

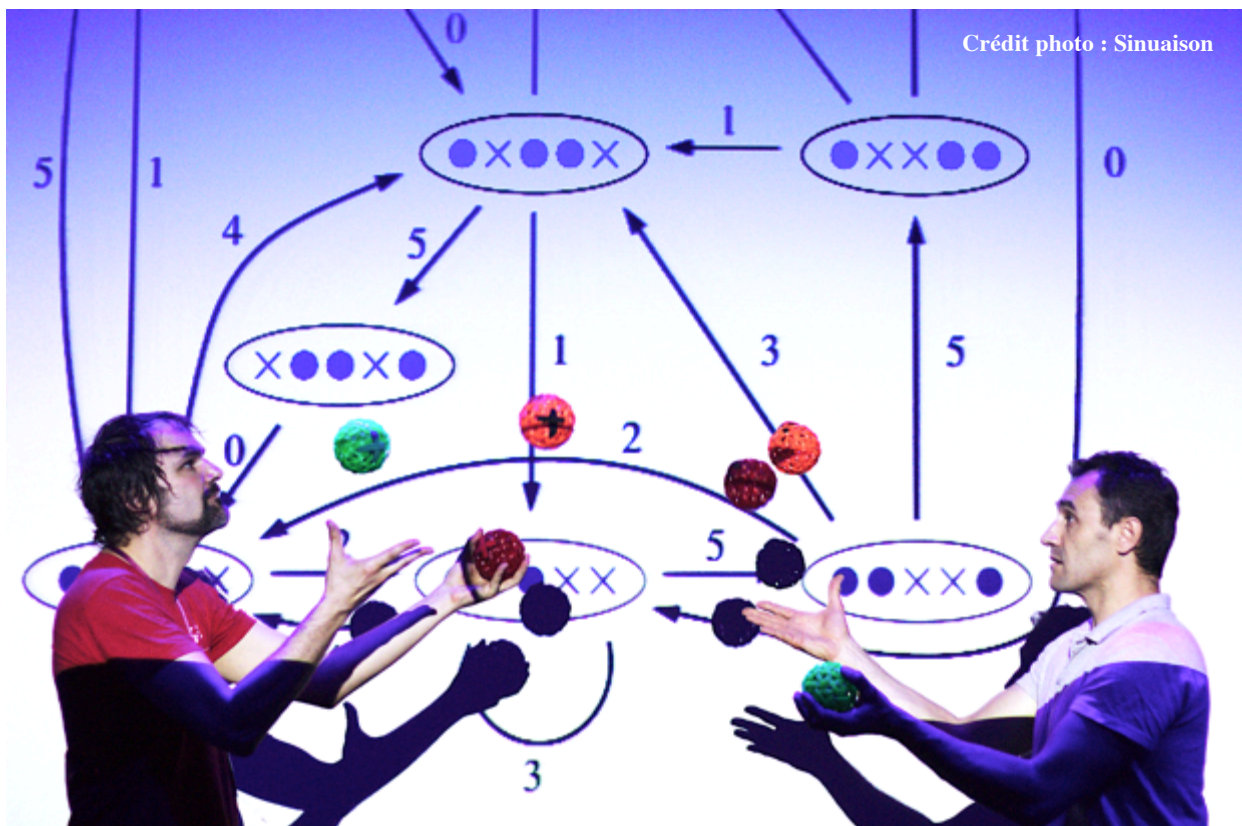
La Compagnie Chant de Balles – Vincent de Lavenère

Conventionnée par la DRAC et la Région Ile de France, et le Conseil Départemental de l'Essonne



présente

# *Jonglerie musicale automates et combinatoire*



Crédit photo : Sinuaison

Environ 1 heure – Tout public

Écrire, modéliser, créer

*Une conférence-spectacle jonglée mêlant Arts et Sciences*

*en duo avec*

**FLORENT HIVERT**

Professeur à l'Université de Paris-Saclay

Chercheur au LISN

Jongleur Amateur

Spécialiste de la combinatoire algébrique

Faculté des Sciences d'Orsay

**VINCENT DE LAVENÈRE**

Auteur – Jongleur - Interprète

Développe depuis 20 ans  
une recherche sur

la *Jonglerie musicale*

---

**SOUTIENS ET PARTENARIATS**

Cette conférence-spectacle est lauréate de l'appel à projet « Coup de Pouce » de la **Diagonale de Paris-Saclay** et soutenue par **La Fondation Blaise Pascal** et la **Fondation Mathématique Jacques Hadamard**.

La conférence-spectacle est la restitution du travail de recherche mené au **Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique** (LISN, ex. LRI) de l'université de Paris-Saclay où Vincent de Lavenère est artiste associé depuis 2017.

Les fruits de ces recherches ont permis d'avancer sur la création du spectacle *Ballade à Quatre* (compagnie Chant de Balles) et permettront la création d'un nouveau spectacle de jonglerie musicale, le *Concerto pour Jongleurs* avec orchestre (création en cours de la compagnie Chant de Balles).



## *INTRODUCTION*

---

« Mon premier est un jongleur musical qui voudrait écrire la partition de ses spectacles.  
Mon deuxième est un chercheur qui veut expliquer la notion informatique d'automate.  
Mon tout est un spectacle ludique, pédagogique et artistique, né d'une recherche en cours  
entre l'artiste et le scientifique. »

Quand le scientifique et le jongleur se rencontrent, pédagogie et spectacle, informatique et jonglerie, combinatoire et musique se rencontrent aussi, pour le bonheur des petits et des grands.

Quand L'Art et la Science jonglent ensemble, se dévoile un exceptionnel raisonnement pédagogique aux accents mathématiques et artistiques accessibles à tous.

Est-ce une simple vulgarisation ? Ou une création artistique commune ? Vous nous direz...

« Jonglerie musicale, automates et combinatoire » est une conférence-spectacle de vulgarisation associant un jongleur professionnel et un chercheur en informatique fondamentale.

Ensemble, ils proposent un concept original entremêlant Art et Science, en abordant la notion scientifique de modélisation, et plus particulièrement celle informatique d'automate, à travers l'exemple de la jonglerie.

Ce travail se base sur une recherche commune dont le but est de trouver un moyen d'écrire des partitions qu'une équipe de jongleurs munis de balles musicales pourra jouer.

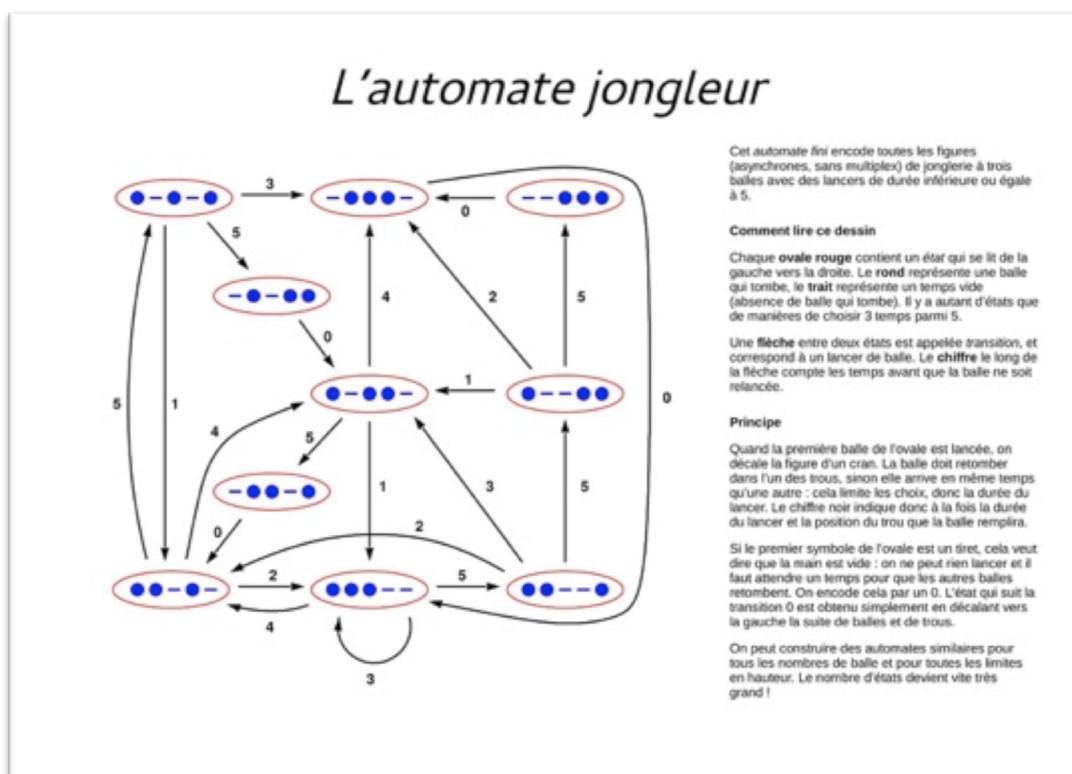
L'argument est un problème réel rencontré par le jongleur pour créer ses spectacles : comment écrire une partition jonglable ?

Pour la modélisation, le chercheur utilise la théorie des siteswaps qui encode les figures de jonglerie grâce à un automate fini. Motivée par la jonglerie musicale, la conférence introduit progressivement la notion de modélisation et plus particulièrement celle d'automate fini.

Le travail de l'artiste sert en permanence de support expérimental à la démarche du scientifique : de leur dialogue naît à la fois un spectacle ludique et une conférence de vulgarisation interactive.

Entre mathématiques, modélisation et informatique, vous allez voir et entendre de la jonglerie comme vous ne l'aviez jamais connue !

Chemin jonglant, vous allez comprendre des mathématiques qui jusqu'alors vous semblaient inaccessibles.



## Contexte scientifique

Ouverte par Claude Shannon [4] dans les années 1970, l'étude scientifique de la jonglerie n'est pas une problématique nouvelle. Son développement sous forme de la théorie du siteswap [5, 1] est bien compris tant par les scientifiques que par les jongleurs et a fait l'objet de plusieurs travaux de vulgarisation [2, 3]. D'un point de vue combinatoire, plusieurs articles l'ont reliée avec l'étude des permutations [6, 7] et plus récemment avec de la géométrie algébrique [8].

Le but pour les scientifiques est de fournir un support expérimental sous la forme de simulateur au jongleur et compositeur. Il existe déjà plusieurs simulateurs de jonglerie (par exemple juggling-lab). Cependant, aucun ne prend en compte le côté musical ni n'est adapté à l'étude de la jonglerie non répétitive. Grâce à la bibliothèque extensive de combinatoire dont ils ont coordonné le développement dans le logiciel Sagemath, les chercheurs espèrent pouvoir brancher un simulateur aux systèmes de manipulation de permutations et d'automates. Un prototype est déjà utilisé à la toute fin du spectacle.

La présentation tient tout autant de la conférence scientifique que du spectacle artistique. Non seulement les séquences d'explications sont entrecoupées d'intermèdes de spectacle, incluant par exemple du chant, qui permettent au public de relâcher son attention ; mais surtout, les explications sont en permanence et en temps réel illustrées visuellement et auditivement par le jongleur et le scientifique qui devient lui-même jongleur quand le besoin s'en fait sentir. Une grande attention a été apportée au fait, que même si ces illustrations ont un côté ludique voire souvent comique, elles ne viennent pas troubler le message scientifique, mais bien le porter.

## Références

- [1] <http://www.siteswap.org>, <http://fr.wikipedia.org/wiki/Siteswap>
- [2] J.-C. Novelli, Jonglerie et théorie des automates, Pour la Science, Avril 2001.
- [3] B. Polster, The Mathematics of Juggling, Springer-Verlag, New York, 2003.
- [4] Claude E. Shannon, Scientific Aspects of Juggling (1970), dans Claude Elwood Shannon Collected Papers, édité par N.J.A. Sloane and A. D. Wyner, New York : IEEE press, pp. 850-864.
- [5] Bruce Tiemann (Boppo) et Bengt Magnusson, A Notation for Juggling Tricks, Juggler's World, 43(2), 1991.
- [6] J. Buhler, D. Eisenbud, R. Graham, C. Wright, Juggling drops and descents, American Mathematical Monthly, 1994.
- [7] R. Ehrenborg, M. Readdy, Juggling and applications to q-analogues, Actes de la 6e conférence SFCA, (New Brunswick, MJ, 1994), Discrete Math. 157 (1996), no. 1-3, 107-125.
- [8] A. Knutson, T. Lam at David E. Speyer, Positroid Varieties : Juggling and Geometry, Compositio Mathematica, 149(10) (2013), 1710-1752.

La conférence-spectacle s'adresse à tous les publics à partir de 10 ans. Lors des représentations tout public, les familles peuvent venir avec des enfants de tous âge qui apprécient les moments de spectacle.



La conférence-spectacle ne fait pas appel à des compétences de calcul et ne demande aucune connaissance préalable en mathématiques, informatique ou jonglerie. Les concepts scientifiques sont introduits à travers le geste artistique, faisant appel à l'observation et à l'écoute.

De manière naturelle, la modélisation de la jonglerie conduit à la construction au tableau d'un schéma dont on révèle ensuite qu'il s'agit d'un objet informatique théorique (un automate fini) extrêmement courant. Plusieurs séquences interactives avec le public rythment l'exposé et le font rebondir vers l'idée suivante.

Cependant, nous avons observé que le format d'une heure et le caractère conceptuel de la formalisation peuvent poser des difficultés aux plus jeunes, aussi pour les représentations scolaires le spectacle s'adresse en priorité aux élèves de collèges et lycées.

Ce projet ne porte pas un discours spécifique du point de vue du genre. L'expérience montre en revanche que la symbiose entre art et technique, comme l'alternance entre spectacle pur et explications, se combinent pour intéresser différents publics, des avertis aux novices, des aficionados à ceux qui doutent de leurs capacités.

Cela s'observe au moment des échanges avec les intervenants, à travers toutes les questions qui leur sont posées. D'autre part, les deux intervenants sont personnellement sensibles à la promotion des sciences auprès de tous les publics en général et des jeunes en particulier.

### Ateliers d'initiation à la combinatoire

En complément du spectacle, Vincent et Florent ont créé deux ateliers d'une durée d'1h30 qui permettent d'initier des élèves de niveau lycée à la modélisation de la jonglerie grâce à la combinatoire.

**1** - Le premier atelier permet aux jeunes d'explorer l'automate de la jonglerie vu pendant le spectacle. Grâce à un système de billes et de rails, les jeunes peuvent simuler une figure de *siteswap* en arrêtant le temps à volonté pour, par exemple, prendre des notes. Ils peuvent ainsi reproduire au ralenti sans savoir jongler les différentes figures de jonglerie vue pendant le spectacle et même en découvrir d'autre.

**2** - Le deuxième atelier est une introduction à la théorie des permutations et du groupe symétrique à travers la jonglerie. On essaye de comprendre la suite de sons obtenue par la répétition d'une figure à 5 balles réalisée par le jongleur. On introduit progressivement l'écriture et les règles de calcul. L'atelier est conclu par l'explication d'un algorithme dit d'exponentiation binaire qui permet aux élèves de calculer rapidement la suite de sons obtenu après un grand nombre de répétitions de la figure du jongleur.

Créés en 2022, ces deux ateliers visent un public de lycéens et s'adressent à des groupes d'une vingtaine de jeunes.



Atelier à Istanbul, décembre 2022

### Encadrement d'étudiants

Le travail de recherche associé à la conférence est soutenu par l'encadrement d'étudiant en stage. En 2021, dans le cadre du parcours MPRI du Master d'informatique de Paris Saclay, Léo Kulinsky et Josué Moreau ont effectué un stage de 6 mois de fin d'année de Master 1 sur la thématique de la modélisation de la jonglerie. Ils ont notamment réalisé deux prototypes de logiciels:

- Le premier permet de calculer automatiquement, connaissant les possibilités du ou des jongleur(s), une manière de jongler une mélodie donnée. Le logiciel permet ensuite de simuler et de visualiser les mouvements du jongleur ce qui permet à ce dernier d'apprendre facilement la figure.
- Le deuxième vise à extraire le code *siteswap* à partir d'une vidéo d'un jongleur. L'objectif à long terme étant d'apprendre les possibilités du jongleur.

Ces deux logiciels sont encore à l'état de prototype et les chercheurs sont intéressés par encadrer d'autres stages pour rendre plus accessible leur utilisation.





## **Florent Hivert**

est professeur à l'Université de Paris-Saclay, chercheur en combinatoire algébrique au Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique (LISN), et jongleur amateur. Il est l'auteur d'une thèse intitulée Combinatoire des fonctions quasi-symétriques. Depuis une dizaine d'années, à raison de deux ou trois fois par an, il présente une conférence sur l'écriture de la jonglerie.

Cette conférence est destinée à un public scientifique de niveau lycée / première année d'université. Il l'a présentée par exemple pour le congrès Math-en-Jean du 5 au 7 avril 2013, pour la Fête de la Science et les journées portes ouvertes de l'université Paris-Sud, pour le cycle de conférences « Université de tous les savoirs » à Rouen ou encore à l'IRCAM au séminaire mathématique et musique. C'est à l'occasion de ce dernier exposé qu'il a rencontré Vincent de Lavenère.

## **Vincent de Lavenère**

est un électron libre dans l'univers de la jonglerie contemporaine. Diplômé du Centre National des Arts du Cirque (CNAC) en 1992, médaillé de bronze au Festival mondial du cirque de demain en 1993, il est titulaire d'un DE de professeur de cirque depuis 2018.

Amoureux de musique et de science, il enrichit son art de la jonglerie à travers l'ethnomusicologie qu'il pratique avec Véronique de Lavenère depuis 1997 dans toutes les populations ethniques du Laos. Il multiplie en parallèle les collaborations transversales entre musiciens d'horizons diverses, joue en duo avec une multitude de grands noms de la musique ancienne, classique ou jazz.

Ses recherches autour de la jonglerie musicale l'emmènent à inventer les balles musicales acoustiques accordées.

Artiste associé au LISN depuis 2017 et artiste associé à la Scène de recherche de l'ENS Paris-Saclay en 2023-2025, Vincent travaille en collaboration avec des mathématiciens sur une notation de jonglerie musicale spécifique à des fins pédagogiques.

Ses spectacles s'écrivent comme une partition de musique où le geste et l'architecture visuelle fluctuent en une portée poétique, nous faisant voyager d'un univers sonore à une méditation poétique de la jonglerie.

- Fête de la Science, 14 et 16 octobre 2016 : 5 interventions scolaires, 3 grand public ;
- Festival Curiositas, 20 mai 2017, organisé par la Diagonale Paris Saclay ;
- Journée du Laboratoire de Recherche en Informatique, 22 juin 2017 ;
- Fête de la Science, 13 et 15 octobre 2017 : 5 interventions scolaires, 3 grand public ;
- Festival Science à l'Opéra, 18 novembre 2017, grande salle de l'Opéra de Massy (350 spectateurs), organisé par l'association [S]cube ;
- Semaine des mathématiques «Mathématique et mouvements», mardi 13 mars 2018, à l'Institut Henri Poincaré ; Extrait de la conférence retransmis en direct sur [Youtube](#).
- 29e congrès MATH.en.JEANS à Orsay du 23 au 25 mars 2018 (2 spectacles 500 élèves);
- 19e Salon de la Culture et des Jeux Mathématiques 2018 du 24 au 27 mai 2018 (grand public, 120 personnes).
- Fête de la Science, 12 octobre 2018, 2 représentations pour 6 classes scolaires
- Fête de la Science, 14 octobre 2018, 1 représentation grand public
- Festival Math-en-Ville, Saint-Denis, 19 octobre, 2 représentations (Scolaire 100 élèves + Grand Public 80 personnes)
- Association de Belleville 23 et 24 novembre 2018, 2 représentations grand public (100 personnes)
- Festival Le temps des sciences, 12 mars 2019 Saint Brieuc, 2 représentations (Scolaire 120 élèves + Grand Public)
- Des Savant sur les planches 02 avril 2019 théâtre de Reine blanche (100 personnes)
- MATH.en.JEANS, le 03 avril 2019 à Amiens, 2 représentations (500 élèves)
- Journée de IMJ-PRG 28 mai 2019 (50 personnes)
- Festival de Robotique de Cachan, 06 juin 2019, 2 représentations (400 élèves)
- Lycée Notre Dame de Sion, Istanbul, Turquie, 14 Juin 2019 (35 élèves)
- Université Paris-Sud, fête de la DIP, 4 Juillet 2019 (50 collègues)
- Lancement départemental de la fête de la Science en Essonne, 29 septembre à Étampes (grand public 80 personnes)
- Accueil des nouveaux personnels de l'université Paris-Saclay, 3 octobre (60 collègues)
- Collège Alain Fournier, Orsay, 10 octobre 2019 (60 élèves 5ième-4ième)
- Lycée Blaise Pascal, Orsay, 10 octobre 2019 (40 élèves 1ère)
- Fête de la Science, Conservatoire à rayonnement départemental d'Orsay, 20 octobre (grand public 300 personnes)
- Remise des prix «Projet Vulgarisation» Central-Supélec, Mai 2021 (80 élèves)
- Lycée Gambetta Carnot, Arras, 2 décembre 2021 (150 élèves)
- 150ième anniversaire de la Société Mathématique de France, 18 Mars 2022 (50 personnes)
- Exploradôme, Musée des sciences et du numérique, 16 avril 2022 (50 personnes)
- Lycée Jules Vernes, Limours, 12 Septembre 2022 (60 élèves, deux classes 3ième et Seconde).
- Festival «Let's play with maths» / UNIGE, Les Diablerets (Suisse), 29 octobre 2022

**Compagnie Chant de Balles :**  
**Clément Bennequin (Production/Diffusion)**  
06 82 59 16 39 - production.chantdeballes@gmail.com

**Contact scientifique :**  
**Florent Hivert**  
01 69 15 65 99 - florent.hivert@lisn.fr



Le Laboratoire Interdisciplinaire des Sciences du Numérique (LISN)  
est une Unité Mixte de Recherche (UMR CNRS 9015) affilié au CNRS et à l'université Paris-Saclay

*COMPAGNIE CHANT DE BALLES – Association Loi 1901*  
*Siège social : Espace Marcel Carné - Place Marcel Carné - 91240 ST MICHEL SUR ORGE*  
*Adresse de correspondance : 10 Avenue du Château - 91190 GIF SUR YVETTE*  
*SIRET : 414 693 259 00031 | APE : 9001Z | TVA intracommunautaire FR81414693259*

