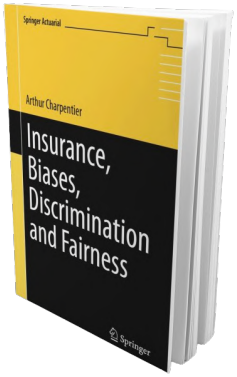
SCOR-UQAM INFOLETTRE #3 (Octobre 2024-Mars 2025)

Arthur Charpentier (UQAM; charpentier.arthur@uqam.ca)

Le projet de recherche "fairness of predictive models: an application to insurance markets" vise à réfléchir sur l'équité algorithmique des modèles prédictifs, plus particulièrement dans le contexte des marchés d'assurance. Ce projet, financé par la Fondation SCOR pour la Science, a débuté le 1er octobre 2023, porté par Arthur Charpentier, professeur à l'Université du Québec à Montréal (UQAM), pour trois ans. Nous publions tous les six mois une infolettre[1] afin de faire un bilan de l'activité récente. Pour la première fois, nous diffusons une version en français (une Newsletter #3, en anglais, est également disponible).



Nous voilà donc à mi-chemin du projet, dix-huit mois après le lancement. Suite à la publication de l'ouvrage **Insurance, Biases, Discrimination and Fairness** (en anglais, présenté dans la Newsletter #2), l'activité s'est un peu calmée. Alors que l'hiver s'installait, les stagiaires sont repartis, et nous avons repris nos activités quotidiennes, en avançant la rédaction d'articles et en présentant nos travaux (notamment à NeurIPS et AAAI, page 19). Nous avons également organisé une très belle conférence à Guanajuato, au Mexique (voir page 17), une autre étant prévue mi-mai, cette fois à Paris (on en parlera page **??**, et dans la prochaine infolettre).

Parmi les travaux récents, présentés dans cette infolettre, on revient sur les marchés d'assurance en concurrence, avec des problèmes d'équité (Selection bias in insurance: why portfolio-specific fairness fails to extend market-wide), de collusion algorithmique (Beyond human intervention: algorithmic collusion through multi-agent learning strategies), d'interactions avec les acteurs du numérique (The insurance market in the era of digital transitions) et un article dans le quotidien *Le Monde*, Assurance des catastrophes). On revient aussi sur les approches en lien avec l'équité, avec un court article Insurance analytics: prediction, explainability and fairness qui propose un état de l'art rapide, un article de dissémination Moral maze à destination des actuaires, tout comme A Comment on the Proposed Automobile Insurance Rating and Underwriting Supervision Guidance à destination des régulateurs en Ontario. Mentionnons un article plus juridique (L'existence de biais de genre par l'utilisation d'algorithmes dans les processus décisionnels en droit de la responsabilité et des assurances) et des articles plus mathématiques, avec Optimal Transport on Compositional Data for Conterfactuals, et Equipy, sequential fairness using optimal transport. Enfin, quelques articles reviennent sur les modèles d'apprentissage, avec Post-calibration techniques: balancing calibration and score distribution alignment sur la recalibration, Data augmentation with variational autoencoder for imbalanced dataset sur la difficulté de prédire des données non-balancées, k-nearest neighbors and k-means in Gini prametric spaces qui revient sur la prise en compte des valeurs aberrantes, Hoeffding decomposition of black-box models with dependent inputs qui revient sur des difficultés formelles dans les approches d'explicabilité (quand les inputs sont corrélés), Functional central limit theorems for epidemic models with varying infectivity and waning immunity qui étudie des problèmes d'épidémiologie (infectivité variable et immunité décroissante), et un court article revient sur les algorithmes d'apprentissage et d'IA en économie (Apprentissage automatique et économie).

En plus des publications académiques, les magazines *The Actuary* (page 13), *Risques* (14-15), *The European Actuary* et *l'Actuariel* (16) reviennent sur les travaux du projet.

Voir freakonometrics.hypotheses.org pour davantage d'informations, ou contacter directement Arthur Charpentier, charpentier.arthur@uqam.ca.

[1] Traduction officielle au Québec.

Les personnes associées

Après un été chargé avec l'accueil de plusieurs stagiaires (Newsletter #2), deux postdoctorants ont rejoint l'équipe cet automne, Marouane Il-Idrissi et Arsène Brice Zotsa Ngoufack, page 3.

Stagiaires

Arthur Charpentier participe à la supervision d'un stage en France, avec **Laurence Barry** (voir Newsletter #2) et la Chaire PARI ("*programme de recherche sur l'appréhension des risques et des incertitudes*,"), qui a débuté fin mars.

Raphaël Dalbarade (alumni: MSc ENSAE, BSc Université Paris Saclay, France) a commencé à travailler sur **la théorie des jeux et les catastrophes naturelles**, et des dynamiques marchés dans un contexte de mécanisme de couverture, en France, fondé sur la "solidarité nationale", .

Que sont-ils / elles devenus?

Ana Patrón Piñerez (Newsletter #2), qui a été stagiaire MITACS Globalink l'été dernier, finalise une MSc sur l'utilisation de réseaux de neurones pour calculer l'équilibre de Nash bayésien dans les jeux d'enchères. Elle devrait poursuivre ensuite au doctorat. Ensemble, nous finalisons un article basé sur son travail lors de son stage à Montréal (voir page 20), .

Franklin Feukam Kouhoue (Newsletter #2), qui était étudiant à l'ENSAE, et a rédigé son mémoire de MSc sur "Interprétabilité des modèles d'actuariat en tarification", supervisé par Arthur Charpentier, et Laurence Barry, a reçu le prix des "Quant Awards" du département *Enterprise Risk Management*, de Natixis, à Paris, .

Une petite pensée pour les étudiants qui se retrouvent sur Paris, avec Florent Crouzet, venu l'été dernier (Newsletter #2), Suzie Grondin, venue l'hiver dernier (Newsletter #1), Bertille Tierney (étudiante, page 4), Maxence Colin (étudiant), Agathe Fernandes Machado (doctorante), et François Hu (ancien stagiaire postdoctoral, Newsletter #1).

Doctorants

Les deux doctorants encore associés aux travaux du projet, **Agathe Fernandes Machado** et **Olivier Côté** (Newsletter #1) ont tous les deux validé leur dernier examen doctoral à la fin de l'automne .

Après la participation à NeurIPS à Vancouver (voir page 18) en décembre, Agathe a été invitée par **Stéphane Loisel** (CNAM, Conservatoire National des Arts et Métiers, France) et **François Hu** (Milliman, France) à Paris. Elle a obtenu une bourse CRM-CNRS. Ensuite, elle s'est rendue à Bruxelles pour présenter dans une conférence (voir page 20), et dans plusieurs autres évènements (voir page 21).

Stagiaires postdoctoraux

Marouane Il Idrissi (alumni: doctorat Université de Toulouse, MSc Université de Rennes et MSc ENSAI, France), a rejoint l'équipe pour travailler sur l'interprétabilité, supervisé par **Arthur Charpentier** et **Marie-Pier Côté**. Marouane a soutenu sa thèse, supervisée par **Nicolas Bousquet**, **Fabrice Gamboa**, **Bertrand looss** et **Jean-Michel Loubes**, sur **Développement de méthodes d'interprétabilité en apprentissage automatique pour la certification des intelligences artificielles reliées aux systèmes critiques.**

Arsène Brice Zotsa Ngoufack (alumni: doctorat Université d'Aix-Marseille, MSc Université de Yaoundé au Cameroun et MSc Université Felix Houphouet Boigny, Abidjan, Côte d'Ivoire), est venu travailler sur la contagion et les processus stochastiques pour l'apprentissage automatique, supervisé par **Arthur Charpentier** et **Hélène Guérin**. Brice a soutenu une thèse sur **Généralisation des modèles d'épidémie avec susceptibilité variable**, supervisée par **Raphael Forien** et **Étienne Pardoux**.

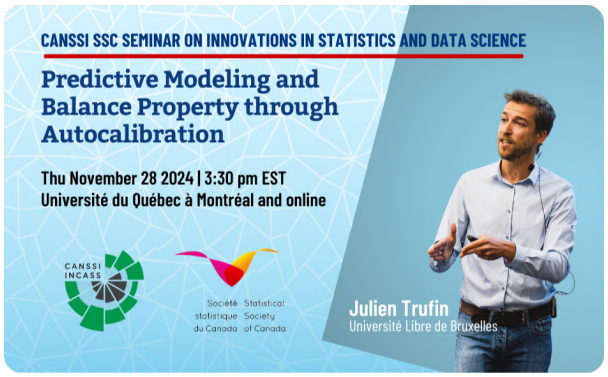
Autres

D'autres personnes ont été associées aux différents travaux au cours des derniers mois.

Emmanuel Flachaire, professeur à l'École d'Économie d'Aix-Marseille (AMSE, France), est venu travailler deux semaines en octobre avec Arthur Charpentier, Agathe Fernandes Machado et Ewen Gallic, sur **l'estimation des effets moyens conditionnels de traitement**, en inférence causale,

Julien Trufin, professeur à l'Université Libre de Bruxelles (ULB, Belgique), est venu pour une semaine en novembre, comme membre externe du jury d'Agathe pour un examen intermédiaire. Il reviendra au printemps

Au delà des après-midis de travail, Julien Trufin en a profité pour faire un exposé sur **la calibration des modèles prédictifs**, dans le cadre d'un des événements inauguraux du Séminaire sur les innovations en statistique et en science des données organisé par CANSSI (Institut Canadien des Sciences Statistiques), la SSC (Société Statistique du Canada), et StatQAM, l'équipe de statistique de l'UQAM (dont Arthur est membre).



François Hu, ancien chercheur postdoctoral à l'Université de Montréal sous la supervision d'Arthur Charpentier, et travaillant sur l'équité avec le transport optimal, est revenu pour une courte visite cet automne, pour Halloween.

François est maintenant chercheur principal en IA chez Milliman et il donne le cours sur l'équité en assurance au Conservatoire National des Arts & Métiers, à Paris. Agathe Fernandes Machado lui a rendu visite en janvier, et Arthur Charpentier présentera au séminaire R&D de Milliman. Il conclura l'atelier organisé à la SCOR en mai prochain, évoqué page **??**.

Avec **Bertille Tierny** (alumni: MSc ESCP Business School et MSc ENSAE Paris, France), Arthur et François travaillent sur les approches “in processing” pour garantir l’équité, .

Enfin, **Laurence Barry** (présentée dans Newsletter #2), avec qui les travaux se poursuivent, a porté avec **Pierre François** , directeur de recherche CNRS, le renouvellement de la chaire PARI (programme de recherche sur l’appréhension des risques et des incertitudes), placée sous l’égide de l’Institut Louis Bachelier en partenariat avec l’ENSAE / CREST et Sciences Po. Arthur Charpentier est membre du groupe .

Divers

Fondue chinoise[2] et pulls de Noël.

[2]La fondue chinoise est suffisemment inclusive pour permettre toutes sortes de régimes alimentaires, et que tout le monde se sente bienvenue.

(de gauche à droite: en haut, Brice (postdoc), Marouane (postdoc), Agathe (doctorante), Jean-François (professeur) ; en bas, Hélène (professeure), Ewen (professeur invité), Tommy (étudiant en MSc), Issam (postdoc) et Dante (postdoc).

La majorité des étudiants et stagiaires de l’équipe étant d’origine étrangère, on a pris l’habitude, tous les ans, d’organiser une sortie à la cabane, suivant la tradition québécoise.

Temps des sucres[3], *période printanière de mise en exploitation des érablières qui marque la fin de l’hiver et devient prétexte à la fête et aux réjouissances pour les visiteurs des cabanes à sucre.*

(en vrac: Brice (postdoc), Marouane (postdoc), Agathe (doctorante), Hélène (professeure), Olivier (doctorant) Ewen (professeur invité), Tommy (étudiant en MSc), Dante (postdoc), Marie (professeure à Heriot-Watt, Édimbourg) et quelques personnes en plus.)

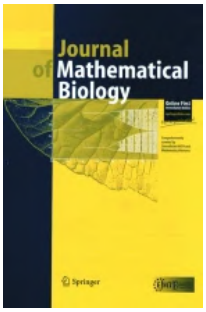
Travaux Récents

Dans ces infolettres, nous mentionnons des articles dès qu’ils deviennent des “prépublications”, accessibles sur ArXiv ou SSRN. La plupart sont ensuite envoyés à des revues internationales, à comité de lecture, pour publication. Ainsi, certains articles, présentés dans les (Newsletter #1 et #2) ont été publiés cet hiver. D’autres articles, dits de ”dissémination” par la suite, sont davantage grand public. Les articles et rapports dits ”professionnels” sont des notes écrites pour des autorités de contrôle, ou des associations professionnelles.

[3]Selon le terme québécois .

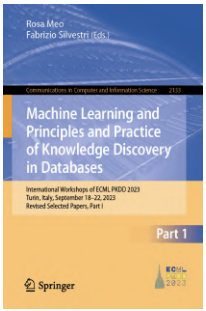
Publications

Quelques nouvelles d'articles présentés dans les dernières infolettres.



Optimal Vaccination Policy to Prevent Endemicity: a Stochastic Model (ou *Politique de vaccination optimale pour prévenir l'endémicité: un modèle stochastique*), par Félix Foutel-Rodier, Hélène Guérin et Arthur Charpentier, publié dans *Journal of Mathematical Biology*,

doi:10.1007/s00285-024-02171-z,



Mitigating Discrimination in Insurance with Wasserstein Barycenters (ou *Atténuer la discrimination en assurance à l'aide des barycentres de Wasserstein*), par Arthur Charpentier, François Hu et Philipp Ratz, a été publié dans *Machine Learning and Principles and Practice of Knowledge Discovery in Databases*,

doi:10.1007/978-3-031-74630-7_11,

A fair price to pay: exploiting causal graphs for fairness in insurance (ou *Un prix juste: exploiter les graphes causaux pour l'équité en assurance*), par Olivier Côté, Marie-Pier Côté et Arthur Charpentier, a été publié dans *Journal of Risk and Insurance*,

doi:10.1111/jori.12503,

Artificial intelligence and personalization of insurance: Failure or delayed ignition? (ou *Intelligence artificielle et individualisation des garanties en assurance : échec ou retard à l'allumage ?*), par Arthur Charpentier et Xavier Vamparys a été publié dans *Big Data & Society*,

doi:10.1177/20539517241291817,

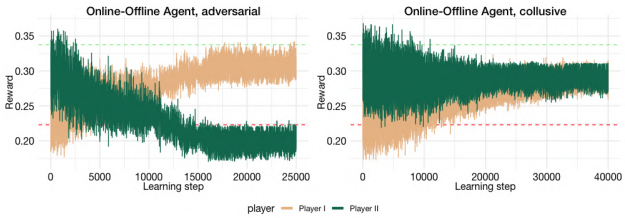
L'article avait été mentionné dans la Newsletter #1. À l'époque, Arthur avait été interviewé sur twitch dans l'émission *au pied de la lettre*, pour la *Lettre de l'Assurance*.

Arthur Charpentier a également publié des articles dans la revue *Risques*, présentés entre la page 14 et la page 15.

Beyond human intervention: algorithmic collusion through multi-agent learning strategies

ou *Au-delà de l'intervention humaine : collusion algorithmique par le biais de stratégies d'apprentissage multi-agents*, par Suzie Grondin (stagiaire pendant l'été et l'automne 2023, Newsletter #1), Arthur Charpentier et Philipp Ratz (ancien doctorant), doi:10.48550/arXiv.2501.16935

> *La collusion est un phénomène souvent associé aux actions humaines et soulève des inquiétudes quant à sa potentielle présence dans la prise de décision algorithmique. Cette étude montre que les comportements algorithmiques souvent attribués à la collusion peuvent en réalité découler de stratégies d'optimisation. Cependant, certains algorithmes utilisent l'apprentissage adversarial pour manipuler des concurrents afin de fixer des prix collusifs. La littérature a tiré des conclusions divergentes sur ce sujet. Cet article vise à clarifier ces résultats.*



Calvano, E., Calzolari, G., Denicolo, V. & Pas-

torello, S. (2020). Artificial intelligence, algorithmic pricing, and collusion. *American Economic Review*, **110**, 3267–3297.

Une version préliminaire de ce travail avait été présentée aux **Journées de l'Optimisation** au printemps dernier (organisées à HEC Montréal) Newsletter #2.

The role of government vs. private sector provision of insurance

ou *Le rôle du gouvernement versus la prestation privée d'assurance*, par Arthur Charpentier, publié dans le *Journal of Risk and Insurance* doi:10.1111/jori.12497. Ce court article était une introduction à un numéro spécial de la revue,.

> *Ce numéro spécial explore le rôle évolutif du gouvernement par rapport à l'implication du secteur privé dans les marchés d'assurance, en se concentrant sur la manière dont les défaillances de marché, telles que la sélection adverse et l'aléa moral, justifient l'intervention gouvernementale dans la gestion des risques. Le numéro présente trois articles abordant à la fois les défis et opportunités dans la prestation d'assurance: l'efficacité des institutions gérant des risques interdépendants, la dynamique entre aléa moral et efforts des assureurs dans l'assurance invalidité, et les impacts des assurances inondation subventionnées sur les marchés immobiliers. Ensemble, ces études mettent en lumière les interactions complexes entre les solutions d'assurance publiques et privées et suggèrent des voies pour améliorer l'efficacité, l'équité et la résilience des marchés d'assurance.*

Arthur était éditeur du numéro spécial, où trois articles ont été acceptés, Koning & van Lent (2024). sur l'assurance invalidité, Lee, Garbarino & Guin (2024) sur les inondations et Seog (2024) sur les interdépendances.

Selection bias in insurance: why portfolio-specific fairness fails to extend market-wide

ou *Biais de sélection en assurance*, par Olivier Côté, Marie-Pier Côté et Arthur Charpentier, SSRN: 5018749

> *En assurance, l'équité doit s'appliquer à l'ensemble de la population assurée, et non uniquement aux clients d'un assureur. Cependant, le portefeuille de chaque compagnie d'assurance représente un sous-échantillon biaisé. Les modèles ajustés à ces données biaisées par la sélection ne se généralisent pas bien à l'ensemble de la population assurée. Deux biais découlent de la composition des portefeuilles : le biais de représentation, lorsque de grandes erreurs de prévision sont faites pour des individus issus de sous-populations rarement observées, et le biais de sélection, lorsque la souscription et le marketing orientent le portefeuille loin de la population assurée. Nous examinons comment la composition d'un portefeuille affecte les méthodologies de tarification équitable visant à atténuer la discrimination directe et indirecte basée sur un attribut protégé. Nous illustrons comment les méthodes d'atténuation de l'injustice, basées sur un portefeuille biaisé par la sélection, ne permettent pas de garantir une équité au niveau du marché du point de vue des assurés. En nous appuyant sur l'inférence causale et un indicateur de composition du portefeuille, nous décrivons le mécanisme de sélection et déterminons les conditions sous lesquelles chaque biais affecte diverses primes ajustées pour l'équité. Nous proposons une méthode pour rétablir l'équité des primes ajustées pour la population entière à partir de données biaisées par la sélection, en utilisant une estimation impartiale (fournie par un tiers) de la distribution des attributs interdits. Nous montrons que cette approche atténue efficacement le biais de sélection, mais conduit à des primes globales déséquilibrées.*

Equipy, sequential fairness using optimal transport

par Suzie Grondin, Agathe Fernandes Machado, Arthur Charpentier, Philipp Ratz et François Hu, ArXiv:2503.09866, proposant une illustration de la méthodologie mise en oeuvre dans le package python `equipy` pour rendre un prédicteur équitable (suivant un critère de parité démographique, suivant un ou plusieurs attributs sensibles).

> *L'équité algorithmique a récemment fait l'objet d'une attention considérable en raison des défaillances de divers systèmes prédictifs d'IA, qui se sont révélés injustement biaisés à l'encontre de sous-groupes de la population. Alors que de nombreuses approches ont été proposées pour atténuer ces biais dans les systèmes prédictifs, elles peinent souvent à fournir des estimations précises et des mécanismes de correction transparents dans le cas où de multiples variables sensibles, telles qu'une combinaison de sexe et de race, sont impliquées. Cet article présente un nouveau paquetage Python open-source, EquiPy, qui fournit une boîte à outils facile à utiliser et agnostique en termes de modèles pour atteindre efficacement l'équité à travers de multiples variables sensibles. Il offre également des utilitaires graphiques complets pour permettre à l'utilisateur d'interpréter l'influence de chaque variable sensible dans un contexte global. Il utilise des résultats théoriques qui permettent de décomposer les complexités découlant de l'utilisation de variables multiples en sous-problèmes plus simples à résoudre. Nous démontrons la facilité d'utilisation pour l'atténuation et l'interprétation sur des données publiques dérivées du recensement américain et fournissons un exemple de code pour son utilisation.*

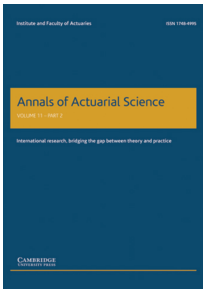
Ce travail a été présenté lors des événements **WIM** (Workshop on Insurance Mathematics), **IDSC'24**, et lors de la **Seconde journée sur l'équité et la discrimination en assurance** (organisée à Québec), voir Newsletter #2.

Insurance analytics: prediction, explainability and fairness

ou *Exploitation des données en assurance: prédiction, explicabilité et équité* par Kjersti Aas (Norwegian Computing Center & Norwegian University of Science and Technology), Arthur Charpentier, Fei Huang (Newsletter #2, University of New South Wales) et Ronald Richman (Old Mutual Insure et University of the Witwatersrand), publié dans les *Annals of Actuarial Science*, doi:10.1017/S1748499524000289

> *L'expansion des applications dites "analytics" avancée dans l'assurance a généré de nombreuses opportunités, telles que des modèles prédictifs plus précis grâce aux méthodes d'apprentissage automatique et d'intelligence artificielle (IA), l'utilisation de jeux de données nouveaux et non structurés, ainsi que l'automatisation d'opérations clés. Des avancées significatives dans ces domaines sont réalisées grâce à de nouvelles applications et adaptations des techniques de modélisation prédictive à des fins d'assurance, tandis que des progrès rapides en apprentissage automatique se produisent en dehors du secteur de l'assurance. Cependant, ces innovations apportent également des défis importants, notamment en matière de transparence, d'explicabilité et d'équité des modèles algorithmiques complexes, ainsi que des impacts économiques et sociétaux liés à leur adoption dans la prise de décision. En tant qu'industrie hautement réglementée, l'assurance peut exiger des modèles explicables pour permettre l'analyse des bases des décisions. En raison de l'importance sociétale de l'assurance, une attention particulière est accordée pour s'assurer que les modèles ne discriminent pas de manière injuste. Ce numéro spécial présente des articles explorant les questions clés de l'analyse en assurance, en mettant l'accent sur la prédiction, l'explicabilité et l'équité.*

Arthur était co-éditeur du numéro spécial, où une demi-douzaine d'articles ont été publiés, Campo & Antonio (2024), Jose, Macdonald, Tzougas & Streftaris (2024), Lee Jeong (2024), Lindholm & Palmquist (2024), Maillart & Robert (2024), Richman & Wüthrich (2024) et Wu, Chen, Xu, Pan & Zhu (2024).



Post-calibration techniques: balancing calibration and score distribution alignment

ou *Techniques de recalibration: arbitrer entre la calibration et l'alignement de la distribution des scores*, par Agathe Fernandes Machado, Arthur Charpentier, Emmanuel Flachaire, Ewen Gallic et François Hu a été publié les actes du *Workshop on Bayesian Decision-making and Uncertainty*, à la *38th Conference on Neural Information Processing Systems (NeurIPS 2024)*, openreview:Tly0QuWPuE).

> *Un classificateur à score binaire peut sembler bien calibré selon les mesures de calibrage standard, même si la distribution des scores ne correspond pas à la distribution des événements réels. Dans cet article, nous étudions l'impact du calibrage post-traitement sur la distribution des scores (parfois appelé 'recalibration'). En utilisant des données simulées, où la probabilité réelle est connue, puis des ensembles de données réelles avec des connaissances préalables sur les distributions d'événements, nous comparons les performances d'un modèle XGBoost avant et après l'application de techniques de calibrage. Les résultats montrent que si l'application de méthodes telles que la mise à l'échelle de Platt, le calibrage bêta ou la régression isotonique peut améliorer le calibrage du modèle, elle peut également entraîner une augmentation de la divergence entre la distribution des scores et la distribution sous-jacente des probabilités d'événements.*

Voir aussi page 18 pour plus de détails.

Data augmentation with variational autoencoder for imbalanced dataset

ou *Augmentation de données avec des autoencodeurs variationnels pour des jeux de données déséquilibrés*, par Samuel Stocksieker (ancien doctorant, Newsletter #2), Denys Pommeret (Université Aix-Marseille) et Arthur Charpentier doi:10.48550/arXiv.2412.07039 . Ce travail a été présenté par Samuel à la *31st International Conference on Neural Information Processing* (ICONIP'24)

> *Apprendre à partir d'une distribution déséquilibrée représente un défi majeur en modélisation prédictive, car cela entraîne généralement une diminution des performances des algorithmes standards. Diverses approches existent pour aborder ce problème, mais beaucoup concernent des problèmes de classification, avec un intérêt limité pour la régression. Dans cet article, nous introduisons une méthode novatrice visant à améliorer l'apprentissage sur des données tabulaires dans le cadre de la régression déséquilibrée (IR), qui reste un problème important. Nous proposons d'utiliser des autoencodeurs variationnels (VAE), connus comme un outil puissant pour la génération de données synthétiques, offrant une approche intéressante pour modéliser et capturer des représentations latentes de distributions complexes. Cependant, les VAE peuvent être inefficaces face à l'IR. Par conséquent, nous développons une nouvelle approche pour générer des données, combinant VAE avec un bootstrap lissé, spécifiquement conçu pour relever les défis de l'IR. Nous investiguons numériquement la portée de cette méthode en la comparant à ses concurrents sur des simulations et des jeux de données reconnus pour l'IR.*

ICONIP 2024
31st International Conference on Neural Information Processing
December 2–6, 2024 · Auckland, New Zealand iconip2024.org

The insurance market in the era of digital transitions

ou *Le marché de l'assurance à l'ère des transitions numériques*, par Arthur Charpentier et Raphaël Suire, (professeur à l'Université de Nantes en France), publié par la *Society of Actuaries*, portant sur l'identification des relations entre les assureurs, les Big Tech et les insurtechs.

> *La révolution numérique a profondément transformé les dynamiques de marché, en particulier dans le secteur de l'assurance. Cette transformation englobe l'infrastructure et les technologies qui facilitent les échanges d'informations, l'émergence de nouvelles pratiques commerciales et l'essor d'acteurs innovants qui exploitent ces changements pour offrir des propositions de valeur uniques. Les compagnies d'assurance traditionnelles font face à des défis et opportunités majeurs dans un contexte de concurrence avec les grandes entreprises technologiques établies et les startups insurtech agiles. Cette étude examine la nature disruptive des avancées numériques, contraignant les acteurs historiques à affronter le dilemme de l'innovateur: s'adapter aux pratiques établies ou investir dans de nouvelles stratégies pour tirer parti des opportunités numériques. Nous mettons en lumière la nécessité pour les acteurs de l'assurance de repenser leur rôle face à l'arrivée de nouveaux entrants et au paysage évolutif façonné par les stratégies de monétisation des données des Big Tech. Pour analyser ces dynamiques, nous proposons un cadre novateur sous la forme d'un triangle des possibilités, positionnant les différents acteurs du marché et clarifiant leurs mouvements stratégiques, innovations et partenariats. Ce cadre aide également à identifier des avantages concurrentiels et des trajectoires de croissance, offrant ainsi des scénarios pour l'évolution des acteurs traditionnels de l'assurance dans une ère axée sur les données.*

Il s'agissait d'une commande du Research Institute de la Society of Actuaries (SoA).

Apprentissage automatique et économie

par Arthur Charpentier et Emmanuel Flachaire (Aix-Marseille Université), publié dans la *Revue d'Économie Politique*. Ce court article est une introduction à un numéro spécial de la revue, doi.:10.3917/redp.346.0801.

> *Ces nouvelles bases de données permettent désormais aux économistes d'étudier les comportements individuels et organisationnels avec une granularité et une échelle sans précédent. Elles ont également mis en lumière le potentiel des données massives pour révéler des schémas et des insights que les enquêtes ou expériences traditionnelles pourraient manquer, tout en permettant des analyses en temps réel. Mais au-delà des données, Charpentier, Flachaire & Ly (2018), et plus particulièrement Agrawal, Gans & Goldfarb (2019), ont souligné l'évolution des modèles, et plus spécifiquement des méthodes d'apprentissage automatique, qui transforment la manière dont nous analysons, prédisons et comprenons les phénomènes économiques. Leur capacité à prendre en compte des relations complexes entre les variables conduit souvent à observer que ces méthodes surpassent les méthodes économétriques classiques en termes de prédictions*

Arthur était co-éditeur du numéro spécial, où une demi-douzaine d'articles ont été publiés, signés Charles Condevaux, Stéphane Mussard, Isabelle Cadoret, Aureline Fargeas, Véronique Thelen, Amady Seydou Ba, Ewen Gallic Pierre Michel, Alain Paraponaris Pierre Durand, Gaëtan Le Quang, Arnold Vialfont, Thomas Chuffart ou encore Cyril Dell'Evab.

Hoeffding decomposition of black-box models with dependent inputs

ou *Décomposition de Hoeffding des modèles de boîte noire avec variables dépendantes*, par Marouane Il Idrissi, Nicolas Bousquet, Fabrice Gamboa, Bertrand Iooss et Jean-Michel Loubes, doi:10.48550/arXiv.2310.06567.

> *La décomposition additive de fonctions arbitraires d'éléments aléatoires est primordiale pour l'analyse de sensibilité globale et, par conséquent, pour l'interprétation des modèles de boîte noire. Les travaux fondateurs de Hoeffding (1948) ont caractérisé les sommets d'une telle décomposition dans le cas particulier d'entrées mutuellement indépendantes. Aller au-delà du cadre des entrées indépendantes est un défi permanent dans la littérature. Les solutions existantes ont jusqu'à présent nécessité des hypothèses contraignantes ou souffrent d'un manque d'interprétabilité. Dans cet article, nous généralisons la décomposition de Hoeffding pour les entrées dépendantes dans des conditions très souples. À cette fin, nous proposons un nouveau cadre pour traiter les dépendances, basé sur la théorie des probabilités, l'analyse fonctionnelle et la combinatoire. Il permet de caractériser deux hypothèses raisonnables sur la structure de dépendance des entrées : la dépendance fonctionnelle non parfaite et la dépendance stochastique non dégénérée. Nous montrons ensuite que toute fonction carré-intégrable à valeur réelle d'éléments aléatoires respectant ces deux hypothèses peut être décomposée additivement de manière unique et nous proposons une caractérisation des sommets à l'aide de projections obliques. Nous introduisons et discutons ensuite les propriétés théoriques et les avantages pratiques des indices de sensibilité qui découlent de cette décomposition. Enfin, la décomposition est illustrée analytiquement sur des fonctions bivariées d'entrées binaires.*

L'existence de biais de genre par l'utilisation d'algorithmes dans les processus décisionnels en droit de la responsabilité et des assurances

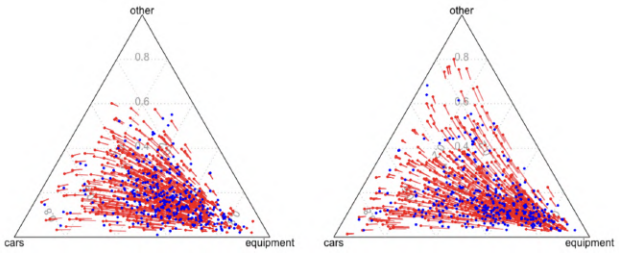
par Rodolphe Bigot (Le Mans Université,) et Arthur Charpentier, a été publié dans l'ouvrage *Genre, Algorithmes et Droit*, édité par Sophie Sereno et Emmanuelle Bonifay, et publié aux Presses universitaires d'Aix-Marseille (IBSN: 9782731413304).

> *1) Quels sont usages des algorithmes d'automatisation et d'apprentissage exploitant des données liées au genre ? Quels enjeux ? Quels risques ? – 2) Le droit est-il adapté pour lutter contre les éventuels biais de genre induits par l'usage des algorithmes ? À défaut, quelle(s) évolution(s) sont rendues nécessaires ?*

L'ouvrage revient sur les biais de discrimination en matière de santé ou encore sur les liens entre les lois sur le numérique et le droit de la non-discrimination.

Optimal Transport on Compositional Data for Conterfactuals

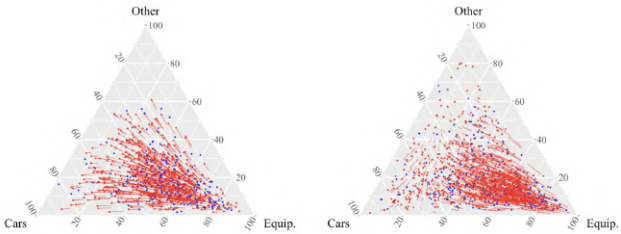
ou *Transport optimal pour des données compositionnelles lors de la construction de contrefactuels*, par Agathe Fernandes-Machado, Ewen Gallic et Arthur Charpentier, est en ligne doi:10.48550/arXiv.2501.15549.



Les codes utilisés dans l'article sont mis à disposition, afin de permettre la reproductibilité

https://github.com/fer-agathe/transport-s...

avec la version ggplot des graphiques.

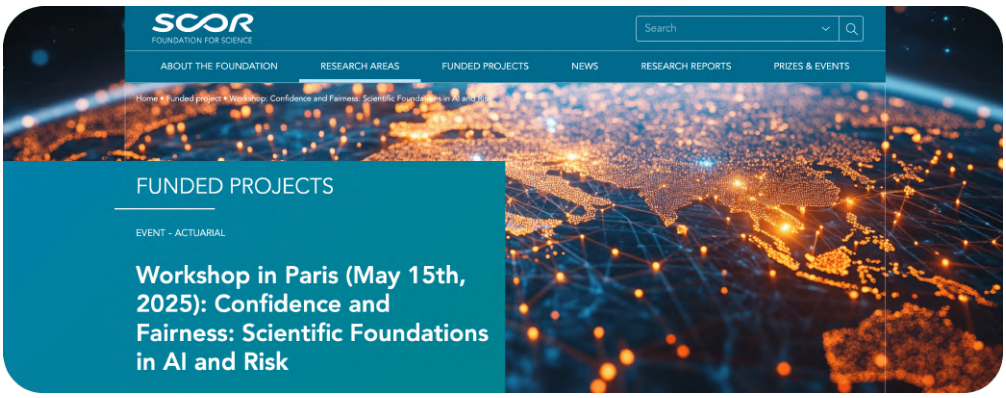


> *Récemment, les approches basées sur le transport optimal ont suscité un intérêt croissant pour dériver des contrefactuels, par exemple, afin de quantifier la discrimination algorithmique. Cependant, dans le cadre multivarié général, ces méthodes sont souvent opaques et difficiles à interpréter. Pour remédier à cela, des méthodologies alternatives ont été proposées, utilisant des graphes causaux combinés à des régressions quantiles itératives (Plečko & Meinshausen (2020)) ou un transport séquentiel (Fernandes Machado et al. (2024)) pour examiner l'équité au niveau individuel, souvent appelée "équité contrefactuelle." Malgré ces avancées, le transport des variables catégorielles reste un défi majeur dans les applications pratiques avec des jeux de données réels. Dans cet article, nous proposons une nouvelle approche pour traiter cette problématique. Notre méthode consiste à (1) convertir les variables catégorielles en données compositionnelles et (2) transporter ces compositions dans le simplexe probabiliste de $\mathbb{R}^d$.*

Functional central limit theorems for epidemic models with varying infectivity and waning immunity

ou *Théorèmes fonctionnels de limite centrale pour les modèles épidémiques à infectivité variable et immunité décroissante*, par Arsène Brice Zotsa Ngoufack a été publié cet hiver par ESAIM: P&S (Probability and Statistics), doi:10.1051/ps/2024015, journal de la Société de Mathématiques Appliquées et Industrielles (SMAI) et du CNRS, en France.

> *Nous étudions un modèle épidémique stochastique basé sur l'individu dans lequel les individus infectés redeviennent progressivement sensibles après chaque infection (modèle SIS généralisé). La dynamique épidémique est décrite par les processus moyens d'infectivité et de susceptibilité dans la population, ainsi que par le nombre d'individus infectés et sensibles/non infectés. Dans Forien et al. (2022), une loi fonctionnelle des grands nombres (FLLN) est prouvée lorsque la taille de la population passe à l'infini, et les comportements endémiques asymptotiques sont également étudiés. Dans cet article, nous démontrons un théorème central limite fonctionnel (FCLT) pour les fluctuations stochastiques de la dynamique épidémique autour de la limite FLLN. La limite FCLT pour les processus agrégés d'infectivité et de susceptibilité est donnée par un système d'équations intégrales non linéaires stochastiques pilotées par un processus gaussien bidimensionnel.*



k-nearest neighbors and k-means in Gini prametric spaces

ou *k-plus proches voisins et k-moyennes dans les espaces pramétriques de Gini*, de Cassandra Mussard (qui a travaillé avec nous dans le cadre d'un stage l'été dernier, voir Newsletter #2), Arthur Charpentier et Stéphane Mussard, est en ligne doi:10.48550/arXiv.2501.18028.

> *Cet article introduit des améliorations innovantes aux algorithmes k-moyennes et k-plus proches voisins (KNN) en exploitant le concept des espaces pramétriques de Gini. Contrairement aux métriques de distance traditionnelles, les pramétriques de Gini intègrent à la fois des mesures basées sur les valeurs et sur les rangs, offrant ainsi une robustesse accrue face au bruit et aux valeurs aberrantes. Les principales contributions de l'article incluent (1) la proposition d'une pramétrique de Gini qui capture à la fois les informations de rang et les distances de valeur, (2) la présentation d'un algorithme k-moyennes de Gini qui converge et démontre une résilience face aux données bruitées, et (3) l'introduction d'une méthode KNN de Gini qui rivalise avec les approches de pointe comme la distance de Hassanat dans des environnements bruités. Les évaluations expérimentales sur 14 ensembles de données du référentiel UCI révèlent les performances supérieures et l'efficacité des algorithmes basés sur Gini pour les tâches de classification et de regroupement. Ce travail ouvre de nouvelles perspectives pour exploiter les pramétriques basées sur les rangs en apprentissage automatique et en analyse statistique.*

Les espaces pramétriques (ou prémétriques), introduits par Arkhangelskii & Pontryagin (1990), , sont des espaces topologiques plus généraux que les espaces métriques, ne nécessitant ni symétrie, ni indistinction, ni la validité de l'inégalité triangulaire pour la "distance". Ils sont dotés d'une fonction d qui doit satisfaire la non-négativité $d(x, y) \geqslant 0$ et $d(x, x) = 0$.

Assurance des catastrophes

par Arthur Charpentier et Laurence Barry, publié dans *Le Monde*, en français, en janvier.

Le Monde

DÉBATS · BANQUES / FINANCE / ASSURANCE

TRIBUNE

Laurence Barry
Actuaire

Arthur Charpentier
Mathématicien

Incendies à Los Angeles : « La situation actuelle menace non seulement le marché de l'assurance, mais aussi l'économie californienne, dans son ensemble »

La Californie mais aussi la France métropolitaine et Mayotte sont trois exemples qui mettent en avant à la fois la nécessité et l'insuffisance d'un système assurantiel le plus large possible expliquent, dans une tribune au « Monde », l'actuaire Laurence Barry et le mathématicien Arthur Charpentier.

Publié aujourd'hui à 13h00 | Lecture 4 min.

Avec Laurence Barry, et Molly James, la question des catastrophes naturelles, en lien avec l'équité du régime de couverture, en France (basé sur la "solidarité nationale") avait été abordée. Dans ce cours article, Arthur et Laurence font un parallèle entre la situation en Californie, et en France.

> *Depuis une semaine, la Californie est ravagée par des incendies dévastateurs, alimentés par des vents violents et des constructions en bois qui aggravent la propagation des flammes. Des milliers de personnes ont été évacuées. Les infrastructures électriques sont vieillissantes, et semblent être une des sources principales de départs de feu. La situation est d'autant plus critique que les services de lutte contre les incendies sont confrontés à des contraintes budgétaires sévères, les obligeant même à recruter des détenus pour intervenir sur le terrain. Mais ces incendies donnent aussi un éclairage particulier sur les tensions qui menacent l'assurance des catastrophes, et qui font écho à des discussions qui ont lieu en ce moment au niveau français et européen.*

Charpentier, A., Barry, L. & James, M. R. (2022). Insurance against natural catastrophes: balancing actuarial fairness and social solidarity. *The Geneva Papers on Risk and Insurance-Issues and Practice*, **47** (1), 50–78.

Le Monde est un quotidien français de référence, fondé en 1944, reconnu pour sa rigueur et sa couverture de l'actualité nationale et internationale.

L'article avait été repris par le magazine italien *Economy*, dans **Incendi a Los Angeles: una minaccia per il mercato delle assicurazioni e l'economia della California**

Moral maze

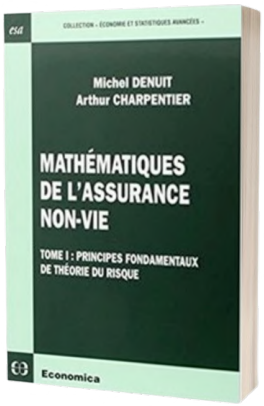
Arthur Charpentier et Marie-Pier Côté ont rédigé une courte note pour *The Actuary*, inspirée de la définition suivante: "**La discrimination** *est l'acte, la pratique, ou un exemple de séparer ou de distinguer catégoriquement plutôt qu'individuellement*", selon le dictionnaire. Or c'est exactement ce que font les actuaires, au quotidien (voir Schauer (2006)).

> *L'interaction entre équité, discrimination et efficacité dans l'assurance pose des défis considérables pour les actuaires et les régulateurs. Les modèles traditionnels se sont concentrés sur l'efficacité, souvent au détriment de l'équité éthique, tandis que les méthodes modernes d'apprentissage automatique amplifient les problèmes de biais et d'opacité. Cet article examine des concepts clés tels que l'équité actuarielle, la parité démographique, les contrefactuels, la calibration et les biais de sélection, explorant leurs implications dans le contexte de la tarification de l'assurance. Il met également en lumière les difficultés philosophiques et pratiques inhérentes à la résolution de la discrimination, offrant une voie vers de meilleures pratiques.*

The Actuary est un magazine publié tous les deux mois par l'Institute and Faculty of Actuaries, au Royaume-Uni. Le magazine présente des nouvelles, des articles de fond et des analyses sur des sujets actuariels.

Mathématiques de l'Assurance

Il y a quelques années, Arthur Charpentier a écrit avec **Michel Denuit**, en français, **Mathématiques de l'Assurance Non-Vie**, en deux volumes (1 and 2). Malheureusement, ces manuels populaires étaient devenus difficiles à se procurer depuis un certain temps. Un nouveau tirage a été lancé, et les deux volumes seront bientôt disponibles dans toutes les bonnes librairies.



Une version en ligne en anglais est désormais disponible sur nonlifemaths.github.io.

Peut-on diversifier des risques extrêmes ?

par Arthur Charpentier, publié dans *Risques*, 139, initialement en français,

> *Dans un contexte financier, diversifier les risques signifie investir dans une variété d'actifs, de secteurs ou de régions géographiques pour éviter qu'une mauvaise performance d'un seul investissement n'affecte significativement l'ensemble du portefeuille. La diversification permet de réduire le risque, ou, dans sa formulation mathématique, de réduire la variance. Mais que se passe-t-il lorsque nous rencontrons des risques importants, une variance infinie ? Ou pire, une espérance infinie ?*

On peut retrouver une version en anglais sur le blog d'Arthur

ÉTUDES ET DÉBATS | ARTHUR CHARPENTIER

Peut-on diversifier des risques extrêmes ?

Dans un contexte financier, diversifier les risques signifie investir dans une variété d'actifs, secteurs ou régions géographiques pour éviter que la mauvaise performance d'un investissement n'affecte trop l'ensemble du portefeuille. La diversification permet de réduire le risque, ou, dans sa formulation mathématique, de réduire la variance. Mais que se passe-t-il quand on est en présence de grands risques, de variance infinie ? Ou pire encore, d'espérance infinie ?

ARTHUR CHARPENTIER
Professeur, Université du Québec à Montréal (UQAM)

Risques extrêmes, et espérance infinie ?

Formaliser des grandeurs en lien avec des quantités aléatoires et incertaines est un exercice compliqué. Les probabilités, au sens où le mot est souvent entendu, sont définies comme des limites de fréquences observées par répétitions d'événements. La probabilité d'avoir 3 en lançant un dé est ⅙ car en lançant un dé un million de fois[1], un milliard de fois, la probabilité sera aussi proche qu'on veut de ⅙. C'est ce que dit la loi des grands nombres, dans sa version la plus faible. Dire que la probabilité qu'il pleuvra aujourd'hui est de ⅙ est totalement différent, car c'est un événement unique. Si je me fais tremper par une averse aujourd'hui, cela ne permettra aucunement de dire que la probabilité n'était pas, a priori, de ⅙, et que le modèle météorologique s'est trompé. Tout ça pour rappeler que lorsqu'on fait de la modélisation, on va essayer d'imaginer les valeurs petites d'événements rares, et qu'il est malheureusement très difficile de les valider.

Et quand on modélise les grands risques, les très grands risques, il n'est pas rare d'avancer l'idée que les risques sont de variance ou d'espérance infinie. Or la notion d'espérance infinie est à la fois étrange, et probablement contre-intuitive[2]. Si on considère une variable aléatoire X positive (pour simplifier), et si on note $S(x)=P(X>x)$ la fonction de survie, et $f(x)$ la densité (correspondant à l'opposée de la dérivée de S), on peut montrer que la moyenne empirique d'un million ou d'un milliard de tirages de cette variable va s'approcher autant qu'on veut d'une grandeur, appelée l'espérance mathématique.

$$E(X)=\int S(x)dx=\int xf(x)dx$$

Rien de bien étonnant ici : c'est encore la loi des grands nombres, énoncée dès 1713 par Jacob Bernoulli (le « golden theorem » de Raper (2018)) et surtout Pierre-Simon Laplace, en 1814. À condition toutefois que cette intégrale soit finie. Ce qui n'est pas garanti. Par exemple, la loi de Pareto d'indice a vérifie $S(x)=P(X>x)=x^{-a}$. Dès 1925, Karl-Gustaf Hagstroem avait noté que cette loi semblait particulièrement adaptée à la modélisation des grands risques, et donc en réassurance[3]. Et pour une variable qui suit une loi de Pareto d'indice 1, son espérance est, mathématiquement, infinie.

20 Risques | septembre 2024 | n°139

Comment dépasser la froideur des chiffres et agir ?

par Arthur Charpentier et Nicolas Marescaux (Directeur adjoint, Réponse aux besoins des membres et innovation, Macif), publié dans *Risques*, 140, en français,.

> *Aujourd'hui, notre vie moderne repose largement sur les chiffres. Ils guident la plupart des décisions collectives et de nombreux choix individuels. Pour Lord Kelvin,* "Ce qui ne se mesure pas ne s'améliore pas." *En d'autres termes, pour prendre une bonne décision, il faut d'abord bien mesurer. Mais est-ce suffisant ? Les rapports du GIEC compilent des données et des chiffres depuis des décennies, annonçant une catastrophe à court terme. Et pourtant, rien ne se passe.* "Le moderne dédaigne d'imaginer," *déclarait le poète français Stéphane Mallarmé en 1897. N'est-ce pas cette subjectivité de notre imagination qui pourrait nous sauver ?*

ÉTUDES ET DÉBATS | ARTHUR CHARPENTIER NICOLAS MARESCAUX

Comment dépasser la froideur des chiffres, et agir ?

ARTHUR CHARPENTIER
Professeur, Université du Québec à Montréal (UQAM)

NICOLAS MARESCAUX
Directeur adjoint, Réponses besoins sociétaires et innovation, Macif

Notre vie moderne repose en grande partie sur les chiffres. Ils orientent la plupart des décisions collectives et de nombreux choix individuels. Pour Lord Kelvin[1], « Ce qui ne peut être mesuré ne peut être amélioré. » Autrement dit, pour bien décider, il faudrait d'abord bien mesurer. Mais est-ce suffisant ? Les rapports du GIEC compilent des données et des chiffres annonçant, depuis plusieurs décennies, une catastrophe à court terme. Et pourtant, rien ne se passe. « Le moderne dédaigne d'imaginer » affirmait Mallarmé en 1897. Cette subjectivité de notre imaginaire ne pourrait-elle pas nous sauver ?

112

Comment escompter le futur

par Béatrice Cherrier (chercheuse CNRS à l'ENSAE-Institut Polytechnique,) et Arthur Charpentier, publié dans *Risques*, 141.

> *Les premiers cours en mathématiques financières et en assurance abordent l'actualisation et la valeur du temps, pour reprendre l'expression de Christian Gollier, car les assureurs doivent tenir compte de cet aspect temporel dans les calculs de rentes à moyen terme. Mais ces calculs d'actualisation, utilisés depuis des siècles pour refléter les décisions individuelles (des assurés, des investisseurs, des entreprises), ont-ils encore du sens lorsqu'ils sont utilisés pour guider des décisions de politique publique ayant des conséquences à long terme, comme les politiques climatiques ? Lorsque Kenneth Arrow a rejoint l'équipe du GIEC en 1993, il a exprimé cette préoccupation.*

ÉTUDES ET DÉBATS | ARTHUR CHARPENTIER BÉATRICE CHERRIER

Comment escompter le futur ?

Cet article présente l'historique de l'utilisation des calculs d'actualisation dans les modèles d'aide à la décision publique. Plébiscités, un temps, par les économistes, ces modèles sont-ils vraiment adaptés, notamment au domaine de l'économie climatique qui doit se projeter à cent cinquante ou mille ans ? Explications et pistes de réflexion sur cette théorie de l'actualisation.

ARTHUR CHARPENTIER
Professeur, Université du Québec à Montréal (UQAM)

BÉATRICE CHERRIER
Directrice de recherche, CNRS-ENSAE/CREST

Les premiers cours d'assurance et de mathématiques financières parlent de l'actualisation et de la valeur du temps, pour reprendre l'expression de Christian Gollier, car les assureurs ont besoin de tenir compte de cet aspect temporel dans les calculs de rentes, à moyen terme. Mais ces calculs d'actualisation, utilisés depuis des siècles pour rendre compte de décisions individuelles (d'assurés, d'investisseurs, d'entreprises) ont-ils encore du sens quand ils sont utilisés pour éclairer ces choix de politiques publiques dont les conséquences se font sentir sur le long terme, comme les politiques climatiques ? Kenneth Arrow, lorsqu'il rejoint l'équipe du GIEC en 1993, s'en était déjà ouvert au coordinateur de certains chapitres : l'escompte en économie du climat est aussi nécessaire que controversée : « Votre plan est très complet, à une exception près. Une discussion sur les taux d'actualisation s'impose. Dans une large mesure, les politiques proposées impliquent des coûts actuels (réduction de la consommation de carbone) pour éviter des désutilités et des coûts futurs. Il est évident que l'arbitrage entre le présent et l'avenir est crucial, même s'il est controversé », écrivait-il (Cherrier et Duarte 2024). L'histoire de ce transfert d'un outil mathématique individuel à une dimension collective depuis les années 1930, que nous résumons ici, est riche d'enseignements.

Mathématique du comportement individuel : petite histoire de l'escompte exponentiel

Pour rappel, la théorie de l'actualisation (on pourra aussi parler d'escompte, traduction plus littérale du terme anglais « discount ») découle d'une hypothèse assez simple : le taux de variation de la valeur d'un bien doit être proportionnel à la valeur actuelle, autrement dit, $y'=r\cdot y$. Cette équation différentielle a une solution assez simple, de la forme $y(t)=y(0)\exp(rt)$. En fait, c'est la définition même de la fonction exponentielle : la seule fonction qui soit proportionnelle à sa dérivée. C'est le « problème de Cauchy », proposé par Augustin Louis, baron Cauchy, né en 1789. Cette solution présente l'avantage d'offrir une forme de cohérence temporelle, puisque $y(s+t)=y(s)\exp(rt)=y(t)\exp(rs)$. Cette formulation en

88

A Comment on the Proposed Automobile Insurance Rating and Underwriting Supervision Guidance

Arthur Charpentier, Marie-Pier Côté, Olivier Côté et Agathe Fernandes Machado ont rédigé une courte note de retour à l'Autorité de Régulation des Services Financiers de l'Ontario concernant "Proposed Automobile Insurance Rating and Underwriting Supervision Guidance"

> *Les principes de "Absence de discrimination injuste", "Absence de biais injustes" et "Absence de proxies" sont au cœur des objectifs d'équité dans le cadre du FCO. Cependant, leurs définitions semblent se chevaucher et manquent de clarté sur la manière dont elles diffèrent en termes de but et d'application. L'équité est complexe, avec une ambiguïté persistante et des défis pratiques. Les praticiens hésitent souvent à agir en raison d'une compréhension limitée de ce qui est réellement important dans ces concepts. Nous recommandons d'affiner ces trois principes afin de réduire le chevauchement, de clarifier les aspects clés et de définir le rôle distinct de chaque principe. (· · ·) Les tests FCO mentionnés semblent se concentrer sur des métriques au niveau de la population, ce qui peut négliger la nature centrée sur les minorités de l'équité. Même lorsque les attributs sensibles sont clairement définis et observés dans les données, l'équité nécessite de protéger les sous-populations les plus vulnérables au sein de ces groupes — souvent des minorités parmi les minorités. Les praticiens ont besoin de tests qui ciblent ce qui est vraiment important, faciles à interpréter, directement applicables et clairement alignés avec les principes d'équité plus larges du FCO.*

Comme mentionné ci-dessous (avec la présentation pour la Financial Conduct Authority, en novembre, page 19), nous nous efforçons désormais de fournir de plus en plus de conseils aux régulateurs, sur le contexte des problèmes d'équité et de discrimination.

Entrevues

- Arthur Charpentier a donné une entrevue, “**L’éthique actuarielle et l’avenir de la profession**” à Jennifer Baker, pour *The European Actuary*, volume 40,

> *En Europe, tout est fait pour le bien des consommateurs. Mais parfois, ce qui est bon pour les consommateurs dans l’assurance va à l’encontre du bien commun. Il n’est pas possible de dire aux assurés “ce sera bon pour vous”, car généralement, si cela vous est bénéfique, cela sera mauvais pour quelqu’un d’autre. Nous avons ce problème dans l’assurance, qui est en quelque sorte un jeu à somme nulle.*

INTERVIEW

BY JENNIFER BAKER

ACTUARIAL ETHICS AND THE FUTURE OF THE PROFESSION

Arthur Charpentier, PhD, Fellow of the French Institute of Actuaries, is full professor at UQAM, Montreal, Canada. He is also the former director of the Data Science for Actuaries program of the French Institute of Actuaries. He spoke to Jennifer Baker about the future of the profession.

How do you see the actuarial profession today?

I think it's been changing a lot. I've been teaching actuarial science for 20 years. I remember that when we started going, courses, students were willing to get into the data, because previously it was all written exams, which was very, very distinct from what we could be doing in companies. I remember students asking, can we see some data sets? Theoretical models are nice, but can we see exactly what's going on?

So we started to step into data science 20 years ago, and then I remember there was a shift towards regulation. Some aspects were a little difficult to formalise for mathematicians, but there was a clear concern from insurance companies that actuaries would have to be able to deal with all this new regulation, especially in Europe. Then then came the big buzz of artificial intelligence and actuaries went back to the original question of making models and predictions.

So then have been a lot of changes, and now, I think actuaries are involved in these discussions about AI. »

Then there came the big buzz of artificial intelligence and actuaries went back to the original question of making models and predictions.

One thing I did observe in the US, is the big part played by data brokers.

I think in some way, actuaries are the 'canaries in the coalmine.' I think actuaries should be more involved.

The European Actuary a été fondé en 2010 en collaboration avec la Faculty of Actuaries (Grande-Bretagne), Actuarieel Genootschap & Actuarieel Instituut (Pays-Bas), Institut des Actuaires (France) et Deutsche Aktuarvereinigung (Allemagne). Depuis 2016, le magazine est publié par l’Association Actuarielle d’Europe (AAE).

- Des morceaux de la discussion ont été repris dans un article paru dans *Euractiv*, “**L’avenir vert de l’Europe a urgemment besoin de plus d’investissements privés**”,

> *Heureusement, le secteur financier, y compris le capital-investissement et le capital-risque, reconnaît de plus en plus l’importance des investissements liés au climat. De nombreuses entreprises intègrent désormais des facteurs environnementaux dans leurs décisions d’investissement et leurs processus de gestion des risques. Ce changement est motivé à la fois par la nécessité de réduire les risques climatiques et par les opportunités présentées par la transition vers une économie plus verte, a expliqué l’expert en gestion des risques Arthur Charpentier, membre de l’Institut des Actuaires de France*

L’ACTUARIEL

- Arthur Charpentier a été interrogé au sujet de l’Accès aux Données Financières (FIDA), en Europe, qui a servi de base à l’article “**Open finance : Big bang annoncé dans l’assurance**” de Séverine Leboucher, et publié dans *L’Actuariel*,

L’Actuariel est le magazine de la Société des Actuaires, publié en France depuis 2011.

> *“Le débat est posé de manière sournoise en faisant croire aux citoyens qu’ils bénéficieront de produits plus personnalisés, sans rappeler que l’assurance est bien souvent un jeu à somme nulle et que si certains paient moins cher, cela signifie que d’autres paient plus”, indique Arthur Charpentier, professeur à l’Université du Québec à Montréal et actuaire agrégé.*

- Un article du magazine *Urbania*, au Québec, mentionne des travaux d’Arthur Charpentier sur les paris sportifs.

Organisation de Conférences

Workshop Montréal-Guanajuato sur la Probabilité et l'Apprentissage Machine

Crédit photo: Yuko Nishikawa.

Yuko Nishikawa est une artiste et designer japonaise multidisciplinaire basée à Brooklyn, connue pour ses œuvres organiques et oniriques. Elle a grandi dans la ville balnéaire de Chigasaki, au sud de Tokyo. Merci à Yuko de nous avoir permis d'utiliser une photo d'une de ses œuvres pour le workshop.

probabilitymachinelearning.eventos.cimat.mx

avec Arturo Jaramillo Gil (CIMAT), Saraí Hernández-Torres (UNAM), Emilien Joly (CIMAT), Sandra Palau (UNAM), Courtney Paquette (McGill), Elliot Paquette (McGill), José Luis Pérez (CIMAT), James Melbourne (CIMAT) et Jean-François Renaud (UQAM). Arsène Brice Zotsa Ngoufack et Marouane Il-Idrissi ont également eu l'opportunité de présenter leurs travaux récents. Et Arthur a présenté le second jour, en marge de l'atelier, dans le cadre du colloquium du CIMAT.

Le **Centro de Investigación en Matemáticas** (**CIMAT**), situé à Guanajuato, au Mexique, est une institution de recherche de premier plan spécialisée en mathématiques, statistiques et informatique. Faisant partie du Système National des Centres de Recherche Publique du Mexique (**CONACYT**), le CIMAT excelle dans la recherche théorique et appliquée, favorisant l'innovation et la résolution de problèmes complexes du monde réel. Cet environnement académique dynamique soutient des études avancées, proposant des programmes de master et de doctorat, tout en promouvant la collaboration interdisciplinaire. Situé dans la ville pittoresque de Guanajuato, classée au patrimoine mondial de l'UNESCO, le CIMAT attire des chercheurs et des étudiants du monde entier, contribuant de manière significative aux avancées scientifiques et technologiques au Mexique et au-delà.

Le premier objectif de l'atelier (workshop) était de réunir des chercheurs et universitaires du Québec et du Mexique dans les domaines de la théorie des probabilités et de l'apprentissage automatique. En mettant

l'accent à la fois sur les fondations théoriques et les applications pratiques, la conférence a présenté des recherches menées par des intervenants représentant divers stades de carrière au niveau académique. Cela a favorisé l'échange d'idées et ouvert des opportunités de nouvelles collaborations.

Le second objectif était d'encourager et de promouvoir la mobilité étudiante entre le Mexique et le Québec. L'atelier comprenait des présentations courtes par des étudiants de master, doctorants et postdoctorants, leur offrant l'opportunité de présenter leurs travaux, mais aussi d'échanger avec différents chercheurs. Cela leur a permis d'enrichir leur réseau académique et pourrait ouvrir des perspectives de mobilité pour eux à l'avenir.

Dante Mata López (alumni: BASc UNAM, MSc University of Bath, PhD CIMAT Guanajuato), stagiaire postdoctoral en probabilité partage actuellement un bureau avec plusieurs membres de l'équipe. Cet été, deux stagiaires rejoindront l'équipe: **Allison Lara Nieva**, de l'Universidad Nacional Autónoma de México (Agathe Fernandes Machado sera impliquée dans la supervision) et **Fabián Domínguez López**, de l'Universidad de Guanajuato, travaillant avec Hélène Guérin (Arsène Brice Zotsa Ngoufack sera impliqué dans la supervision).

Présentations en Conférences

Nous avons participé à plusieurs conférences et séminaires au cours de ces six derniers mois. En particulier, cet hiver, Agathe Fernandes Machado a participé à la conférence NeurIPS (Neural Information Processing Systems) à Vancouver et à la conférence AAAI (Association for the Advancement of Artificial Intelligence) à Philadelphie, qui comptent parmi les principales conférences en informatique (selon Google Scholar). Les deux sont des conférences A*, selon CORE ranking.

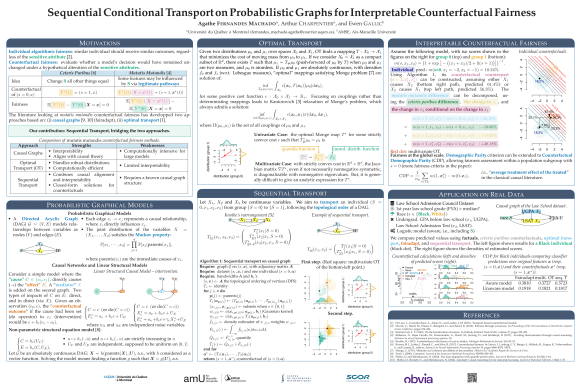
Toute participation à une conférence, en dehors de Montréal, s'accompagne d'une présentation, sauf éventuellement pour les étudiants gradués en début de parcours.

NeurIPS, Vancouver, Canada

Mi-décembre, Agathe Fernandes Machado a présenté Post-Calibration Techniques: Balancing Calibration and Score Distribution Alignment, lors de la conférence Neural Information Processing Systems (connue sous le nom de **NeurIPS**), au **workshop on Bayesian Decision-making and Uncertainty**, à Vancouver, Canada. L'article est présenté page 8

AAAI, Philadelphie, États-Unis

En février, Agathe est allée participer (en bus) à la 39ème conférence annuelle de l'**Association for the Advancement of Artificial Intelligence (AAAI)**, à Philadelphie (Pennsylvanie), pour présenter un article co-écrit avec Arthur Charpentier et Ewen Gallic, Sequential Conditional Transport on Probabilistic Graphs for Interpretable Counterfactual Fairness (présenté dans Newsletter #2).



https://fer-agathe.github.io/sequential_trans...

L'année dernière, François Hu était à la 38ème Conférence à Vancouver, Canada, (Newsletter #1).

Séminaire de la Financial Conduct Authority (FCA), Londres, Royaume-Uni

Début novembre, Arthur Charpentier a été invité à donner une conférence intitulée Demystify fairness and discrimination in insurance, and avoid some pitfalls, lors du séminaire de la **Financial Conduct Authority (FCA)** à Londres, Royaume-Uni.

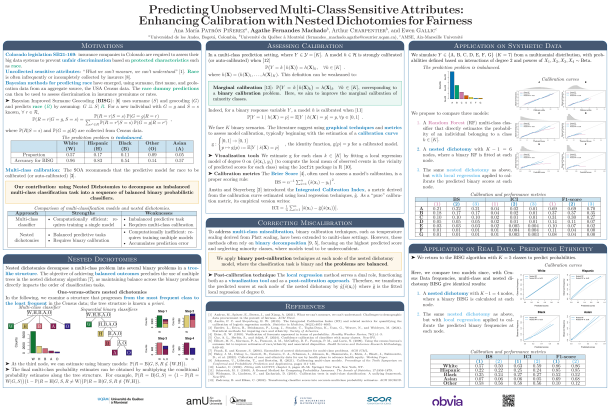
> *Ce qui est unique dans le domaine de l'assurance, c'est que même la discrimination statistique, qui par définition est dénuée d'intention malveillante, pose des défis importants. D'une part, les décideurs politiques souhaiteraient que les assureurs traitent leurs assurés équitablement, sans discrimination basée sur la race, le genre, l'âge ou d'autres caractéristiques, même si cela peut faire sens (statistiquement) de discriminer (indirectement). D'autre part, au cœur des activités des actuaires se trouve la discrimination, entre assurés à risque et assurés non à risque. Et ce risque est souvent statistiquement corrélé à des caractéristiques sensibles que la réglementation voudrait interdire aux assureurs de prendre en compte. L'analyse des discriminations possibles dans les règles de décision, qu'elles soient humaines ou algorithmiques, est un sujet ancien. La plupart des concepts remontent au moins aux années 50, mais les développements récents en intelligence artificielle ont ramené ces questions au premier plan. Les données massives facilitent la discrimination statistique ou par proxy, et les algorithmes en boîte noire ne facilitent pas la compréhension. Sans oublier les différentes réglementations qui rendent difficile la collecte d'informations sensibles, et donc, en fin de compte, la vérification des discriminations possibles dans les décisions, surtout de manière indirecte.*

Actuarial and Financial Mathematics Conference, Bruxelles, Belgique

Marie-Pier Côté a présenté l'article Selection bias in insurance: why portfolio-specific fairness fails to extend market-wide (page 6) lors de la **Actuarial and Financial Mathematics Conference: Interplay between Finance and Insurance**, organisée à Bruxelles, en Belgique. Agathe Fernandes Machado a également assisté à la conférence et a présenté Predicting Unobserved Multi-Class Sensitive Attributes: Enhancing Calibration with Nested Dichotomies for Fairness.

Marie-Pier Côté (professeure à l'Université Laval), Agathe Fernandes Machado et Fei Huang (professeure à UNSW, Newsletter #2)

Cette conférence prestigieuse se tient tous les ans en Belgique depuis 2003. Arthur Charpentier y avait participé (parmi les *contributed talks*) en 2008 pour parler de Pricing catastrophe options, et en 2020 (juste avant le premier confinement) en ouverture, parmi les *keynote talks*, pour parler de Insurance Pricing in a Competitive Market (dont nous parlerons dans la prochaine infolettre).



Séminaires et conférences (autres)

- Marie-Pier Côté a présenté Selection bias in insurance: why portfolio-specific fairness fails to extend market-wide à **HEC Montréal**,
- Arthur Charpentier a été invité pour donner un exposé sur sur IA, biais et équité en assurance auprès de l'**Association des Masters d'Actuariat**, en France (en visio,),
- Marouane Il-Idrissi a donné une présentation sur Generalized Hoeffding Decomposition and the (surprising) linear nature of non-linearities lors du **CRM-ISM Montréal Probability Seminar**, à l'Université McGill,
- Ewen Gallic a donné un exposé plennière aux **SUMM 2025**, les **séminaires universitaires en mathématiques à Montréal**, , pour parler de Transport optimal pour l'équité algorithmique, devant une centaine d'étudiants gradués,
- Arthur a donné un exposé au **Colloquium du CIMAT** à Guanajuato, au Mexique sur le thème Optimal transport for algorithmic fairness,
- Arthur a été invité quelques jours à **l'Université de Toronto**, où il a donné une conférence sur Optimal transport for counterfactual and group fairness in predictive modeling,
- Mulah Moriah a présenté Measuring and mitigating biases in motor insurance pricing (Newsletter #2) lors de la **Présentation en ligne des nouveaux numéros de l'EAJ**.

- Oliver Côté a donné une conférence sur Causal perspective on direct and indirect discrimination linked to sensitive characteristics in insurance predictive models au **Séminaire étudiant de l'IID**, sur le thème *Modèles causaux et inférence causale en médecine et assurance*, en octobre,
- Arthur a été conférencier invité à la **39ème Réunion Annuelle du Groupe d'Études**

Économétriques Canadien (CESG), à Toronto, en octobre 2024, pour donner une présentation sur Calibration of Probabilistic Scores of Classifiers,

- Marouane a présenté une conférence sur Sobol' indices, Shapley effects and a new path towards handling dependent inputs dans la communauté **Sensitivity Analysis** sur Discord, en ligne,
- Olivier a donné un exposé Beyond Numbers: The Actuary's Role In Fair Financial Decision au séminaire mensuel de l'**Association Nationale des Étudiants en Actuariat** (ANÉA),
- Marouane a donné une présentation sur Hoeffding's functional decomposition for dependent inputs à la **Conférence sur les Nouveaux Développements en Probabilité**, à l'Université de Montréal,
- Samuel Stocksieker (ancien doctorant, Newsletter #2) a présenté Data Augmentation with Variational Autoencoder for Imbalanced Dataset, à la **31st International Conference on Neural Information Processing** (ICONIP'24) qui était organisée à Auckland, en Nouvelle-Zélande (présentation en distantiel),
- Marouane a présenté Robustness assessment of black-box models to feature perturbations au **Workshop on Probability and Machine Learning** organisé au CIMAT, à Guanajuato au Mexique, dont nous parlions page 17. Arsène Brice Zotsa Ngoufack a présenté Generalised SIS non-Markovian model with waning immunity à cette même conférence,
- Agathe Fernandes Machado a présenté un travail mené avec François Hu, Score de mortalité, analyse de la discrimination au **séminaire Milliman R&D**, à Paris
- François Hu a présenté A Sequentially Fair Mechanism for Multiple Sensitive Attributes (Newsletters #1) au **séminaire actuariel LˆP Lyon-Lausanne-Paris** (CNAM-ISFA-HEC Lausanne)
- Ewen a donné un exposé Algorithmic Fairness Through Counterfactual Analysis and Optimal Transport lors d'une journée à l'**IRL (International Research Lab)–CNRS** de Montréal,
- Samuel a présenté les travaux récents sur les Données Déséquilibrés en Assurance au **Séminaire du Laboratoire de Sciences Actuarielle et Financière** de l'**Institut de Science Financière et d'Assurances** (ISFA) à Lyon, en France,
- Agathe participé à la journée de l'**Institut du Risque et de l'Assurance (IRA)**, au Mans, en France (13ème séminaire actuariat-finance IRA-ISFA ENSAE), où elle a pu retrouvé Fallou Niakh (Newsletters #1)
- Agathe a donné une conférence sur Calibration of predictive models lors du **Séminaire EDF R&D**, à Paris,
- Marie-Pier a présenté A Fair price to pay: exploiting causal graphs for fairness in insurance aux séminaires de l'**ULB** (université Libre de Bruxelles) en février, et de l'**UCLouvain** (université Catholique de Louvain) en mars, profitant de son séjour à la KUL (Leuven),
- Arthur a été invité à donner une présentation sur Algorithmic fairness with optimal transport quantifying counterfactual fairness and mitigating group fairness, lors de la **Journée CRM-Statlab**, à Québec, début octobre.

À venir

- Quatre stagiaires d'été vont bientôt arriver, avec **Allison Lara Nieva**, de l'Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), **Lucas Offroy** en double diplôme de l'INSA de Rennes et de l'EURIA, en France, **Iryna Voitsitska** (Ірина Войціцька) de l'Університет Католицький Університет (Український Католицький Університет) à Lviv (Львів), et **Mahery Andriamadison** de Sorbonne Université à Paris. Merci à Agathe, Marouane, Brice et Ewen, qui étaient en charge des entrevues,

SCOR FOUNDATION FOR SCIENCE

Infolettre # 3/6

Financé par la Fondation SCOR pour la Science