1 Curriculum vitæ

Ashot ALEKSIAN

né le 03/09/1996

Chercheur post-doctorant
ashot.aleksian@tse-eu.fr

Département de Mathématiques et Statistique
ashotaleksian.github.io

École d'Économie de Toulouse (TSE)

Chercheur en mathématiques appliquées depuis quatre ans, je suis diplômé d'un doctorat de l'Université Jean Monnet de Saint-Étienne et titulaire d'un master en "Modélisation Stochastique et Sciences Actuarielles". Je continue mes recherches en tant que chercheur post-doctorant à l'École d'Économie de Toulouse. Passionné par les questions portant sur les processus stochastiques, je possède de solides connaissances sur différents processus de diffusions linéaires et non-linéaires, leurs comportements en temps long et l'asymptotique de leurs temps de sortie. Je suis co-auteur de deux articles publiés dans "ESAIM : PS" et "Electronic Journal of Probability", ainsi que d'un article en révision dans "Probability Theory and Related Fields".

Formation

- **2020 - 2023**
  Doctorat en Mathématiques Appliquées de l'Université Jean Monnet, Saint-Étienne, France :

  Problème de temps de sortie pour les diffusions auto-interagissantes et auto-stabilisantes

  soutenue le 20/11/2023 devant le jury composé de

Champagnat, Nicolas	Directeur de Recherche / Inria Nancy-Grand Est	Président
Essouabri, Driss	Professeur / UJM Saint-Étienne, ICJ	Examinateur
Herrmann, Samuel	Professeur / Université de Bourgogne, IMB	Examinateur
Miclo, Laurent	Directeur de Recherche / CNRS	Examinateur
Koralov, Leonid	Full professor / University of Maryland	Rapporteur/Examinateur
Lelievre, Tony	Professeur / École des Ponts, CERMICS	Rapporteur/Examinateur
Tugaut, Julian	MCF HC / UJM Saint-Étienne, ICJ	Directeur de thèse
Kurtzmann, Aline	MCF / Université de Loraine, IECL	Co-directrice de thèse

- **2017 - 2019**
  Master. Spécialisation « Modélisation Stochastique et Sciences Actuarielles »
  Moscou, Russie
  Higher School of Economics (HSE University)
  Mémoire de master : « Recent applications of Optimal Mass Transportation »
  Directeur : Jean-François Jabir
- **2013 - 2017**
  Bachelor. Spécialisation « Informatique Appliquée »
  Moscou, Russie
  Higher School of Economics (HSE University)

Expériences Professionnelles

- **Novembre 2023 - Présent**
  École d'Économie de Toulouse
  Toulouse, France
  Chercheur post-doctorant
  Sujet : Étude de la convergence et de la vitesse de la convergence d'un nouvel algorithme (de recherche des minima globaux d'une fonction) qui est basé sur un processus de diffusion de type McKean-Vlasov.
  Encadrants : Stéphane Villeneuve, Laurent Miclo.
- **2020 – 2023**
  Université Jean Monnet
  Saint-Étienne, France
  Doctorant
  Thématique : Le problème du temps et du lieu de sortie d'un domaine pour des diffusions auto-interagissantes et des diffusions de type McKean-Vlasov a été résolu. La loi de type Kramers a été établie : le temps de sortie d'un domaine d'attraction a une forme exponentielle. Pour établir ce résultat dans différents contextes, un grand nombre de techniques ont été utilisées, notamment les principes de grandes déviations, et une nouvelle méthode de couplage.
  Directeurs : Aline Kurtzmann, Julian Tugaut.
- **2018 - 2020**
  Glowbyte consulting
  Moscou, Russie
  Analyste
  Missions : Développement et mise en œuvre de bases de données et autres systèmes d'information pour la gestion des risques. Projets : Participation à plusieurs projets de conseil pour une banque de premier plan en Russie, incluant le développement et l'intégration de modèles PD, LGD et EAD pour l'évaluation des risques liés aux débiteurs des petites et moyennes entreprises.

Publications et prépublications

1. Ashot Aleksian, Pierre Del Moral, Aline Kurtzmann, et Julian Tugaut. On the exit-problem for self-interacting diffusions. [ESAIM : PS 28 : 46-61] 2024. `https://doi.org/10.1051/ps/2023020`
2. Ashot Aleksian, Aline Kurtzmann, et Julian Tugaut. Exit-problem for a class of non-Markov processes with path dependency. [en révision pour Probability Theory and Related Fields] 2023. `https://arxiv.org/abs/2306.08706`
3. Ashot Aleksian, et Julian Tugaut. Measure-dependent non-linear diffusions with superlinear drifts : existence, large deviations principle and asymptotic behavior of the first exit-times. [Electronic Journal of Probability 29 : 1-31] 2024. `https://doi.org/10.1214/24-EJP1229`

Projets de recherche

- **2023 – Présent**
  Convergence of swarm gradient dynamics
  Dans le cadre de la subvention USAF FA8655-22-1-7016
  Objectif : étudier la convergence et la vitesse de la convergence d'un nouvel algorithme (de recherche des minima globaux d'une fonction) qui est basé sur un processus de diffusion de type McKean-Vlasov.
  Porteurs : Laurent Miclo (CNRS, École d'Économie de Toulouse), Stéphane Villeneuve (École d'Économie de Toulouse).

– **2021 - 2023**
PHC SAKURA 2021 (code : 47005SC)
Before, During and After the Blow-Up in the Analysis of Chemotaxis Models : Macroscopic and Microscopic Viewpoints
Objectif : combiner des techniques d'EDP et de probabilités pour analyser le phénomène de « blow-up » dans les modèles de chimiotaxie. Le « blow-up » est un phénomène qui se produit dans les solutions des EDP lorsque certaines quantités deviennent infinies en un temps fini. La chimiotaxie est un mouvement collectif d'une population de cellules ou de bactéries lorsqu'il est déclenché par un stimulus chimique présent dans leur environnement qui peut être attractif ou répulsif.
Participants : Ashot Aleksian, Milica Tomašević (École Polytechnique), Julian Tugaut (Université Jean Monnet, coordinateur France), Kentaro Fujie (Tohoku University, coordinateur Japon), Hironari Miyoshi (Saitama University), Hiroshi Wakui (Tokyo University of Science).

– **2019 - 2024**
ANR METANOLIN (ANR-19-CE40-0009)
METAstability for NOnLINear processes (JCJC)
Objectif : aborder les problèmes de métastabilité liés aux processus stochastiques non-linéaires (incluant la loi ou le passé du processus lui-même). Les problèmes de métastabilité surviennent lorsque l'on s'intéresse à des problèmes d'optimisation complexes en utilisant une méthode de descente de gradient stochastique. Le but du projet est d'utiliser la non-linéarité afin d'obtenir des algorithmes plus rapides que les algorithmes standards.
Participants : Ashot Aleksian, Paul-Éric Chaudru de Raynal (Université de Nantes), Aline Kurtzmann (Université de Lorraine), Pierre Monmarché (Sorbonne Université), Milica Tomašević (École Polytechnique), Julian Tugaut (Université Jean Monnet, porteur).

Conférences

1. Exposés aux conférences

– **Novembre 2024**
"LSA Winter meeting" workshop
en ligne ; Moscou, Russie

– **Juin 2024**
Journées de Probabilités 2024
Bordeaux, France

– **Juin 2024**
TSE doctoral workshop
Toulouse, France

– **Juin 2023**
Workshop "Stochastic processes, metastability and applications"
Nancy, France

– **Octobre 2022**
First Franco-Japanese workshop on chemotaxis models (macroscopic and microscopic viewpoints)
Sendai, Japon

– **Mai 2022**
Workshop "Metastability, mean-field particle systems and nonlinear processes"
Saint-Étienne, France

2. Exposés aux séminaires

– **Avril 2024**
Séminaire de l'équipe SPOC de l'IMB

Dijon, France
Titre : “Temps de sortie pour le processus de type McKean-Vlasov : au-delà du cas convexe”

- **Mars 2024**
  Séminaire de l’équipe Probabilités, Analyse et Statistique
  Clermont-Ferrand, France
  Titre : “Temps de sortie pour le processus de type McKean-Vlasov : au-delà du cas convexe”
- **Février 2024**
  Séminaire de Probabilités, IRMAR
  Rennes, France
  Titre : “Métastabilité pour des processus non-linéaires : Nouveaux résultats et questions ouvertes”
- **Février 2024**
  Séminaire de l’équipe ProbaStat
  Poitiers, France
  Titre : “Metastability for non-linear processes”
- **Octobre 2023**
  Séminaire “Stochastic Analysis and Applications”
  Moscou, Russie
  Exposé en ligne. Titre : “Exit-time problem for self-interacting and self-stabilizing diffusion processes”
- **Avril 2022**
  Groupe de travail
  Nancy, France
  Titre : “Exit-time problem for self-interacting and self-stabilizing diffusion processes”

3. Participations aux conférences

- **Septembre 2023**
  A Random Walk in the Land of Stochastic Analysis and Numerical Probability
  Marseille, France
  Poster
- **Août 2023**
  Workshop “Celebrating the mathematics of Michel Benaïm”
  Lausanne, Suisse
- **Juin 2023**
  Summer school on mean field models
  Rennes, France
- **Septembre 2022**
  Interacting Particle Systems and Applications
  Trente, Italie

Activités Pédagogiques

- **2024**
  TD d’Optimisation
  Toulouse, France
  15h de TD pour L3 Économie.
- **2024**
  TD de Statistique Inférentielle
  Toulouse, France
  15h de TD pour L2 Économie.
- **2022**
  Stage hippocampe

Saint-Étienne, France

- **2019**
  Calculus III
  Moscou, Russie
  Assistant du professeur. Donner des notes pour les devoirs et examens.

Autres

Langues :

- Anglais : Courant
  Certificat de « Cambridge English exam », niveau : C1 Advanced
- Français : Courant
  Certificat de CILEC Saint-Étienne, niveau B2
- Russe : Natif

Nationalité : russe.

Logiciels maîtrisés : Python, C/C++, R, MatLab, LaTeX, SQL.

Qualification : MCF-2024-26-24226400134. Corps Maître de conférences dans la section "26 - Mathématiques appliquées et applications des mathématiques"

2 Résumé de mes travaux antérieurs

Mots Clés : *Processus de type McKean-Vlasov, Diffusions Auto-interagissantes, Problème de temps de sortie, Théorie de Freidlin-Wentzell, Théorie des grandes déviations, Équations différentielles stochastiques, Processus stochastiques.*

Mon travail précédent se compose de trois articles réalisés en collaboration avec Pierre Del Moral, Aline Kurtzmann ou Julian Tugaut :

[AdMKT24] Ashot Aleksian, Pierre del Moral, Aline Kurtzmann, and Julian Tugaut. Self-interacting diffusions : Long-time behaviour and exit-problem in the uniformly convex case. *ESAIM : PS*, 28 :46–61, 2024.

[AKT23] Ashot Aleksian, Aline Kurtzmann, and Julian Tugaut. Exit-problem for a class of non-Markov processes with path dependency, 2023. under review for PTRF.

[AT24] Ashot Aleksian and Julian Tugaut. Measure-dependent non-linear diffusions with superlinear drifts : asymptotic behaviour of the first exit-times. *Electronic Journal of Probability*, 29 :1 – 31, 2024.

Dans ces articles, le problème du temps de sortie pour deux types de processus de diffusion non linéaire est étudié. Le premier article [AdMKT24] prend en considération la diffusion auto-interagissante (notée SID - Self-interacting diffusion), définie par l'équation différentielle stochastique suivante, incluant l'interaction du processus avec son propre passé :

$$\mathrm{d}X_t^\sigma = \sigma\,\mathrm{d}W_t - \left(\nabla V(X_t^\sigma) + \frac{1}{t}\int_0^t \nabla F(X_t^\sigma - X_s^\sigma)\,\mathrm{d}s\right)\mathrm{d}t\,,$$

où W_t est le mouvement Brownien et $\sigma > 0$ est un paramètre qui contrôle l'échelle du bruit.

Dans ce premier article, nous étudions le problème du temps de sortie pour ce processus, c'est-à-dire le premier instant auquel la diffusion sort d'un domaine fixé G dans un régime de faible bruit. De plus, nous supposons qu'il existe un point d'attraction unique à l'intérieur du domaine G, que nous appelons a. Par conséquent, le problème de temps de sortie correspond à l'étude du temps d'arrêt suivant :

$$\tau^\sigma := \inf\{t \geq 0 \ : \ X_t^\sigma \notin G\}.$$

Dans [AdMKT24], on suppose que les fonctions V et F sont convexes, ce qui nous permet d'utiliser des techniques classiques de couplage pour établir la loi de type Kramers et le résultat de localisation de sortie. En particulier, sous les hypothèses de l'article, nous avons démontré le théorème suivant :

Théorème 1. *Définissons le coût de sortie comme :*

$$H := \inf_{x\in\partial G}\left(V(x) + F(x-a) - V(a)\right)\,.$$

Pour tout $\delta > 0$, nous avons la loi de type Kramers, c'est-à-dire :

$$\lim_{\sigma\to 0}\mathbb{P}\left(\exp\left\{\frac{2}{\sigma^2}(H-\delta)\right\} \leq \tau^\sigma \leq \exp\left\{\frac{2}{\sigma^2}(H+\delta)\right\}\right) = 1\,.$$

De plus, si $\mathcal{N} \subseteq \partial G$ et tel que $\inf_{z\in\mathcal{N}}(V(z) + F(z-a) - V(a)) > H$, alors

$$\lim_{\sigma\to 0}\mathbb{P}\left(X_{\tau^\sigma} \in \mathcal{N}\right) = 0\,.$$

La deuxième partie du théorème correspond à ce que l'on appelle la localisation de sortie.

Pour prouver ce théorème, nous avons d'abord rappelé les résultats existants concernant la convergence de la mesure d'occupation du processus $\mu_t^\sigma = \frac{1}{t}\int_0^t \delta_{X_s^\sigma}\,\mathrm{d}s$ vers une mesure de Gibbs. Nous avons utilisé ce résultat pour démontrer la stabilisation de la mesure d'occupation autour du point d'attraction δ_a en temps fini. La stabilisation et la convexité des potentiels V et F ont été utilisées pour obtenir le résultat de couplage entre notre système et la diffusion d'Itô associée :

$$\mathrm{d}Y_t^\sigma = \sigma\,\mathrm{d}W_t - \Big(\nabla V(Y_t^\sigma) + \nabla F(Y_t^\sigma - a)\Big)\,\mathrm{d}t \tag{1}$$

jusqu'au temps de sortie. Ce couplage a permis de démontrer que le temps de sortie de la diffusion auto-interagissante correspond à celui du processus d'Itô associé. Il en va de même pour le résultat de localisation de sortie.

Dans l'article [AKT23], nous avons considérablement amélioré ce résultat en supposant que le confinement et l'interaction étaient plus généraux. Cependant, nous avons supposé que V et F étaient suffisamment réguliers avec des gradients localement lipschitziens. Cela a beaucoup compliqué le problème, car, dans ce cas, nous ne pouvions pas obtenir le contrôle de la mesure d'occupation ou même le couplage avec la diffusion d'Itô associée de la même manière. Ainsi, pour prouver le résultat de temps de sortie, nous avons adapté la théorie de Freidlin-Wentzell à ce système.

Notre analyse a commencé par une "markovisation" de la diffusion auto-interagissante. Bien que la SID ne soit pas un processus markovien, pour trouver la trajectoire future de notre processus, seule toute la trajectoire passée est nécessaire. Remarquons que la trajectoire passée peut être décrite par le triplet suivant (t_0, μ_0, x_0), où t_0 est sa durée, μ_0 est la mesure d'occupation et x_0 est le dernier point, tandis que la trajectoire ultérieure est définie par l'EDS :

$$\begin{cases} \mathrm{d}X_t^\sigma &= -\nabla V(X_t^\sigma)\,\mathrm{d}t - \nabla F * \mu_t^\sigma(X_t^\sigma)\,\mathrm{d}t + \sigma\,\mathrm{d}W_t\,, \\ \mu_t^\sigma &= \frac{t_0}{t_0+t}\mu_0 + \frac{1}{t_0+t}\int_0^t \delta_{X_s^\sigma}\,\mathrm{d}s\,, \\ X_0^\sigma &= x_0 \ \text{ p.s.} \end{cases} \tag{2}$$

Nous avons abordé ce problème en prouvant d'abord le principe de grandes déviations (noté LDP pour "large deviations principle") pour le système généralisé ci-dessus. Nous avons utilisé le LDP pour contrôler la mesure d'occupation jusqu'au temps de sortie et restaurer la logique de la théorie de Freidlin-Wentzell afin de prouver le résultat de temps de sortie. Nous avons notamment considéré les cas où la diffusion se rapproche du point d'attraction a et quand elle s'en éloigne considérablement. Nous avons prouvé que le temps passé par le processus autour du point a est significativement plus grand que le temps passé loin de celui-ci. Ceci nous a donné le contrôle de la mesure d'occupation.

Pour obtenir le résultat de temps de sortie, en suivant l'approche dûe à Freidlin et Wentzell, nous avons à nouveau étudié le processus quand il se rapproche de a et quand il s'en éloigne. Le contrôle de la mesure empirique du processus implique que chaque déviation peut être considérée comme une tentative de sortie indépendante des processus du type (2) avec μ_0 proche de δ_a. Similairement à la diffusion d'Itô, le processus quitte le domaine G le long du chemin le moins improbable, c'est-à-dire celui qui minimise le quasi-potentiel. Comme nous le soulignons ci-dessus, $\mu_t^\sigma \xrightarrow[\sigma\to 0]{} \delta_a$ pour tout t au moins jusqu'au temps de sortie, avec $\sigma \to 0$, le quasi-potentiel devient plus proche de celui du processus d'Itô (1), ce qui nous a aidé à établir la loi de type Kramers de la forme

$$\lim_{\sigma\to 0} \mathbb{P}\left(\exp\left\{\frac{2}{\sigma^2}\,(H-\delta)\right\} \leq \tau^\sigma \leq \exp\left\{\frac{2}{\sigma^2}\,(H+\delta)\right\}\right) = 1,$$

où $H := \inf_{x\in\partial G}\left(V(x) + F(x-a) - V(a)\right)$. De plus, le résultat de localisation de la sortie similaire à celui du Théorème 1 a été établi.

L'article [AT24] étudie le problème de sortie pour la diffusion auto-stabilisante (notée SSD - self-stabilising diffusion) avec des potentiels de confinement et d'interaction généraux. Nous avons considéré le processus suivant :

$$\begin{cases} \mathrm{d}X_t^\sigma & = -\nabla V(X_t^\sigma)\,\mathrm{d}t - \nabla F * \nu_t^\sigma(X_t^\sigma)\,\mathrm{d}t + \sigma\,\mathrm{d}W_t\,, \\ \nu_t^\sigma & = \mathcal{L}(X_t^\sigma), \\ X_0^\sigma & = x_0 \in \mathbb{R}^d \;\text{ p.s.}, \end{cases} \tag{3}$$

où $\mathcal{L}(X_t^\sigma)$ représente la loi de la variable aléatoire X_t^σ.

L'écriture de ce processus est très similaire à celle de la diffusion auto-interagissante. De plus, après avoir contrôlé la loi de la SSD, nous aurions pu utiliser la même technique que dans l'article [AKT23] pour établir le résultat du temps de sortie. Au lieu de cela, nous avons développé des techniques pour généraliser la méthode de couplage et les appliquer à notre cas non convexe.

De manière similaire à [AKT23], nous montrons d'abord la convergence en temps fini du processus X^σ vers le point d'attraction a. Après cette convergence, nous introduisons un couplage synchrone de X^σ avec une diffusion d'Itô (1). Le problème ici est que nous ne pouvons plus utiliser la convexité de V ou F, puisque nous les considérons comme plus généraux.

L'idée est la suivante : puisque les processus X^σ et Y^σ sont couplés par le même mouvement brownien, chaque fois que X^σ et Y^σ sont proches du point stable d'attraction a (dans le petit voisinage où $V + F(\cdot - a)$ est supposé convexe), la distance entre eux diminue presque sûrement. En même temps, chaque fois que les deux processus s'écartent de a mais restent à l'intérieur du domaine G, leur plus grand écart peut être contrôlé en fonction du temps passé dans l'anneau confiné entre ∂G et un petit voisinage autour de a. Ensuite, nous prouvons que les processus X^σ et Y^σ passent suffisamment de temps près de a, par rapport au temps total passé loin de celui-ci, au point que l'effet attractif l'emporte sur l'effet d'éloignement. Nous utilisons cela pour prouver que pour tout $\kappa > 0$:

$$\lim_{\sigma\to 0} \mathbb{P}(\sup_t |X_t^\sigma - Y_t^\sigma| > \kappa) = 0,$$

où le supremum est pris pour t dans un intervalle suffisamment grand pour prouver le résultat de temps de sortie.

Ce couplage nous permet de contrôler la loi $\mathcal{L}(X_t^\sigma)$ au moins jusqu'au temps de sortie. De plus, il nous permet de prouver la loi de type Kramers ainsi que le résultat de localisation de sortie pour la SSD (3).