipe CaNa depuis septembre 2016.

Délégation CNRS (100%) au LIS, 2020/2021

Membre du CSI de l'INS2I depuis 2021

Formation et diplômes

- **Habilitation à Diriger les Recherches**, *Aix-Marseille Université*

Titre : Quantum Walks, limits and transport equations

Soutenance : le 18 Décembre 2020

Tuteur: Pablo Arrighi (PU)

Jury : Emmanuel Jeandel (rapporteur) PU, Univ. Nancy. <https://members.loria.fr/EJeandel/>

Renato Portugal (rapporteur) DR, LNCC, Brasil, <https://www.lncc.br/~portugal/>

Jingbo Wang (rapporteur) PU, UWA, Australia <https://www.uwa.edu.au/profile/jingbo-wang>

Olivier Bournez PU, Ecole Polytechnique <http://www.lix.polytechnique.fr/~bournez/>

David Meyer PU, UCSD Math, USA, <https://math.ucsd.edu/people/profiles/david-meyer/>

Eric CANCES PU, Ecole des Ponts, <https://cermics.enpc.fr/~cances/>

Pablo Arrighi PU, Univ. Paris-Saclay <https://www.lri.fr/~parrighi/>

- **Doctorat en Théorie de l'Information Quantique de l'Université Pierre et Marie Curie, co-habilité par l'ENS de Paris**. Séjour de 3 mois à l'*Institute Nationale de Sciences Naturelles*, au Japon, avec la prestigieuse bourse de recherche JSPS (Japon)

Titre : Marches quantiques à temps discret : des champs de jauge à l'équilibration spontanée

Soutenance : le 28 Juillet 2015

Directeurs: Fabrice Debbasch (*UPMC Sorbonne*), Marc Brachet (*ENS Paris*)

Jury : Jean Michel Raimond, *Ecole Normale Supérieure*, President

Dieter Meschede, *Universität Bonn*, Rapporteur

Pablo Arrighi, *Aix-Marseille Université*, Rapporteur

Fabrice Debbasch, *Université Pierre et Marie Curie (Sorbonne)*, Examineur

Yutaka Shikano, *ISM Okazaki and Tokyo Institute of Technology*, Examineur

Marc Brachet, *Ecole Normale Supérieure*, Examineur

- **Master 2 recherche** de Economie théorique de l'*ENS de Cachan* co-habilité par Paris 1 (Sorbonne), avec un mémoire sur les réseaux pour la simulation multi-agent en macroéconomie.

- **Master 2 recherche** de Physique théorique des systèmes complexes de l'*Université Pierre et Marie Curie*, co-habilité par l'*ENS de Cachan* avec un mémoire sur les automates cellulaires quantiques et leur implications en physique relativiste.

- **Licence** en Physique mathématique à l'*Université Sapienza* de Rome (Italie).

- Lycée Scientifique *Enrico Fermi*, Bari, Italy

Activité professionnelles précédentes

Post Doc Junior Fellow — Instituto de Física Corpuscular Division Théorique, 2016. Séjour de 2 semaines au *Perimeter Institute comme chercheur invité* (Simon Collaboration "*It from Qubit*"), Juillet - August 2016.

JSPS Fellow — National Institute of Natural Science, Okazaki (Japan), Shikano Quantum Information Group. Bourse très compétitive. (~10 boursiers par an en toute la France sur toutes les sections CNRS), Juin-Juillet 2014.

II. Activités scientifiques / Activité exercée entre 2016 et 2021

1. Production scientifique

Depuis le début de mon doctorat, en septembre 2012, mon activité de recherche s'attache à l'étude des propriétés dynamiques des automates cellulaires quantiques, lorsque ces derniers sont vus, en particulier, comme des modèles des systèmes physiques. Dernièrement je me suis intéressé aux applications des automates cellulaires quantiques à l'apprentissage automatique et l'algorithmique distribuée. En particulier je me suis intéressé à :

- les marches quantiques et leurs limites au continu ;
- des *modèles de calculs quantiques distribués in-homogènes* et leur implications en physique théorique; notamment la propagation d'un état quantique sur une *géométrie discrète courbe ou avec des défauts* et ses application à l'algorithmique (notamment les algorithmes de recherche) ;
- la simulation des systèmes quantiques complexes et leur dynamique émergente ;
- l'étude des symétries, e.g. les invariances de jauge, dans les automates cellulaires classiques et quantiques ;
- modèles de calculs quantiques avec aléa et leur résistance au bruit ;
- *croissance* quantiques de graphes et leurs *complexité* ;
- *apprentissage automatique quantique et algorithmique quantique*.

1.a Marches quantiques et leurs limites au continu

La marche aléatoire classique est une brique fondamentale de l'informatique classique, notamment en matière d'algorithmes. Cependant, on sait que ces modèles sont des simulateurs idéaux pour tous les phénomènes naturels décrits par des équations différentielles paraboliques, comme l'équation de la chaleur. Ils constituent un pilier fondamental des théories classiques de simulation d'un très large spectre de phénomènes physiques, mais aussi sociaux, économiques et biologiques. La compréhension des hypothèses et de la précision avec laquelle les marches aléatoires classiques approchent la solution d'une équation différentielle parabolique est étudiée depuis des décennies.

Tout comme elles, les marches quantiques ont pris une grande importance dans de nombreux domaines de l'informatique fondamentale, notamment dans la simulation quantique. Un marcheur quantique peut être vu comme un marcheur qui, à chaque pas temporel, explore un graphe en suivant tous les chemins possibles. Cela est dû à la linéarité de la théorie quantique. La superposition des états est responsable du gain quadratique avec lequel un marcheur quantique peut explorer un graphe. C'est pourquoi ce système dynamique est devenu très utile dans la recherche et l'apprentissage des algorithmes. Cette "vitesse" accrue suggère que les équations à différence finie du marcheur quantique convergent, dans la limite continue, vers une classe différente d'équations différentielles. En fait, plusieurs études ont montré comment, lorsque le pas de la grille tend vers zéro, ces équations convergent vers des équations différentielles hyperboliques. Ces équations décrivent un très large spectre de phénomènes physiques, en particulier la propagation des ondes. Les équations de ce type sont à la base de la théorie quantique de la matière, et il est souvent difficile de les simuler de manière classique et efficace. Savoir comment construire des simulateurs quantiques pour de telles dynamiques est d'une grande importance en physique théorique. La limite

continue apparaît donc comme une certification que ce système dynamique discret converge bien avec la dynamique quantique que l'on veut étudier. Les limites continue des marches quantiques ont été étudiées de manière très approfondie ces dernières années [1-6, 8-14].

Les derniers résultats [26, 31] qui clôturent peut-être cette longue parabole, prouvent qu'il existe une famille, dite *plastique*, de marcheurs quantiques, qui admet en même temps, une limite continue en temps mais discrète en espace et une limite continue en espace-temps. La raison pour laquelle de tels modèles seraient importants, vient du fait qu'il existe aujourd'hui deux grandes classes de simulateurs : l'une appelée analogique (ou Hamiltonienne), qui est continue en temps et discrète en position, et l'autre appelée digitale, qui n'est rien d'autre que une application de portes de logique quantique en espace-temps discret. Ces deux simulateurs visent à simuler des théories continues en espace-temps et ont été jusqu'à la formellement distincts. Les simulateurs plastiques apparaissent donc comme une famille universelle capable de simuler, aussi bien les simulateurs analogiques que les simulateurs digitaux.

1.b Modèles de calculs quantiques in-homogènes

Un automate cellulaire quantique est défini par l'application d'unitaires locales homogènes sur une grille spatio-temporelle. Le sous-espace à un seul état, d'un tel automate, coïncide avec un marcheur quantique. Il a été prouvé que l'application d'unitaires non homogènes conduit à la modélisation de trajectoires déterministes courbes [4-5, 18]. Un tel résultat a ouvert la voie à la simulation de la propagation de particules quantiques sur des manifold courbes. Les premiers résultats ont été obtenus sur des grilles unidimensionnelles régulières et dans le cas d'une seule particule [4-5]. Ces preuves ont ensuite été étendus à des dimensions spatiales arbitraires. L'importance de ces tests réside dans de nombreux domaines scientifiques et technologiques. Par exemple, la propagation d'informations quantiques sur des substrats à base de carbone présente de nombreux inconvénients, notamment les défauts de topologie moléculaire auxquels ces matériaux sont soumis. Savoir prendre en compte une surface irrégulière et non homogène dans la modélisation de cette dynamique est fondamental d'un point de vue technologique. Mais ces résultats ont également des implications fondamentales. En fait, on sait que la propagation courbe de la matière, donc soumise à la gravité, est très difficile à combiner avec la définition d'un espace-temps discret. De nombreux chercheurs, dont Regge, ont déjà essayé de discrétiser la gravité par des complexes simpliciaux, notamment par des triangulations dynamiques. Aujourd'hui, l'énigme de la discrétisation de la gravité reste non résolue et de nombreuses théories tentent de combiner la mécanique quantique et la relativité générale, deux théories formellement très éloignées et incompatibles. La mise en œuvre d'un marcheur quantique, ou plus généralement d'automates cellulaires quantiques, sur une surface courbe discrète a donc une énorme implication théorique et peut contribuer à jeter un nouvel éclairage sur l'énigme de la gravité quantique. Il a récemment été prouvé qu'un marcheur quantique sur une triangulation plane et courbe converge dans la limite continue de la propagation de la matière en espace-temps courbe [21]. Une extension de ces résultats en 3D, donc sur les tétraèdres est en cours. De plus, la simulation de la propagation de la matière dans des espaces temporels courbes et discrets peut servir de plateforme pour tester certaines des théories existantes sur la gravité quantique.

Des résultats mentionnés ci-dessus, il y en a un surprenant. En fait, il a été prouvé qu'un marcheur quantique sur une surface présentant un défaut topologique, se localise toujours autour de celle-ci avec la même rapidité avec laquelle un algorithme de recherche quantique, par exemple l'algorithme de Grover, trouve l'élément recherché [27]. L'importance de ce résultat réside dans le fait d'affirmer que certains phénomènes naturels mettent "*naturellement*" en œuvre un algorithme donné, ce qui est pourrait avoir un impact technologique important. En fait, pour mettre en œuvre un algorithme de Grover, il faut alterner un opérateur de diffusion et un oracle, qui nécessitent une infrastructure fragile et compliquée, d'autant plus que le nombre de qubits augmente. Les expériences de ce type sont en fait encore hors de portée de nos ordinateurs quantiques actuels, qui sont sujets à des erreurs majeures et à une perte rapide de cohérence. Par conséquent, le fait d'avoir trouvé un système présent dans la nature qui implémente naturellement l'algorithme de Grover, ouvre la porte à la réalisation d'un tel algorithme à court terme, précisément parce qu'il est basé sur une infrastructure déjà présente en nature. Il suffirait de savoir coder l'élément recherché dans un défaut topologique de la grille, problème qui reste encore ouvert. Un autre aspect intéressant est que cette découverte pourrait conduire à la résolution d'un problème de classification des défauts topologiques.

1.c Simulation de systems quantiques complexes ...

De nombreuses théories de la physique classique sont bien modélisées par des automates cellulaires. Parmi les premiers succès, on peut citer les "lattice gaz automata", modèles discrets pour la cinétique des gaz. Les fluides, et donc les théories hydrodynamiques, ont également été explorées de ce point de vue. L'intérêt est double : d'une part, offrir des modèles de calcul stables pour simuler des phénomènes hautement non linéaires comme la dynamique des fluides, tout en préservant certaines grandeurs physiques fondamentales comme l'énergie. D'autre part, la discrétisation d'un modèle continu offre une étape idéale pour pouvoir l'implémenter par exemple, par un automate cellulaire ou un circuit. Dans un passé récent, on peut trouver de nombreux exemples d'automates cellulaires qui modélisent des systèmes complexes tels que des fluides, par exemple le modèle HPP et le FHP¹. Tous deux parviennent à modéliser l'une des équations les plus compliquées de la physique et qui reste encore une énigme, l'équation de Navier-Stokes. Cette équation modélise un fluide turbulent et il est étonnant qu'un système discret et simple comme un automate cellulaire puisse capter nombre de ses caractéristiques. S'il existe de nombreuses avancées du côté "classique", il n'y a pas de tentatives similaires appliquées à la physique quantique. Pour donner un exemple, un plasma est un fluide quantique de haute énergie. Sa dynamique peut-elle être saisie par un automate cellulaire quantique ? Nous le pensons et un premier résultat a été obtenu dans [22], où pour la première fois, on introduit une famille de systèmes quantiques dynamiques discrets, plus précisément des "marches quantiques" qui reproduisent le comportement d'un fluide quantique relativiste en 1D. Ce résultat ouvre donc la voie à la simulation d'un phénomène très éloigné de l'expérience directe (comme un plasma solaire), directement en laboratoire.

...et dynamiques émergentes

L'un des plus grands problèmes dans la description de ces dynamiques, outre leur complexité, est que pour comparer les données d'observation avec les modèles, il est nécessaire de considérer l'observateur, ou l'instrument de mesure. En bref, la dynamique du microscopique quantique ne correspond certainement pas à ce que nous observons, ne serait-ce que parce que lorsque nous le faisons, nous influençons l'état du système quantique. Pour considérer l'observateur, de nombreuses approches théoriques ont été introduites au fil du temps : la projection sèche du système quantique sur un de ses auto-états ou un processus dynamique, dans une sorte de super-sélection par l'environnement des auto-états. Une autre approche consiste à considérer les théories macroscopiques classiques comme des théories émergentes. Le microscopique reste quantique et réversible, mais la lentille que nous utilisons pour l'observer ne permet pas de distinguer parfaitement un microétat d'un autre. En fait, imaginez que nous voulions modéliser le comportement d'une vague de mer. Pour ce faire, nous n'avons pas besoin de définir les molécules d'eau qui composent chaque goutte. Ce principe est à la base de la renormalisation et de la théorie des gros grains qui ont si bien réussi dans les théories de champs en physique ou en chimie quantique. L'idée est que la description d'un phénomène dépend de l'échelle caractéristique à laquelle il est observé. Dans le domaine des automates cellulaires quantiques, cela se traduit par une description à plusieurs niveaux, regroupant des cellules microscopiques, les grains, en super cellules de plus en plus grandes, les grains grossiers. La description de ces super cellules ne tient pas compte de toutes l'information au niveau microscopique. Il en résulte une description émergente, mais semi-classique, où les fluctuations quantiques seront d'autant plus faibles que l'on s'éloignera du microscopique réversible. Nous avons appliqué cette technique à un automate cellulaire quantique, qui modélise la libre propagation de particules quantiques de matière, capturées formellement par l'équation de Dirac, dans le continu. Nous avons prouvé en [32], qu'au niveau macroscopique, les automates cellulaires quantiques perdent leur cohérence, c'est-à-dire qu'ils deviennent classiques, progressivement. À la limite, l'équation de propagation quantique devient une équation de propagation classique, décrite par un automate cellulaire totalement classique. Ces résultats ouvrent la voie à diverses applications : d'une part, il s'agit de la première étude sur la limite classique d'un automate cellulaire quantique. De plus, il se présente comme un candidat idéal pour être appliqué à la dynamique quantique des graphes, employée pour formaliser certaines théories de gravité quantique. De telles techniques permettraient d'étudier la limite classique, un passage qui reste encore peu compris d'un point de vue théorique.

¹ Les HPP ou FHP automates sont un type d'automate cellulaire utilisé pour simuler les écoulements de fluides, dont les pionniers sont Hardy-Pomeau-de Pazzis et Frisch-Hasslacher-Pomeau.

1.d Etude des symmetries

En physique, les symétries sont des concepts essentiels utilisés pour dériver les lois qui modélisent la nature. Parmi eux, les symétries de jauge (en: gauge) sont centrales, puisqu'elles fournissent la justification mathématique des quatre interactions fondamentales : les forces faibles et fortes (interactions à courte portée), l'électromagnétisme et dans une certaine mesure la gravité (interactions à longue portée). Leur existence est justifiée par l'invariance des équations dynamiques du système physique sous certains groupes de symmetries (abélien et non-abéliens). Discrétiser ces theories n'est pas un problème trivial, spécialement parce que il faut s'assurer que la discretisation ne brise pas ces symmetries (dites de jauge). Au contraire, par exemple, des méthodes des differences finies, les automates cellulaires peuvent garder ses symétries en manière surprenante. Une première étude visant à rendre invariant l'automatisme cellulaire de la jauge a été réalisée récemment, en considérant un groupe de symétrie abélienne [16]. Concrètement, il s'agit de rendre les équations dynamiques invariantes en présence de l'application d'une phase locale. Ces études ont ensuite été généralisées à des groupes de symétrie arbitraires, donc non abéliens [20, S3]. Une extension complète de ces tests aux automates de cellules quantiques n'est pas entièrement triviale, car elle nécessite la quantification de ces groupes de symétrie. Un premier résultat on peut le trouver en [S2]. Une étape intermédiaire, qui voit les automates quantiques mais invariants sous l'action des groupes de symétrie classiques, a été réalisée dans plusieurs ouvrages. Il a été prouvé qu'un marcheur quantique peut être rendu invariant d'une jauge arbitraire [5, 9, 15]. Ces tests ont été étendus à des dimensions spatiales arbitraires. Un test fondamental a été de montrer que ces symétries discrètes, dans la limite du continu, convergent avec celles connues en physique, dans l'espace-temps continu. L'intérêt de ces résultats est d'un côté de comprendre les theories physiques connues quand on essaye de discretiser l'espace-temps, mais aussi de introduire les theories de jauge, pour la première fois, en informatique. En fait, ces résultats ouvrent la voie à la définition d'un un modèle universel de calcul spatialement distribués qui soit invariant de jauge. Dans le domaine du calcul quantique, l'invariance de jauge pourrait avoir des applications prometteuse aux codes de correction d'erreurs, qui peuvent être compris par la redondance inhérente aux théories de jauge.

1.e Modèles de calculs quantiques distribués aléatoires

Un système quantique qui perd sa cohérence quantique, converge plus ou moins rapidement vers un système totalement classique. En général, cela se produit parce qu'un système quantique interagit avec un grand nombre de degrés de liberté, c'est-à-dire l'environnement. Il est possible d'étudier un automate quantique décohérent, sans avoir une description quantique de l'environnement, mais en rendant la dynamique des automates non réversible. Cette non-réversibilité peut être due à une opération de mesure, mais aussi à un défaut aléatoire de la grille de propagation (par exemple, rupture de liens - *broken links*)-, ou à une variation stochastique des paramètres définis dans les portes logiques locales. Si les deux premiers exemples ont été parmi les plus étudiés, le troisième mérite encore beaucoup d'attention. Les portes locales qui guident l'évolution d'un automate sont essentiellement de deux types : une porte responsable de la diffusion de l'état sur la grille, ou plus généralement le graphe, qui agit donc sur la position, et une, que nous appellerons *coin*, qui agit sur les états internes de l'automate, comme la couleur, ou le spin. L'aléa a été considéré comme présent chez chacun de ces opérateurs. Les premiers résultats ont été obtenus en considérant de l'alea dans la coin [2, 12, 24], à la fois stationnaire, donc distribuée uniquement sur la position, et dynamique, c'est-à-dire homogène dans la position mais inhomogène dans le temps. Les résultats dans les deux cas extrêmes prouvent qu'un automate soumis à l'alea dynamique, se comportera rapidement comme un marcheur aléatoire classique, en passant par des phases intermédiaires. Dans le cas où l'alea est stationnaire, mais en position inhomogène, il a été prouvé que le marcheur se localise de manière dynamique. Un phénomène connu en théorie des matrices aléatoires comme la localisation d'Anderson. L'étude d'un marcheur quantique décoérent est extrêmement importante car elle est le cas le plus proche de la réalité naturelle, les systèmes quantiques complètement isolés n'étant que l'idéal. Mais on peut considerer l'aléa aussi dans l'opérateur de diffusion. Ca a été fait par la première fois in [17, 19], où les auteurs ont considéré une marche quantique à temps discret sur une ligne avec un désordre dynamique incorporé dans l'opérateur de translation. Habituellement, on suppose que la translation du marcheur quantique est de même longueur à chaque pas de temps. Les auteurs on prouvé qu'on peut assouplir cette condition en permettant la translation par une distance choisie au hasard, à chaque pas de temps (*randomisation*). Dans certains phénomènes de transport quantique, on a tenu compte de ces sauts à

grande distance pour étudier les effets de la décohérence, notamment en théorie de la matière condensée. Alors que les étapes plus longues peuvent rendre le transport plus rapide, le caractère aléatoire aura aussi son effet en le ralentissant [19].

1.f Croissance quantiques de graphes et aléa

Le caractère aléatoire intrinsèque de la mécanique quantique peut être exploité pour générer des nombres "vraiment aléatoires". Si un système est préparé dans une superposition d'états de base, un résultat de mesure dans cette base est intrinsèquement aléatoire. Ce caractère véritablement aléatoire, qui ne peut être obtenu par les seuls moyens classiques, joue un rôle important dans plusieurs domaines tels que la cryptographie et les simulations. En [23, 25], les auteurs exploitent l'aléa quantique pour générer des graphes aléatoires. La motivation est qu'une grande variété de systèmes réels, des phénomènes naturels aux phénomènes socio-économiques, des interactions protéine-protéine, le cerveau, internet, le commerce financier et de nombreux autres systèmes dynamiques peuvent être décrits par des graphes aléatoires.

Bien qu'il existe différentes façons de construire de telles structures discrètes, pour la plupart d'entre elles, il est difficile de certifier le caractère aléatoire en se basant uniquement sur les états observés des graphes aléatoires. D'autre part, le caractère aléatoire intrinsèque qui émerge de la mesure d'un système quantique en superposition d'états peut être utilisé pour donner des garanties sur le caractère aléatoire d'un graphe.

Encore en [23], une application originale des marches quantiques sur les graphes au problème de la génération de graphes aléatoires a été finalement proposée. Le système quantique est donné par un ou plusieurs marcheurs quantiques qui évoluent continuellement sur le graphe. Ensuite, une opération de mesure ou un colapse spontané du marcheur guide l'évolution de la matrice de adjacence du graphe dans le temps. Le graphe croit donc par des mesures continues du (des) marcheurs quantiques. Remarquablement, une transition de phase de premier ordre a été trouvée dans la croissance du graphe, qui dépend du temps de colapse moyen. Les phases topologiques du graphes apparaissent très différentes en termes de diamètre moyen et de fractions des noeuds qui vivent sur les bords du graphe. De plus, les éléments hors diagonale de la matrice de adjacence ne sont jamais négatifs, l'Hamiltonien qu'elle représente est "stoquastique" et donc l'évolution de la marche ne devrait pas être exponentiellement difficile à calculer. De ce fait, il se pourrait que même si ces modèles de croissance ne sont pas reproductibles par les modèles de marche aléatoire classiques, ils puissent se situer dans une classe efficace de complexité de calcul.

Ces résultats ouvrent la voie à l'exploration de la possibilité d'exécuter des algorithmes de recherche quantique sur des graphes aléatoires en croissance, par exemple en combinant plusieurs marcheurs où, par exemple, deux d'entre eux sont chargés de faire croître le graphe et un troisième effectue la recherche tout en préservant son unitarité. Cela pourrait permettre de produire des graphes aléatoires "optimisés" pour l'objectif que le marcheur recherche.

1.g Apprentissage automatique quantique

De nombreux problèmes de prise de décision impliquent d'apprendre en interagissant avec l'environnement et d'observer les récompenses qui résultent de ces interactions. Dans le domaine de l'apprentissage automatique, ce type de recherche relève de ce que l'on appelle l'apprentissage par renforcement (RL), et les algorithmes permettant d'entraîner des agents artificiels qui interagissent avec un environnement ont fait l'objet de nombreuses études. Un exemple typique de RL est le problème de la meilleure identification de bras (BAI) de la famille des problèmes de bandits, où les interactions avec l'environnement donnent lieu à des récompenses immédiates et où la planification à long terme est inutile.

Une extension quantique du problème BAI a été pour la première fois introduite en [28]. L'apprentissage automatique quantique est un domaine de recherche à l'interface de l'informatique quantique et de l'apprentissage automatique où l'objectif est d'utiliser les paradigmes et les technologies de l'informatique quantique pour améliorer la vitesse et les performances des algorithmes d'apprentissage. Dans [28] l'agent et l'environnement et leur interaction sont quantiques. L'état interne de l'environnement peut être caché à l'agent, et l'étude des interactions quantiques entre l'agent et l'environnement permet un apprentissage plus efficace. Le cœur de l'algorithme quantique proposé est l'amplification d'amplitudes quantique qui est une généralisation de l'algorithme de Grover, qui a déjà prouvé sa puissance dans les algorithmes de recherche. Il a été prouvé analytiquement qu'un tel algorithme peut trouver la meilleure action quadratiquement plus rapidement que l'algorithme classique le plus connu en ce qui concerne le nombre d'actions.

2. Encadrement doctoral et scientifique

Encadrement doctoral

(Terminé) 2016-2019 (Soutenue le 27/12/2019) **Co-encadrement de Ivan Marquez (thèse en Informatique, coté AMU, et en Physique, coté UV - double diplôme)**, avec *Pablo Arrighi*, à present Professeur d'Informatique à l'Université Paris Saclay, Armando Perez, Professeur au département de Physique Théorique à l'Université de Valencia. Cette thèse à été en co-tutelle internationale France-Espagne.

Titre: Quantum Walking on simplicial complexes.

Publications pendant la thèse: Cette thèse a fait l'objet de différentes publications [13, 14, 15, 21, 24] à la frontière entre le calcul distribué quantique et la physique théorique.

(En cours) 2019-2022 **Encadrement de Nathanael Eon (thèse en Informatique)**, avec *Pablo Arrighi*, à present Professeur d'Informatique de l'Université Aix-Marseille (AMU).

Titre: Gauge invariant quantum cellular automata. Soutenance prévue en 2022.

Publications pendant la thèse: Cette thèse a fait déjà l'objet de deux publications [20, 25] et une soumission [S3] qui est dans son dernier stade de revision. À remarquer une publication antérieure à la these, [16], obtenue à cheval entre son master 1 et son master 2.

(En cours) 2019-2022 **Co-encadrement de Balthazar Casale (thèse en Informatique)**, avec *Hachem Kadri* à present Maître de Conférences d'Informatique de l'Université Aix-Marseille (AMU).

Titre: Quantum techniques in machine learning. Soutenance prévue en 2022.

Publications pendant la thèse: Cette thèse a fait l'objet d'une publication [28].

(En cours) 2019-2022 **Co-encadrement de Kevissen Sellapilly (thèse en Physique)**, avec *Alberto Verga*, à present Professeur de Physique d'Aix-Marseille Université (AMU).

Titre: Quantum Topological Codes and random graphs. Soutenance prévue en 2022.

Publications pendant la thèse: Aucune.

Stage d'initiation à la recherche (M1/M2)

(2022) Encadrement de Mathieu Roget, étudiant à l'ENS de Paris, en quatrième année d'Informatique, sur "rigorous study of a fault tolerant quantum search" (3 months).

(2021) Encadrement avec Hachem Kadri (AMU) de Mathieu Roget, étudiant à l'ENS de Paris, en troisième année d'Informatique, sur "new statistical trade-off for quantum perceptron" (5 months).

(2021) Encadrement de Thomas Usimaki, étudiant AMU en M2 IMD, sur "building graphs states in optimal time" (5 months).

(2021) Encadrement avec Nuno Loureiro (MIT) de Julien Zylberman, élève à l'ENS de Paris, en troisième année de Physique Théorique, sur "relativistic fluid-dynamics on quantum computer" (5 months).

(2020) Encadrement avec Guillaume Theyssier (CNRS I2M) de Kammerlocher Leo, étudiant en M2 de mathématique discrète (IMD - AMU) sur Randomisation et automates non réversible et symplectique (5 months).

(2020) Encadrement de *Odilon Duranthon*, normalien en M2 de Physique à l'ENS ULM sur coarse-grainage des automates cellulaires quantiques (5 months).

(2020) Encadrement avec Pablo Arrighi (PU AMU) de Martin Costes normalien de l'ENS Paris Saclay, M2 de Informatique sur automates cellulaires invariants de jauge (3 months).

(2020) Encadrement de Basile Herzog, étudiant en M2 de Physique des systèmes complexes à l'ENS Cachan algorithme de recherche non linéaire (4 months).

(2020) Encadrement avec Pablo Arrighi (PU AMU) de Varelogiannis Sokratis, élevé de l'École Polytechnique en M2 de Physique marche quantique sur triangulations en 3D (3 months).

(2019) Encadrement avec Pablo Arrighi (PU AMU) de *Nathanael EON*, étudiant en M2 d'Informatique (AMU) sur automates cellulaires invariants de jauge sous des groupes non abéliens (5 months).

Nathanael est actuellement en thèse de doctorat en Informatique sous la direction de Di Molfetta (LIS, AMU) et Arrighi (LIS, AMU).

(2019) Encadrement avec Pablo Arrighi (PU AMU) de *Alan Gardin*, étudiant en M1 d'Informatique (IMT Brest) sur quantum dynamical graphs and universality (4 months).

Alan est actuellement en stage de recherche à l'université de Adelaide (Australie) et applique pour une thèse à l'université de Bristol, où il a soutenu son M2.

(2019) Encadrement avec Hachem Kadri (MCF AMU) de *Balthazar Casale et Karmouda Ouafae*, étudiants en M1 d'Informatique AMU sur quantum bandits et technique quantique en apprentissage automatique (5 months).

Balthazar est actuellement en thèse de doctorat en Informatique sous la direction de Di Molfetta (LIS, AMU) et Kadri (LIS, AMU).

Ouafae est actuellement en thèse de doctorat en Informatique à Montpellier.

(2019) Encadrement avec Pablo Arrighi et Ivan Marquez de *Kevisen Sellapillay*, étudiant en M2 de physique de l'ENS de Paris sur général covariant QW (5 months).

Kevisen est actuellement en thèse de doctorat en Physique sous la direction de Di Molfetta (LIS, AMU) et Verga (CPT, AMU).

(2019) Encadrement de *Julien Aguero*, étudiant en M1 de physique de l'AMU sur two-interacting-Quantum Walkers (2 months).

(2019) Encadrement avec Enrico Porreca (MCF AMU), de *Maxime Gabiot*, étudiant en M1 d'Informatique de l'AMU sur gravity-like Cellular Automata (2 months).

(2019) Encadrement avec Pablo Arrighi (PR AMU), de *Stephane Guilliet*, étudiant en M1 de Physique Théorique de l'AMU sur Natural occurring research algorithm (2 months).

Stephane a été pris à l'ENS de Lyon où il continue son M2.

(2018) Co-encadrement à 50%, avec Pablo Arrighi (PR AMU) et ATOS Bull Quantum, de *Adrian Maquet*, étudiant en M2 de Physique Théorique de l'AMU.

Titre: Quantum Walks, Noise and Fault Tolerant Computation.

Adrian Maquet est actuellement en thèse de doctorat en Physique à Nice.

(2016) Co-encadrement à 50%, avec Armando Perez (UV, Valencia) de *Ivan Marquez*, étudiant en M2 de Physique Théorique de l'Universidad de Valencia.

Titre: Non-Markovian Quantum Walks and localisation.

Ivan Marquez a soutenu sa thèse de doctorat en Informatique en Dec. 2019, en co-tutelle France Espagne sous la direction de Di Molfetta, Arrighi et Perez.

3. Diffusion des travaux: rayonnement et vulgarisation depuis 2016

Rayonnement

Prix/Primes Recherche

Prime d'Encadrement Doctorale et de Recherche (PEDR) 2020-2024

JSPS Bridge Fellowship, 2020, sur un projet de recherche à la Keio University - IBM Quantum

Prix de la *Ville de Marseille* (MLR/IP N 2016/165);

JSPS Fellowship (~10 boursiers par an en toute la France sur toutes les sections CNRS), Juin-Juillet 2014.

Jury de thèse

Examinateur de la thèse de *Ivan Marquez* Décembre 2019, Valencia

Examinateur de la thèse de *Pedro Costa* du Joint Center for Quantum Information and Computer Science en co-tutelle avec le Brazilian Center for Research in Physics, Avril 2018, Rio de Janeiro

Comité editorial

Membre du comité editorial en 1024 et Frontiers : Quantum Engineering and Technology, Dynamics.

Editeur invité pour EPTCS, [special volume IX International Conference on Quantum Walks and Quantum Simulation](#); Entropy. [Special Issue : Quantum Walks : Applications and Fundamentals](#); Frontiers in Physics. Special Issue : [Models of Distributed Quantum Computation](#).

Invitations

Séminaires comme invité

J'ai été invité:

- pour présenter mes travaux dans les suivantes Universités/Institutes: ULB, Bruxelles (Octobre 2020), Western Australia, Quantum Computing Group (Mai 2020), Bari, Università di Bari, Dep. de Physique (Avril 2020), Hong Kong (Jan 2020)[ANNULÉ à cause du CoVid-19], Chulalongkorn University, Bangkok (Jan 2020) [ANNULÉ à cause du CoVid-19], IFIC Valencia (Juin 2019), Università Statale di Milano, Dep Informatica (Fev 2019), *Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas*, Rio de Janeiro (Juin 2018, Octobre 2017), *Institute for Quantum Computing*, Waterloo, Canada (Septembre 2017), *School of Mathematics, NUI*, Galway (Avril 2017), *Departement of Theoretical Physics, CISS*, Madrid (Février 2017), *Universitat Politecnica, Quantum Optics Groups*, Valencia (13 Juillet 2016), *Joint Quantum Center*, Durham (4 Juillet 2016), *Instituto de Fisica Corpuscolare*, Valencia, (30 Juin 2016).

Séjour de recherche dans des universités et instituts

Macquarie University Centre for Quantum Engineering (MQCQE), Sydney, Australia, Mai - Juin 2020 Japan, [Coarse-graining of Quantum Cellular Automata], [Visiting Professor](#) [Canceled due to Pandemics]

Keio University, Quantum Computing Group/IBM-Q, Tokyo, Japan, March, 2020 [Noise correlation study over 26 qubits in IBM quantum computer], [Bridge Fellowship](#), [Visiting Professor](#)

Instituto de Fisica Corpuscolare, Valencia, Spain, Juin, 2019, [Quantum Simulation of triangular lattice] [Visiting Researcher](#)

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Bresil, Juin, 2018 [Coarse graining of Quantum Cellular Automata], [Visiting Researcher](#)

LSPCI, PariTech, Paris, France, Decembre, 2017, [Quantum Networks and Growing], [Visiting Researcher](#)

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas, Rio de Janeiro, Bresil, Octobre, 2017 [Non-Markovianity and Quantum Walks and Coarse graining of Quantum Cellular Automata], [Visiting Researcher](#)

Institute for Quantum Computing, Waterloo, Canada, Septembre, 2017, [Quantum Networks and Growing], [Visiting Professor](#)

Instituto de Fisica Corpuscolare, Valencia, Spain, Avril, 2016, [Quantum Simulation of Neutrino Oscillation] [Visiting Researcher](#)

Conferences²

² À noter que dans ma communauté scientifique (calcul quantique, simulation quantique) les conférences et les actes de conférence ont de loin moins importance que dans la plus part des secteurs de l'informatique théorique.

7th International Workshop on Quantum Simulation and Quantum Walks, Chapman University, Orange, Los Angeles, California. Oral Contribution. 3-4 Mars 2018

International Conference on Quantum Simulation, Ecole Normale Supérieure de Paris, Paris, France. Poster Contribution. 13-17 Novembre 2017

Complex Quantum Systems, Universidad Politecnica de Cartagena, Cartagena, Espagne. Poster Contribution. 8-12 Mai 2017

Complex Network: from classical to quantum. Obergurgl, Autriche, Poster Contribution, 3-7 Avril 2017

3th International Workshop on Quantum Simulation and Quantum Walks, Scuola Normale Superiore di Pisa, Pisa, Italia. Oral Contribution. 11-15 Novembre 2013

2th International Workshop on Quantum Simulation and Quantum Walks, Institute of Molecular Science, Okazaki, Japan. Poster Contribution. 24-26 Novembre 2012

Vulgarisation

2 articles en 1024 Bulletin de la SIG (n°18) et Interstices (en preparation)

Animation

Organisation de séminaires

- Depuis Décembre 2017, je suis co-responsable des séminaires du Pole de Calcule du LIS (né de la fusion du LIF et du LSIS).
- J'ai été co-responsable du séminaire du Labo LIF (UMR7279) Laboratoire d'Informatique Fondamentale, de Marseille de Janvier 2017 à Décembre 2017.

Participation à des comités de programmes de conférences nationales, internationales

Comités scientifique/programme

- (À venir - 2023) Membre du comité scientifique d'une école d'été au CIRM, dans le cadre du projet [QISS](#)
- (Juin 2017) Comité de programme du workshop internationale "Quantum Simulation Models Workshop" (<https://mqwsw.sciencesconf.org>) à Marseille.

4. Responsabilités scientifiques

Projets :

En cours

- 2019-2022 (36 mois): "[The Quantum Information Structure of Spacetime project](#)", (<http://www.qiss.fr>) financé par la *John Templeton Foundation*, contrat de **2M euro**, **PI**
- 2021 (12 mois): INS2I Appelle unique "[Fault invariant distributed quantum algorithms](#)", **20k euro**, **PI**
- 2020-2023 (36 months): ANR-JCJC coordinated by Hachem Kadri on [Quantum technique for machine learning](#), contrat de **200k euro**, **membre**

Conclus

- 2019-2021 (18 mois): **Pépinière d'excellence** - *Fondation AMIDEX*, "[Discrete Time Quantum Simulation](#)", contrat de **25k euro**, **PI and scientific coordinator**
- 2018-2021 (36 mois): *PICS CNRS France-Espagne* "Quantum Walks and Geometry", credits **12K euro**, **PI**
- 2018 (12 months): INFINITI 2018, "Lattice Quantum Simulation Theory", credits **5k euro**, responsabilité : **PI (80%)**
- 2017 (12 mois): PEPS INS2I "QNG Quantum Networks and Growing", credits **4k euro**, **PI (80%)**

Administration de la science :**Responsabilité de la logistique organisationnelle de congrès nationaux/internationaux**

- **9th Edition internationale de la IX edition de la Conference Internationale sur les Marches Quantiques et la Simulation Quantique** (principale conference dans mon domaine). *Organisateur de la conference* qui s'est tenue au CIRM du 20/01 au 24/01, 2020 (<https://conferences.cirm-math.fr/2161.html>). Je fais aussi partie de trois *éditeurs* des actes de conferences EPTCS (electronic proceeding of Theoretical computer science), dont la sortie est prévue fin mars 2020. Financé par AMIDEX, CIRM, LIS, équipe CANA, Metropole Aix-Marseille, Ville de Marseille, Institut Archimede.
- *Quantum Simulation Models Workshop*. Organisateur locale du workshop, qui s'est tenu le 12 Juin 2017 (<https://mqsw.sciencesconf.org>) à Marseille. Financé par l'INS2I CNRS et le LabEX Archimede.

Administration et animation de structures associatives scientifiques nationales/internationales

- En tant que ancien boursier JSPS, j'ai organisé une journée des presentation des bourses d'excellence JSPS à Aix-Marseille Université, au printemps 2018, en co-tutelle avec AMU et le JSPS.

Autres activités et responsabilités

- Depuis 2021, je suis membre élu du Conseil Scientifique de l'INS2I.
- Responsable d'année L1 Informatique, site de Saint Charles, AMU, 2017-2018.
- Responsable d'année Portail Descartes (Info, Math, Phys, Mec), site de Luminy, AMU, 2018 - en cours.
- J'ai fait partie en 2018 et en 2019 de la commission d'attribution de voeux de Parcoursup à AMU, pour le portail Descartes.

III. Charges d'enseignement

2021- 2022 Delegation CNRS 100% Nombre heures effectués: 75h (payés en 2022/2023)

- Informatique et calcul quantique (CM 6h), M1 Informatique
- Cryptographie quantique (CM/TD/TP 27h) site de Luminy, M2 FSI (payé par l'Institut Archimede)
- Quantum Machine Learning : fundamentals and applications (CM 12h) site de Luminy, ED184
- Théorie de l'apprentissage statistique (CM 24 h), M2

2020- 2021 Nombre heures effectués: 249 h

- Introduction à Informatique (TD 22h) site de Luminy, L1 Portail Descartes
- Probabilités pour l'Informatique (CM 27h, TD 42h) site de Luminy et Aix, L2 Informatique
- Complexité (CM 15h, TD 20h, TP 14h) site de Luminy, M1 Informatique
- Informatique et calcul quantique (CM 9h, TD 3h, TP 9h), M1 Informatique
- Modèles de calcul naturel (CM 4,50h) site de Luminy, M2 Informatique fondamentale
- Théorie de l'apprentissage statistique (CM 12h), M2
- Veille Sécurité (TP 6h)
- Projet professionnel 6h
- Equivalences (encadrements, tutorat, PRP) 22h

2019- 2020 Nombre heures effectués: 236,41 h

- Introduction à Informatique (TD 22h) site de Luminy, L1 Portail Descartes

- Probabilités pour l'Informatique (CM 27h, TD 42h) site de Luminy et Aix, L2 Informatique
- Complexité (CM 15h, TD 20h, TP 14h) site de Luminy, M1 Informatique
- Informatique et calcul quantique (CM 9h, TD 3h, TP 9h), M1 Informatique
- Modèles de calcul naturel (CM 4,50h) site de Luminy, M2 Informatique fondamentale
- Théorie de l'apprentissage statistique (CM 12h), M2
- TER (2h)
- Equivalences (encadrements, tutorat, PRP) 24h

2018- 2019 Nombre heures effectués: 219,91 h

- Introduction à Informatique (TD 22h) site de Luminy, L1 Portail Descartes
- Probabilités pour l'Informatique (CM 27h, TD 42h) site de Luminy et Aix, L2 Informatique
- Complexité (CM 15h, TD 20h, TP 14h) site de Luminy, M1 Informatique
- Informatique et calcul quantique (CM 9h, TD 3h, TP 9h), M1 Informatique
- Modèles de calcul naturel (CM 4,50h) site de Luminy, M2 Informatique fondamentale
- Sécurité internet réseaux (CM 15h, TD 5h, TP 8h), M2 SIR
- TER (18h)

2017- 2018 Nombre heures effectués: 128h

- Introduction Informatique et Programmation (CM 30h, TD 20h, TP 20h) site d'Aix Montperrin, L1 Informatique
- Complexité (TP 40h) site de Luminy, M1 Informatique
- Modèles de calcul naturel (CM 4,50h) site de Luminy, M2 Informatique fondamentale

2016 - 2017 Décharge de 64h. Nombre heures effectués: 128h

- Introduction Informatique et Programmation (CM 30h, TD 20h, TP 20h) site d'Aix Montperrin, L1 Informatique
- Complexité (TP 40h) site de Luminy, M1 Informatique
- Modèles de calcul naturel (CM 4,50h) site de Luminy, M2 Informatique fondamentale

IV. Informations significatives sur le déroulement de la carrière et les conditions d'exercice

Pendant mes premières deux ans de recrutement en tant que MCF j'ai eu un décharge de 64h par an, qui m'a permis de travailler beaucoup plus sur le coté recherche et organisation scientifique. Notamment j'ai fait de longs périodes comme professeur visiteur en Espagne (1 mois an 2016), au Canada (1 mois en 2018) et au Brésil (20 jours au Brésil). Durant la dernière année j'ai eu une délégation CNRS, mais pour pouvoir garder la PEDR (problème budgétaire) j'ai du garder au moins 64h d'enseignement.

Le 17 aout 2017, mon premier enfant Arturo est né, qui a évidemment et positivement changé mes conditions d'exercice. D'ailleurs, le prochain mai 2022 un deuxième enfant est prévu, raison pour la quelle renouveler cette delegations serait encore plus précieux.

V. Selected publications

Toutes les références publiées (ou acceptées) présentées ci-dessous par ordre chronologique sont accessibles (en version preprint) à l'adresse [arXiv/DiMolfetta](https://arxiv.org/author/DiMolfetta). Notez que les références antérieures à 2015 (strictement) concernent principalement mes travaux de doctorat.

Citations et métriques: [google scholar](https://scholar.google.com/citations?user=DiMolfetta)

2021

[32] Duranthon, O., & Di Molfetta, G. (2021). Coarse-grained quantum cellular automata. *Physical Review A*, 103(3), 032224. <https://arxiv.org/abs/2011.04287>
<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.103.032224>

[31] Manighalam, M & Di Molfetta, G, (2021). Continuous Time Limit of the DTQW in 2D+ 1 and Plasticity, *Quantum Information Processing* 20 (2), 76 <https://arxiv.org/abs/2007.01425>
<https://link.springer.com/article/10.1007/s11128-021-03011-5>

Pre-prints :

[S1] Roget, M., Di Molfetta, G., & Kadri, H. (2021). *Quantum Perceptron Revisited: Computational-Statistical Tradeoffs*. arXiv preprint arXiv:2106.02496. (submitted to ACM Transactions on quantum computing)

[S2] Sellapillay, K., Arrighi, P., & Di Molfetta, G. (2021). A staggered gauge-invariant quantum cellular automaton for both the Kogut-Susskind Schwinger model and the Dirac equation. arXiv preprint arXiv:2103.13150. (submitted to Quantum)

[S3] Arrighi, P., Di Molfetta, G. & Eon, N., (2020). Gauge-invariance in cellular automata, arXiv preprint arXiv:2004.03656 (submitted to Theoretical Computer Science)

Last-stage working paper :

[P1] Roget, M., Di Molfetta, G., & Kadri, H. (2021) A fault-tolerant theory for quantum searching

[P2] Di Molfetta, G., & G. De Felice (2021) Solving Quantum Leader Election via Quantum Cellular Automata

[P3] Di Molfetta, G & Deng, V (2021) Quantum Walk, planar deformations and dislocations on triangular manifolds

2020

[30] Roget, M, Herzog, B & Di Molfetta, G, (2020). Control dynamics using quantum memory, *Scientific reports* 10 (1), 1-8 <https://www.nature.com/articles/s41598-020-78455-3>

[29] Herzog, B & Di Molfetta, G (2020). Searching via non linear quantum walk on the 2D-grid, *Algorithms* 13 (11), 305

[28] Casalé, B., Di Molfetta, G., Kadri, H., & Ralaivola, L. (2020) Quantum Bandits, *Quantum Machine Intelligence* 2, 1-7 Springer Link <https://arxiv.org/abs/2002.06395>

[27] Roget, M., Guillet, S., Arrighi, P., & Di Molfetta, G. (2020). Grover Search as a Naturally Occurring Phenomenon. *Physical Review Letters*, 124(18), 180501. <https://arxiv.org/abs/1908.11213>
<https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.124.180501> **[Editor suggestion]**

[26] Di Molfetta, G, and Pablo A. A quantum walk with both a continuous-time limit and a continuous-spacetime limit. *Quantum Information Processing* 19.2 (2020): 47, <https://link.springer.com/article/10.1007/s11128-019-2549-2>

[25] Aristote, Q., Eon, N. and Di Molfetta, G (2020). Dynamical triangulation induced by quantum walk, accepted 04 January 2020 on Symmetry, Special Issue: The Quantum Simulation of Everything (and Beyond). <https://www.mdpi.com/2073-8994/12/1/128>

[24] Arnault, P., Macquet, A., Anglés-Castillo, A., Márquez-Martín, I., Pina-Canelles, V., Pérez, A., Di Molfetta, G, Arrighi P. & Debbasch, F. (2020). Quantum simulation of quantum relativistic diffusion via quantum walks. *Journal of Physics A: Mathematical and Theoretical*, 53(20), 205303. <https://arxiv.org/abs/1911.09791>
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1751-8121/ab8245>

[23] Jnane, H., Di Molfetta, G., & Miatto, F. M. (2020). Growing Random Graphs with Quantum Rules. *Electronic Proceedings in Theoretical Computer Science* 315, pp. 38–47, <https://arxiv.org/abs/2004.01061>

2019

[22] Hatifi, M., Di Molfetta, G., Debbasch, F., & Brachet, M. (2019). Quantum walk hydrodynamics. *Scientific reports*, *Nature* 9(1), 2989. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-40059-x>

[21] Arrighi, P., Di Molfetta, G., Márquez-Martín, I., & Pérez, A. (2019). From curved spacetime to spacetime-dependent local unitaries over the honeycomb and triangular Quantum Walks. *Scientific reports*, *Nature*, 9(1), 10904. <https://www.nature.com/articles/s41598-019-47535-4>

[20] Arrighi, P., Di Molfetta, G., and Eon, N. "Non-abelian Gauge-Invariant Cellular Automata." *International Conference on Theory and Practice of Natural Computing*. Springer, Cham, 2019.

[19] Pires, M. A., Di Molfetta, G, and Duarte Queirós, S. "Multiple transitions between normal and hyperballistic diffusion in quantum walks with time-dependent jumps." *Scientific Reports* 9.1 (2019): 1-8.

2018

[18] Arrighi, P., Di Molfetta, G., & Facchini, S.. Quantum walking in curved spacetime: discrete metric. *Quantum* 2, 84 (2018) <https://quantum-journal.org/papers/q-2018-08-22-84/pdf/>

[17] Di Molfetta, G., Soares-Pinto, D. O., & Queirós, S. M. D. Elephant quantum walk. *Physical Review A*, 97(6), 062112., (2018) (<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.97.062112>)

[16] Arrighi, P., Di Molfetta, G., & Eon, N.. A gauge-invariant reversible cellular automaton. In *International Workshop on Cellular Automata and Discrete Complex Systems* (pp. 1-12). Springer, Cham. (2018) <https://arxiv.org/abs/1802.07644>

https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-92675-9_1

[15] Márquez-Martín, I, Arnault, P., Di Molfetta, G., and Pérez, A. Electromagnetic lattice gauge invariance in two-dimensional discrete-time quantum walks, *Physical Review A* 98 (3), 032333, (2018) <https://arxiv.org/abs/1808.04488>

[14] Arrighi, P., Di Molfetta, G., Márquez-Martín, I., & Pérez, A. (2018). Dirac equation as a quantum walk over the honeycomb and triangular lattices. *Physical Review A*, 97(6), 062111. (<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.98.032333>)

2017

[13] Márquez-Martín, I., Di Molfetta, G., & Pérez, A. (2017). Fermion confinement via quantum walks in (2+ 1)-dimensional and (3+ 1)-dimensional space-time. *Physical Review A*, 95(4), 042112. (<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.95.042112>)

2016

[12] Di Molfetta, G., & Debbasch, F. (2016). Discrete-time quantum walks in random artificial gauge fields. *Quantum Studies: Mathematics and Foundations*, 3(4), 293-311. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s40509-016-0078-6>)

[11] Arnault, P., Di Molfetta, G., Brachet, M., & Debbasch, F. (2016). Quantum walks and non-Abelian discrete gauge theory. *Physical Review A*, 94(1), 012335. (<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.012335>)

[10] Bru, L. A., De Valcarcel, G. J., Di Molfetta, G., Pérez, A., Roldán, E., & Silva, F. (2016). Quantum walk on a cylinder. *Physical Review A*, 94(3), 032328. (<https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRevA.94.032328>)

[9] Di Molfetta, G., & Pérez, A. (2016). Quantum walks as simulators of neutrino oscillations in a vacuum and matter. *New Journal of Physics*, 18(10), 103038. (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1367-2630/18/10/103038/meta>)

2015

[8] Di Molfetta, G., Honter, L., Luo, B. B., Wada, T., & Shikano, Y. (2015). Massless Dirac equation from Fibonacci discrete-time quantum walk. *Quantum Studies: Mathematics and Foundations*, 2(3), 243-252. (<https://link.springer.com/article/10.1007/s40509-015-0038-6>)

[7] Di Molfetta, G., Krstulovic, G., & Brachet, M. (2015). Self-truncation and scaling in Euler-Voigt- α and related fluid models. *Physical Review E*, 92(1), 013020. (<https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.92.013020>)

[6] Di Molfetta, G., Debbasch, F., & Brachet, M. (2015). Nonlinear optical Galton board: Thermalization and continuous limit. *Physical Review E*, 92(4), 042923. (<https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.92.042923>)

2014

[5] Di Molfetta, G., Brachet, M., & Debbasch, F. (2014). Quantum walks in artificial electric and gravitational fields. *Physica A: Statistical Mechanics and its Applications*, 397: 157-168. (<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378437113011059>)

2013

[4] Debbasch, F., & Di Molfetta, G. (2013). Discrete time quantum walks continuous limit in 1+ 1 and 1+ 2 dimension. *Journal of Computational and Theoretical Nanoscience*, 10(7), 1621-1625 [Link](#)

[3] Di Molfetta, G., Brachet, M., & Debbasch, F. (2013) Quantum walks as massless Dirac fermions in curved space-time. *Physical Review A*, 88.4: 042301. (<https://journals.aps.org/pra/abstract/10.1103/PhysRevA.88.042301>)

2012

[2] Debbasch, F., Di Molfetta, G., Espaze, D., & Foulonneau, V. (2012). Propagation in quantum walks and relativistic diffusions. *Physica Scripta*, 2012(T151), 014044. (<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/0031-8949/2012/T151/014044/meta>)

[1] Di Molfetta, G. & Debbasch, F. (2012) Discrete-time quantum walks: continuous limit and symmetries. *Journal of Mathematical Physics*, 53.12: 123302. (<https://aip.scitation.org/doi/10.1063/1.4764876>)