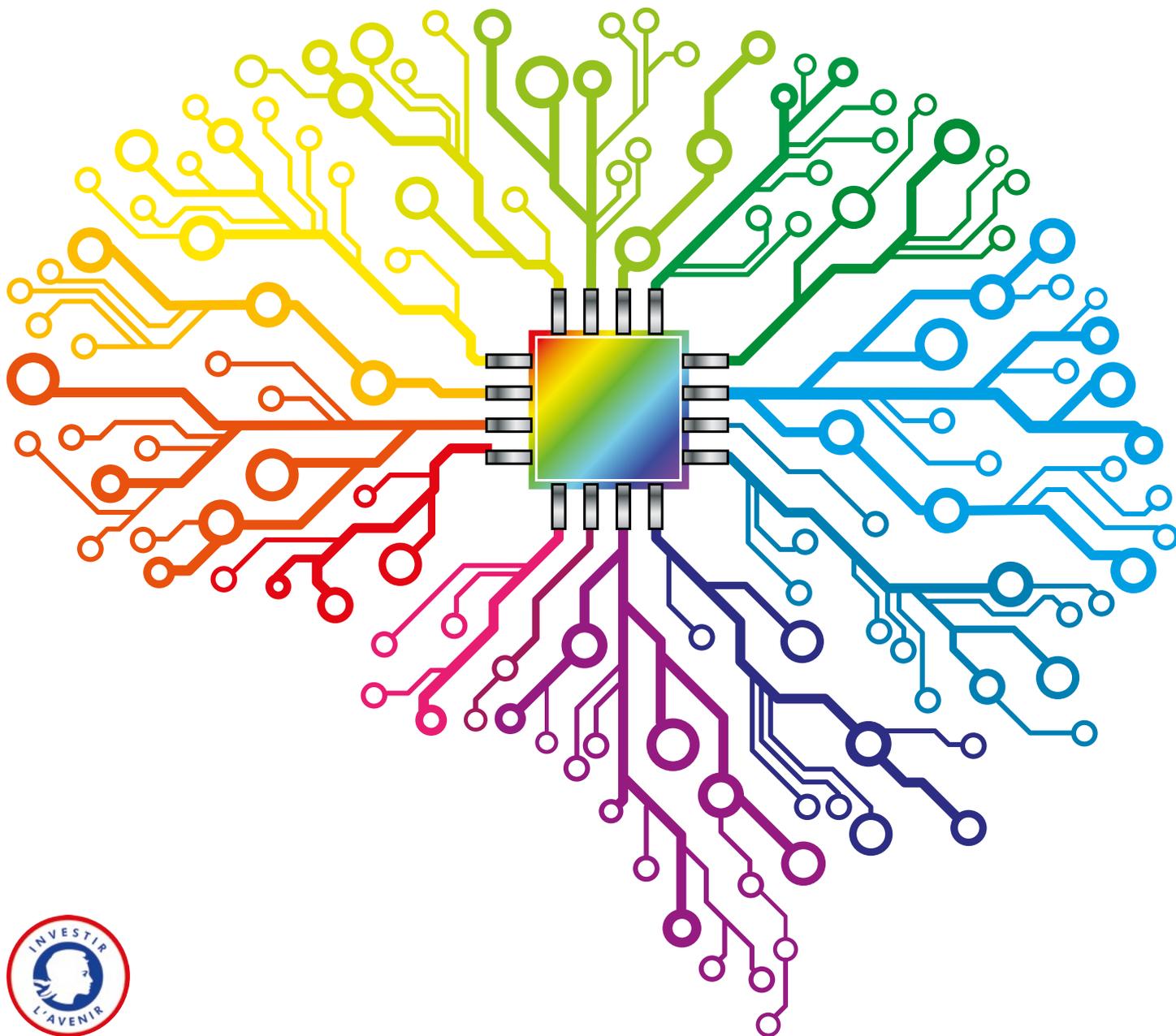


LOUIS BACHELIER

L'actualité économique et financière vue par la recherche

Les enjeux des nouvelles technologies en finance

Avec le concours de Charles-Albert Lehalle,
Driss Lamrani, Marie Brière,
David Bounie et Winston Maxwell



« Le choix des données est aussi structurant que celui des modèles »



Entretien avec Charles-Albert Lehalle

4

« L'approche classique de la gestion des risques doit évoluer pour éviter de nouvelles crises »



Entretien avec Driss Lamrani

8

Les robots-conseillers améliorent-ils les décisions des investisseurs individuels ?



D'après un entretien avec Marie Brière

10

Comment limiter les biais des algorithmes ?

12



D'après un entretien avec David Bounie

Comment améliorer l'explicabilité et la responsabilité des algorithmes ?

14



D'après un entretien avec Winston Maxwell

Retrouvez l'actualité et les archives de l'Institut Louis Bachelier, sur le site internet louisbachelier.org, classées par thème :
transition financière, transition démographique, transition environnementale et transition numérique.
Restez informé, sur les événements, les appels à projet, les publications...

LOUIS BACHELIER .org



Publication de l'Institut Louis Bachelier – Palais Brongniart, 28 place de la Bourse 75002 Paris
Tél. 01 73 01 93 40 – www.institutlouisbachelier.org – www.louisbachelier.org
Directeur de la publication : Jean-Michel Beacco
Rédacteur en chef : Ryadh Benlahrech (ryadh.benlahrech@institutlouisbachelier.org)
Secrétariat de rédaction, conception et réalisation :
Eux Production – Tél. 06 64 49 79 72 – www.euxproduction.com
Imprimeur Kava : 42 rue Danton – 94270 Le Kremlin-Bicêtre – Tél. 06 14 32 96 87



Le développement des nouvelles technologies, en particulier l'Intelligence Artificielle (IA), utilisées en finance, s'est fortement accéléré au cours des trois dernières années et entre dans une nouvelle phase. Cet essor, bienvenu pour le secteur financier qui concentre des métiers basés sur des données, résulte notamment des promesses de l'apprentissage profond (*deep learning*) et de l'émergence de données significatives (*meaningful data*). Ces dernières ont justement pris le relais du Big Data en étant davantage exploitables dans des systèmes d'IA appliqués à la finance, comme en témoignent les nombreux projets en cours menés par de grands groupes et des fintechs. L'objectif affiché étant de parvenir à une intelligence augmentée de l'humain à l'aide du digital.

À l'Institut Louis Bachelier (ILB), la thématique de l'IA en finance a suscité un vif intérêt dès 2014, époque où l'IA faisait encore figure de mythe. Au départ, nos réflexions se sont portées sur le Big Data, avec les conférences scientifiques *Meet the Data*, en partenariat avec l'Université de Berkeley, avant de s'affiner progressivement avec le lancement en 2015 de l'ILB DataLab, un département de recherche appliquée dédié à la transformation par l'IA des métiers de la finance. Dans le même temps, de nombreux chercheurs de notre réseau se sont intéressés à l'impact des nouvelles technologies (IA et Blockchain) donnant lieu à la création progressive de plusieurs programmes de recherche pour travailler sur ces questions, comme le programme interdisciplinaire *Finance and*

Insurance Reloaded (FaIR) ou la *Chaire Finance Digitale*. Pour illustrer les sujets traités par les chercheurs et experts de notre réseau, cette nouvelle édition des Cahiers Louis Bachelier aborde la transition numérique en finance. Elle débute par une interview de Charles-Albert Lehalle, directeur scientifique du programme FaIR dont l'ambition est de regrouper un maximum de chercheurs pour collaborer sur l'impact des nouvelles technologies en finance. La deuxième interview donne la parole à Driss Lamrani, un spécialiste de l'IA associé à l'ILB Datalab, qui donne son point de vue sur l'apport de cette technologie, en matière de gestion des risques financiers. Le troisième article examine le sujet des robots-conseillers pour les investisseurs individuels, dont le développement est grandissant, à la suite d'une étude en cours, réalisée par Marie Brière. Enfin, les deux derniers articles émanant de travaux de David Bounie et Winston Maxwell de la *Chaire Finance Digitale*, affiliés à Telecom ParisTech, portent sur les biais et la transparence des algorithmes, une problématique ô combien d'actualité et particulièrement sensible pour les utilisateurs et les régulateurs, à l'heure où ces outils sont de plus en plus fréquents dans la vie courante.

Bonne lecture!



Jean-Michel Beacco,
délégué général
de l'Institut Louis Bachelier

« LE CHOIX DES DONNÉES EST AUSSI STRUCTURANT QUE CELUI DES MODÈLES »

Alors que les sciences des données sont déjà largement utilisées dans le secteur financier, notamment dans l'automatisation des transactions sur les marchés avec le trading haute fréquence, les développements de l'apprentissage machine (*machine learning*) et de l'apprentissage profond (*deep learning*) en Intelligence Artificielle (IA) ont élargi la palette des applications possibles. Néanmoins, de nombreuses questions de recherche restent à clarifier pour que des innovations d'envergure émergent. C'est dans ce contexte mouvant que le programme de recherche interdisciplinaire FaIR (*Finance and Insurance Reloaded*) a été lancé début 2019. Son objectif est de regrouper toutes les initiatives de l'Institut Louis Bachelier (ILB), qui réunissent industriels et chercheurs autour de l'impact des nouvelles technologies (IA, Blockchain) sur le monde de la finance et de l'assurance. Trois thèmes d'application ont été identifiés au sein de ce programme : la distribution des produits financiers, l'amélioration de l'intermédiation du risque, une meilleure connexion à l'économie réelle. Dans cette interview, Charles-Albert Lehalle, directeur scientifique de FaIR, revient sur cette nouvelle finance, parfois qualifiée de finance 3.0.

ILB : Quels sont les principaux bouleversements sur le secteur financier causés par les nouvelles technologies ?

Charles-Albert Lehalle : Comme dans de nombreux secteurs, les technologies récentes, comme les sciences de données, dont l'IA, et la blockchain, impactent le secteur de la finance de marché dans de nombreuses directions. En ce qui concerne les organisations et la façon de réfléchir, je parlerai de trois grands bouleversements. Le premier implique le changement d'état d'esprit à l'égard des données. Soulignons que cette modification du rapport aux données nécessite un rapprochement entre les fonctions métiers des institutions financières et celles de l'informatique. C'est indispensable et compliqué à réaliser pour des organisations qui ont souvent isolé leur service informatique des fonctions métiers. Le deuxième bouleversement concerne la modularisation des services financiers, qui modifie fortement les *business models*. Aujourd'hui, il peut y avoir plus que jamais un mélange des rôles entre les fournisseurs et les consommateurs de services. En clair, il y a moins de chaînes de production

Le bouleversement du secteur financier se caractérise par des changements importants dans la façon de travailler et un nouveau rapport à la modélisation.

intégrée de bout en bout comme par le passé, mais plutôt des chaînes de fonctionnalités séparées, qui peuvent être produites ou non par le même acteur. L'exemple typique est la plateforme « Marquee », de Goldman Sachs, qui n'est pas encore un succès commercial mais se lance résolument dans cette modularité. Enfin, le troisième bouleversement relève des réflexions autour du rôle des modèles : en l'absence de données, la modélisation formelle est la seule solution, mais lorsqu'on veut exploiter des données, il est possible de les remplacer partiellement ou complètement par des IA, ou disons plutôt des algorithmes apprenants, qui peuvent être des « boîtes noires ». Comment



Charles-Albert Lehalle occupe la fonction de *Head of Data Analytics* au sein de *Capital Fund Management* à Paris et est directeur scientifique du programme de recherche interdisciplinaire *FaIR (Finance and Insurance Reloaded)* à l'ILB. Il est également *Visiting researcher* à l'Imperial College, à Londres.

conjuguer au mieux ce qu'il conviendrait d'appeler « modèles empiriques » et « modèles formels » ? Cela passe notamment par une meilleure compréhension de ce que disent les données, des conditionnements implicites qu'elles contiennent, et des analyses plus fines de ces boîtes noires, afin de les rendre plus interprétables. Il est faux de croire que les données remplaceront les modèles. Ces derniers permettent aux opérateurs de raisonner sur le rapport des applications au monde réel, notamment économique et financier, et il faut bien entendu continuer de construire ce raisonnement et à le confronter aux observations de façon qualitative.

Comment s'organisent les acteurs traditionnels de la finance pour faire face à cette digitalisation dont l'Intelligence Artificielle (IA) fait partie ?

C-A L : Le bouleversement est tellement important qu'il y a un consensus général sur la nécessité d'innover. Pour reprendre des termes de Philippe Aghion, professeur au Collège de France, l'IA n'est pas une innovation, mais une technologie générique au même titre que la machine à vapeur ou l'électricité. Partant de cette définition, le secteur financier doit investir dans l'IA, afin de dégager et de provoquer des innovations secondaires susceptibles d'y être déployées. D'ailleurs, tous les acteurs du secteur, y compris les banques centrales, ont constitué des petites équipes au sein de « Labs » dédiés à l'IA. Ces derniers permettent aux experts métiers de travailler, durant plusieurs mois, avec des experts en IA pour développer des projets spécifiques à incorporer ensuite dans leur département d'origine. Et ce genre d'essai interne est voué à se poursuivre en France, même si d'autres pays, comme l'Angleterre ou les États-Unis, ont mis en place ce genre d'approche bien avant nous.

Mais le défi semble immense...

C-A L : En effet, le bouleversement du secteur financier est total et se caractérise par

des changements importants dans la façon de travailler et de penser la stratégie d'innovation, souvent via des investissements ciblés et bien cadrés ou de la croissance externe, dont il faut réussir à conserver l'état d'esprit. Tout cela tourne autour du rapprochement des équipes métiers et des équipes IT au sujet des données. Il faut souligner que les acteurs traditionnels de la finance disposent non seulement d'une taille critique, mais aussi d'une sorte de « protection par la régulation », qui représente un coût fixe plus élevé que dans la plupart des autres secteurs. Ils ont donc un peu plus de temps, et ne risquent que peu de disruptions à court terme. Néanmoins, ils ne doivent pas paresser et réfléchir aux implications de ces bouleversements à la fois sur leurs *business models* et sur leurs organisations.

Les GAFAM ont une longueur d'avance sur le plan de l'IA, par rapport aux acteurs traditionnels. Quels sont les risques potentiels ?

C-A L : Je trouve qu'il est très impressionnant d'observer l'absence d'acteurs financiers dans les podiums des concours autour de l'IA. Les assureurs ne sont pas engagés dans le traitement automatique du langage naturel (en anglais *Natural Language Processing – NLP*), alors que cette activité devrait rentrer dans leur savoir-faire avec les milliards de textes dont ils disposent. Idem pour les banques, elles ne se sont engagées que très récemment dans l'apprentissage par renforcement, qui consiste à optimiser des stratégies avec de l'IA. Et elles n'occupent pas les premières places de ces podiums. Pourtant, cette activité fait partie de leur cœur de métier !

Pour revenir à la question initiale sur les risques potentiels, certaines fonctionnalités de l'IA ne sont proposées que par les géants du Web et surtout gratuitement. Tout le monde utilise ces outils. Or, en cas de bug, il peut y avoir un risque systémique au sein de nombreuses institutions financières, en raison de la synchronisation des acteurs. De nombreux régulateurs s'en préoccupent d'ailleurs.

Quid des risques concurrentiels des acteurs du web pour la finance traditionnelle ?

C-A L : Pour le moment, les géants du web restent sur leur positionnement d'origine avec leurs propres régulateurs en fournissant des services (cloud, IA, et bientôt Blockchain). Je ne pense pas qu'ils aient la volonté de proposer à court terme des services financiers et d'être ainsi régulés par les mêmes entités que les banques. La vraie concurrence se situe plutôt au niveau des fintechs, mais elles doivent faire face à la régulation du secteur financier qui est plus stricte.

Abordons désormais l'une des thématiques traitées dans le programme FaIR : l'amélioration de l'expérience client, qui constitue l'un des axes de développement de l'IA en finance. Quels sont les avantages pour les banques et pour les clients ?

C-A L : La personnalisation de l'expérience client représente un enjeu intéressant, car elle permet de proposer des produits financiers plus ciblés et adaptés à la clientèle, tout en réduisant les frais. Par ailleurs, les fonctionnalités rendues possibles par l'IA peuvent être utilisées pour mieux équilibrer les bilans des institutions financières. Ces dernières peuvent ainsi identifier davantage les clients, qui ont un appétit au risque compatible avec les produits qu'elles sont prêtes à vendre à moindre coût pour équilibrer leur bilan.

Un autre thème sur lequel FaIR travaille est une meilleure intermédiation du risque, par exemple avec la Blockchain. Quelles sont les conséquences sur le secteur ?

C-A L : La finance est un peu particulière, car c'est un secteur d'intermédiaires très régulés. Il semble donc compliqué de le désintermédier contrairement à d'autres secteurs d'activité. La Blockchain, qui se distingue de l'IA, facilite la résolution automatique des contrats. Dans une Blockchain, il est impossible d'acheter ou →

de vendre sans disposer des fonds au préalable, alors que, sur les marchés financiers, c'est différent: le financement peut être trouvé dans la journée. C'est très utile et éviterait de nombreuses réconciliations de comptes en fin de journée. Néanmoins, exiger le préfinancement d'une transaction est une révolution pour les process financiers qui aujourd'hui se règlent en fin de journée ou en J+1. Pour exploiter de bout en bout le système de résolution automatique que promet la Blockchain, il sera nécessaire d'avoir des euros ou des dollars sur une Blockchain. C'est le sujet des « *stable coins* » dont on parle beaucoup depuis que Facebook, avec un consortium d'autres acteurs, a communiqué sur le modèle de Libra. Une autre grande problématique attachée à la mise en œuvre de la Blockchain sur les marchés concerne la consommation énergétique et la vitesse des transactions. Sur ce dernier point, les derniers développements sont très encourageants.

Le troisième thème que le programme FaIR étudie concerne la meilleure connexion de la finance à l'économie réelle grâce à l'IA, alors que, dans l'imaginaire collectif, la finance est déconnectée. Pouvez-vous nous en dire davantage?

C-A L : Le sentiment de déconnexion de la finance avec l'économie réelle peut provenir du fait que les prix des actifs financiers se

forment à travers la confrontation de l'offre et la demande sur les places de marché, et que les acheteurs et les vendeurs sont des acteurs du monde de la finance. Cela peut donner l'impression que les prix sont formés « par la finance, pour la finance », mais c'est faux: pour générer des rendements, les participants de marché ont besoin d'anticiper la bonne santé des entreprises ou de l'économie, ils cherchent donc à récolter le plus d'informations pertinentes possibles à ce sujet, afin de prendre des décisions les mieux informées possibles. L'IA et la disponibilité de nouvelles données issues du monde réel, que l'on appelle « données alternatives », (images satellites, textes issus des sites web, offres d'emploi à pourvoir...) permettent de construire de nouveaux indicateurs sur la santé des entreprises. Grâce à l'exploitation de ces données alternatives, les prix des actifs intègrent davantage d'informations du monde réel. Avec de meilleurs tableaux de bord financiers générés par ces données et ces algorithmes, la connexion entre la finance et l'économie réelle sont plus fortes. Ce mouvement a décollé depuis cinq ans environ et se poursuit.

Avez-vous des recommandations ou du moins des points de vigilance à indiquer aux acteurs de la finance?

C-A L : Comme je l'ai déjà évoqué précédemment, le rôle de la modélisation ne doit pas

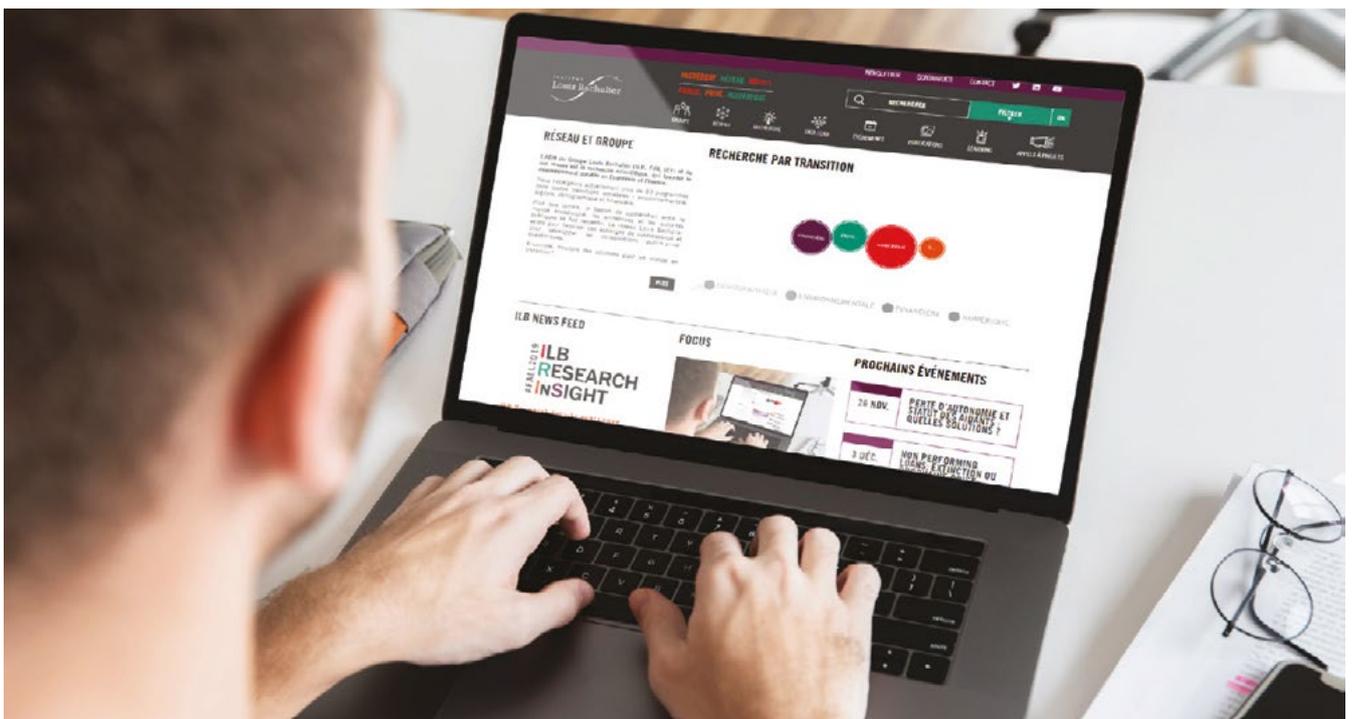
être abandonné. Il est très important d'avoir conscience qu'en soumettant des données à un algorithme, cela revient, en fait, à faire des choix de modélisation. Prenons un exemple simple, un algorithme d'octroi de crédit se nourrit de données, mais si elles proviennent d'une zone géographique spécifique ou s'il y a 75 % d'hommes et 25 % de femmes dans la base de données, les résultats seront influencés par ces déséquilibres: ils seront biaisés. En réalité, le choix des données, et donc la connaissance des données, que l'on utilise est aussi structurant qu'un choix de modèle et doit être abordé de la même façon. La modélisation reste capitale pour la compréhension des mécanismes économiques et financiers à l'œuvre.

Pour conclure, quelles sont les prochaines thématiques sur lesquelles le programme FaIR va travailler?

C-A L : Le sujet de la régulation est clé et soulève de nombreuses questions: comment réguler les algorithmes? Quelles sont les chaînes de responsabilité? Quels choix politiques seront retenus en matière d'éthique des algorithmes? Et surtout, comment seront déployés les algorithmes sur le plan opérationnel? Comment seront certifiés et encadrés les algorithmes auto-apprenants? Nous aimerions ainsi organiser des séminaires et workshop sur ces trois dernières problématiques ●

VISITEZ LE PORTAIL DE L'ILB

INSTITUTLOUISBACHELIER.ORG



Un portail pour faciliter
l'accès à la recherche partenariale

RECHERCHE. RÉSEAU. IMPACT.

PUBLIC. PRIVÉ. ACADÉMIQUE.

« L'APPROCHE CLASSIQUE DE LA GESTION DES RISQUES DOIT ÉVOLUER POUR ÉVITER DE NOUVELLES CRISES »

Depuis la crise financière de 2008, le secteur financier a vu émerger de nouveaux risques qui n'étaient pas forcément identifiés par le passé, à l'image des risques liés au réchauffement climatique, des risques de disruption technologique ou encore de pandémie mondiale. Dans ce contexte mouvant, l'approche traditionnelle de la gestion des risques peut s'avérer insuffisante pour détecter ces nouveaux risques, nécessitant ainsi le développement de nouveaux outils. À ce titre, certaines technologies d'intelligence artificielle (IA) offrent de nouvelles perspectives pour gérer les risques financiers. Pour y voir plus clair, Driss Lamrani, expert en économie, en finance et en IA, a répondu aux questions de l'Institut Louis Bachelier (ILB).

ILB : Quelles sont les limites des approches traditionnelles de la gestion des risques ?

Driss Lamrani : Pendant plus de trois décennies, la gestion traditionnelle des risques a considéré que les risques qui se produiront dans le futur seront de même nature que ceux du passé, en termes d'ampleur et de fréquence. Or, la crise de 2008 et la crise sanitaire d'aujourd'hui, à la fois inédite et soudaine, montrent les limites de cette approche. Pour incorporer des événements extrêmes dans les modèles traditionnels, les modélisateurs introduisent quelques facteurs de perturbation, ce qui s'est révélé clairement insuffisant. Par ailleurs, la gestion traditionnelle des risques s'appuie sur deux hypothèses que sont l'absence d'opportunité d'arbitrage, et la complétude des marchés financiers et d'assurance. Toutefois, celles-ci ont été largement remises en cause et sont bousculées par la transition numérique qui engendre notamment une masse d'informations importantes à analyser. Qui plus est, étant donné que les modèles classiques sont de moins en moins prospectifs, les régulateurs réagissent souvent après coup. Enfin, la période de mutation dans laquelle nous sommes, avec l'apparition de nouveaux risques et la transformation de nombreuses industries, ne plaide pas en faveur de l'approche classique de la gestion des risques. L'exemple de l'industrie

charbonnière est très parlant : le charbon est amené à se réduire très fortement en raison du réchauffement climatique, voire à disparaître, mais de nombreuses entreprises du secteur ont été financées par des banques, assurées par des compagnies d'assurances et investies par des gestionnaires d'actifs à la recherche de création de valeur. Dès lors, de nouveaux scénarios sont à imaginer ou à construire par les professionnels du risque. En clair, il faut de nouvelles réflexions sur le contrôle des risques, l'approche classique de la gestion des risques doit évoluer pour anticiper et gérer de nouvelles crises.

Quels sont les impacts de la transition numérique sur la gestion des risques financiers ?

DL : La transition numérique se manifeste principalement par la masse et la variété des données disponibles à traiter et à analyser pour évaluer les scénarios probables dans le futur et les conséquences sur les expositions des institutions financières, au-delà des données financières habituelles prises en considération. Cette nouvelle typologie d'informations, basée sur des données alternatives, contribue et contribuera au renouveau de la gestion des risques. À titre d'exemple, je peux citer les annonces de l'Organisation mondiale de la santé (OMS) qui ne



Driss Lamrani est CEO de la Fintech A2IM-Roboadvisors, spécialisée dans l'édition de logiciels d'Intelligence Artificielle pour le secteur financier. Il collabore régulièrement avec le DataLab de l'ILB. Il dispose de plus de 20 ans d'expérience dans le secteur bancaire et financier. Il est diplômé de l'École Centrale de Paris, majeure économie et finance, et de la Société Française des Analystes Financiers.

sont pas prises en compte dans les modèles traditionnels. Toutefois, cela suppose de travailler sur des données massives non structurées, contrairement aux notations établies par les agences à partir de scoring de crédit.

Comment la transition numérique, notamment l'IA, peut-elle aider les institutions financières à gérer leurs risques ?

DL : Comme je l'ai évoqué, les données alternatives deviennent et deviendront de plus en plus importantes dans l'analyse et la gestion des risques financiers. Dès lors, pour suivre et analyser ces données, le recours à l'IA est recommandé, car elles nécessitent de nombreux retraitements à réaliser, en particulier sémantique. Il est donc très difficile de faire effectuer ce travail par des humains.

Reprenons l'exemple des annonces de l'OMS, dans 99 cas sur 100, elles ne seront pas forcément très pertinentes pour la gestion des risques financiers, l'IA est intéressante en termes d'optimisation des coûts pour identifier le cas où ces informations seraient importantes pour la gestion des risques des institutions financières.

Quels sont les outils d'IA disponibles les plus prometteurs pour améliorer la gestion des risques financiers ?

DL : Aujourd'hui, l'IA peut réaliser automatiquement plusieurs actions comme des humains avec d'important taux de pertinence. Pour analyser les nombreuses données alternatives, il y a trois outils intéressants :

- l'analyse sémantique (*Natural Language Processing* en anglais) permet de lire et de comprendre des textes ;
- la reconnaissance d'images permet de reconnaître des informations et de structurer des données sur des supports photographiques ;

Les données alternatives deviennent et deviendront de plus en plus importantes dans l'analyse et la gestion des risques financiers.

– l'analyse d'inférence (*deep reasoning ou natural language understanding*) permet de déduire des conséquences à partir d'un ensemble de données.

En développant des algorithmes qui répliquent les cerveaux humains, le gain de temps est considérable. Par exemple, lorsque JP Morgan publie ses résultats financiers trimestriels, plus de 100 000 articles de presse sont publiés le jour suivant. Avec l'IA, il serait possible de réduire sensiblement ce nombre et de sélectionner la dizaine d'articles pertinents en moins d'une heure, tandis qu'il faudrait 30 jours à une personne expérimentée pour éplucher les 100 000 articles pour arriver au même résultat. Au-delà des différents outils mentionnés pris séparément, l'avantage comparatif de l'IA est de pouvoir construire un processus cognitif complet pour répondre aux problématiques spécifiques au secteur financier.

Quelles sont les contraintes à lever pour que l'IA se développe plus largement dans la gestion des risques ?

DL : La situation actuelle devrait pousser les donneurs d'ordres (banques et assurances) à analyser des risques qui paraissaient hors-sol, il y a peu, comme celui du risque de liquidité résultant d'une pandémie mondiale. La vision à court terme est un problème pour beaucoup d'institutions financières, car elles n'investissent pas suffisamment dans l'IA. Pourtant, cette technologie peut aider à mieux anticiper les risques, en particulier systémiques, en élargissant les sources de données analysées et en optimisant le temps d'analyse des experts humains. ●

LES ROBOTS-CONSEILLERS AMÉLIORENT-ILS LES DÉCISIONS DES INVESTISSEURS INDIVIDUELS ?

Pour remédier à la relative frilosité des ménages à l'égard des marchés financiers et les aider à diversifier davantage leurs placements, les robots-conseillers peuvent constituer une alternative prometteuse aux conseillers humains, en prodiguant des conseils plus personnalisés. Une étude scientifique récente s'est intéressée à cet outil en plein développement au sein des gestionnaires d'actifs et institutions financières.

Le marché des robots-conseillers (*robo-advisor* en anglais) est en pleine expansion depuis la mise sur le marché du premier outil de ce type aux États-Unis en 2008, période marquée par la terrible crise financière liée aux *subprimes*. Les actifs sous gestion des robots-conseillers ont ainsi bondi de 47,1 % sur l'année 2019, pour atteindre 1 277 milliards de dollars (1,3 trillion) répartis entre plus de 70 millions d'utilisateurs à travers le monde, d'après Statista. D'ici à 2023, ce marché devrait croître annuellement de 21 %, selon les prévisions du fournisseur de données basé en Allemagne. « *Même si le taux de pénétration des robots-conseillers est encore marginal, il devrait poursuivre sa croissance dans le futur, notamment auprès des jeunes générations dans les pays développés. Dans les pays en développement, comme la Chine, les outils financiers digitaux constituent un moyen de financiariser rapidement certaines catégories de population* », précise Marie Brière.

AMÉLIORER LES DÉCISIONS DES INVESTISSEURS INDIVIDUELS

Le développement grandissant des robots-conseillers s'appuie sur plusieurs besoins à la fois pour les professionnels de la gestion et les investisseurs particuliers. D'une part, une réduction des coûts, une amélioration de la relation-client avec davantage de personnalisation des offres ou encore la limitation des conflits d'intérêts des conseillers humains constituent des axes d'amélioration essentiels. D'autre part, les décisions d'investissement prises par les ménages sont généralement entachées de nombreux biais, comme l'a largement

démontrée la littérature scientifique. De fait, les investisseurs particuliers concentrent plusieurs lacunes comme une moindre participation aux marchés financiers, en particulier la Bourse, un manque d'attention sur leurs investissements, une faible diversification de leurs placements, des biais de familiarité (préférence nationale, etc.) dans leurs décisions, souvent liées à un déficit d'éducation financière.

Pourtant, parallèlement à ces constats, dans plus de 7 cas sur 10, les investisseurs particuliers consultent un conseiller humain pour souscrire des produits financiers en Europe et aux États-Unis. Dès lors, plusieurs questions de recherche émergent : existe-t-il des synergies entre les robots et les conseillers humains traditionnels ? Quels sont les impacts de ces outils sur les décisions des investisseurs particuliers ? Quelles sont les caractéristiques des utilisateurs ? Il faut préciser que les robots-conseillers orientent les investisseurs en fonction de leurs profils respectifs après un questionnaire détaillé (situation financière personnelle, objectifs d'épargne, horizon des placements, appétence pour le risque...).

UNE ÉTUDE SUR LE COMPORTEMENT DES INVESTISSEURS UTILISATEURS DE ROBOTS

Pour répondre aux problématiques préalablement listées, les chercheurs ont conduit une étude spécifique portant sur un échantillon d'environ 20 000 utilisateurs de robots-conseillers en France durant une période de deux ans. « *L'analyse de l'impact des robots-conseillers est très intéressante, car c'est l'un des seuls domaines de la finance dans lequel*

D'après *Robo advising, attention, and long-term investment*, écrit par Milo Bianchi et Marie Brière, ainsi qu'un entretien avec cette dernière.



Marie Brière est responsable du Centre de recherche aux investisseurs chez Amundi, professeur associée à l'Université PSL Paris-Dauphine et présidente du comité scientifique du Forum International des Risques Financiers (Risk Forum). L'article scientifique est écrit avec Milo Bianchi, professeur de finance à la Toulouse School of Economics (TSE) et membre des Sustainable Finance et Digital Finance Centers à TSE et de LTI@UniTO.

Méthodologie

Les chercheurs ont étudié l'impact des robots-conseillers sur les performances d'investissement et les caractéristiques de leurs utilisateurs. Pour ce faire, ils ont eu accès à une base de données d'environ 20 000 clients d'un robot-conseiller en épargne salariale proposé par un grand gestionnaire d'actifs européen sur une période de deux ans, ainsi qu'aux données d'une population test. Après avoir réparti leur échantillon dans un groupe test et un groupe de contrôle, ils ont analysé les différentes variables en utilisant la méthode d'expérimentation statistique des doubles différences, afin de comparer les comportements différentiels des investisseurs avant et après la souscription au robot-conseiller, comparés à la population test.

nous pouvons étudier les interactions entre les humains et les machines », souligne Marie Brière, tout en ajoutant que : « Notre étude s'est portée sur un robot-conseiller spécialisé en épargne salariale, un marché très important en France ». Concrètement, chaque entreprise disposant de plans d'épargne salariale, propose à ses salariés de placer son épargne salariale dans une offre de fonds dédiés. Dans le cadre d'un Plan d'Épargne Entreprise, l'argent est bloqué au moins 5 ans, et jusqu'à la retraite dans un Plan d'Épargne Retraite, sauf en cas de déblocage anticipé. L'épargne est donc plutôt orientée vers des objectifs de long terme. Ensuite, la gestion d'actifs est déléguée auprès d'une société de gestion. L'offre du robot-conseiller a été introduite graduellement à partir de 2017 auprès des salariés, qui ont eu l'opportunité de souscrire ou non au service. « Nous avons comparé les comportements différentiels des investisseurs sur plusieurs variables avant et après la souscription au robot-conseiller, en les comparant à une population test, qui n'avait pas été exposée au robot », relate Marie Brière.

LE ROBOT ACCROÎT L'ATTENTION ET LA RÉACTIVITÉ DES INVESTISSEURS...

Si de nombreux travaux ont démontré que les investisseurs particuliers sont peu attentifs à leurs placements par manque de temps ou pour éviter de mauvaises surprises sur leurs performances financières, le recours au robot-conseiller semble positif sur l'attention des investisseurs. Cette dernière a notamment été mesurée par le nombre mensuel de connexions d'un investisseur sur ses comptes

d'épargne ou le nombre de transactions effectuées. « L'attention des investisseurs est particulièrement élevée durant les premiers mois suivants la souscription au robot. Ce résultat est très intéressant. Il est ainsi possible d'imaginer une complémentarité entre les décisions humaines et celles guidées par le robot, sans forcément les opposer », détaille Marie Brière.

... ET LEURS PERFORMANCES FINANCIÈRES

Outre l'amélioration de l'attention, le robot-conseiller accroît la diversification des placements des investisseurs, alors que c'est une de leurs lacunes observées historiquement. Ce résultat se traduit également par la détention de davantage de placements risqués, et notamment de fonds diversifiés, par rapport aux investisseurs non-utilisateurs du robot. Quant aux performances financières, elles sont en moyenne plus élevées chez les souscripteurs du robot. « Notre travail n'est pas terminé, nous devons le poursuivre pour affiner et confirmer ces premiers résultats. Peut-être que, dans la tourmente actuelle des marchés, nos résultats seraient plus ou moins élevés, alors qu'entre 2017 et 2019, les bourses ont beaucoup progressé », tempère Marie Brière.

Enfin, le profil des utilisateurs n'était pas forcément celui auquel s'attendre a priori. En moyenne, ils sont jeunes, de sexe masculin, ont un patrimoine (dans le cadre de l'épargne salariale) supérieur à la moyenne. Ce sont des individus déjà relativement attentifs à leur épargne. Par conséquent, il n'est pas clair que les robots-conseillers puissent attirer un public plus éloigné des marchés financiers, comme

les personnes aux revenus modestes ou avec une éducation financière plus limitée. En attendant une éventuelle démocratisation des robots-conseillers, la population devra adhérer au concept, alors que l'aversion aux algorithmes est particulièrement palpable. ●

À retenir

- La souscription à un robot-conseiller augmente l'activité et l'attention des investisseurs. Ce résultat suggère une certaine complémentarité entre jugements humains et ceux émanant des machines.
- En moyenne, le robot-conseiller étudié a amélioré les décisions des investisseurs individuels en termes de performance et de diversification.
- Les clients actuels des robots-conseillers sont composés majoritairement de jeunes, d'hommes et de personnes ayant un patrimoine et une attention à leur épargne plus élevés que la moyenne de la population. Il n'est pas encore clair que ce type de service puisse toucher des pans de la population plus éloignés des marchés financiers.

COMMENT LIMITER LES BIAIS DES ALGORITHMES ?

Si les algorithmes d'aide à la décision font désormais partie de la vie courante et qu'ils sont utilisés dans tous les secteurs, notamment financier, ils restent critiqués pour leur manque de transparence et leurs résultats qui peuvent être biaisés. Des chercheurs ont étudié ce sujet et émettent des recommandations pour inverser la situation.

Les orientations scolaires, les diagnostics médicaux, les octrois de crédits représentent quelques exemples non exhaustifs des domaines qui utilisent des algorithmes en France. Cependant, les problèmes subis par Parcoursup pour affecter des bacheliers dans des filières d'études supérieures ont mis en lumière les défauts des algorithmes auprès du grand public et des autorités. Outre-Atlantique, les algorithmes vont encore plus loin : ils filtrent les candidatures lors de processus de recrutement et aident les juges à prendre leurs décisions. Dans le secteur financier, le recours aux algorithmes est monnaie courante. En témoigne une étude de l'ESMA (European Securities and Markets Authority) publiée en 2017, qui estime que près de 45 % des volumes boursiers européens sont générés par des algorithmes de trading à haute fréquence. Aux États-Unis, cette proportion grimpe à plus de 70 %. « Ces outils se sont rapidement développés ces dernières années. Certaines associations aux États-Unis se sont rendu compte que les algorithmes n'étaient pas équitables, ce qui pose des problèmes d'ordre sociétal », souligne David Bounie. Parmi les griefs invoqués, figurent notamment des discriminations à l'égard des femmes et des minorités ethniques. « L'objectif de notre travail scientifique a été de mieux comprendre comment les biais des algorithmes se formaient et s'ils étaient évitables. Nous avons ainsi mobilisé plusieurs disciplines comme les mathématiques, l'informatique, le droit ou encore la philosophie », poursuit David Bounie.

LES ALGORITHMES CONTIENNENT DIFFÉRENTS BIAIS

Outre les difficultés techniques des algorithmes pour prédire des résultats et réduire les risques d'erreur, ils contiennent également des biais qui



Il est évident que si les données sont biaisées, les résultats de l'algorithme le seront également.

peuvent générer des décisions inéquitables et/ou discriminatoires. Les chercheurs ont ainsi identifié trois grandes familles de biais :

- Les biais cognitifs proviennent des programmeurs ayant écrit les codes des algorithmes ou des utilisateurs qui s'autosélectionnent dans une catégorie nourrissant ensuite l'algorithme. Or, plusieurs études en psychologie et en sciences cognitives ont établi qu'il y avait de nombreux biais cognitifs émanant des êtres humains. Le biais de stéréotype est connu depuis de nombreuses années. Il peut survenir, par exemple, sur des sites d'offres d'emploi lorsque des femmes ou des hommes postulent ou pas à des offres particulières, ce qui entraîne et biaise l'algorithme en retour.
- Les biais statistiques concernent principalement la qualité des données. Il est évident que si les données sont biaisées, les résultats de l'algorithme le seront également. « Avec des données biaisées ou de mauvaise qualité, l'algorithme ne peut pas s'entraîner correctement et provoque automatiquement des erreurs. La collecte de milliards de données pour alimenter un algorithme n'implique pas que ses résultats soient bons. Il ne faut pas confondre quantité et qualité », estime David Bounie.
- Les biais économiques volontaires ou involontaires découlent de raisons financières, selon plusieurs études. Le contexte économique est donc à prendre en compte lors de la construction d'un algorithme.

D'après *Algorithmes : biais, discrimination et équité*, écrit par Patrice Bertail, David Bounie, Stephan Cléménçon et Patrick Waelbroeck, ainsi qu'un entretien avec David Bounie.



David Bounie est professeur et responsable du département sciences économiques et sociales à Telecom Paris. Il est également co-fondateur de la Chaire Finance Digitale. Ses travaux de recherche, publiés dans des revues internationales, portent sur l'impact des nouvelles technologies sur le secteur financier.

Méthodologie

Les chercheurs ont réalisé un article, qualifié de « *position paper* » (article de positionnement), sur les problématiques de biais et d'équité des algorithmes. Ils ont ainsi échangé avec les différentes parties prenantes (politiques, académiques, industriels) dans une logique pluridisciplinaire (mathématiques, informatique, sciences sociales...), afin de synthétiser l'état de l'art dans ce domaine et d'établir des pistes de recommandations scientifiques pour corriger les biais des algorithmes.

DES SOLUTIONS PROMETTEUSES POUR RÉDUIRE LES BIAIS

Pour remédier aux écueils mentionnés précédemment, les chercheurs ont dégagé deux grandes catégories de solutions. Premièrement, des pistes statistiques qui permettent de vérifier, corriger et compléter les informations liées aux données. « *Avant de produire des résultats, la compréhension des données est primordiale, car cela permet, par exemple, de calculer la probabilité d'inclusion d'une catégorie précise d'individus dans la base de données. Avec les statistiques, il est également possible de modéliser les caractéristiques des personnes et de redresser ensuite les algorithmes* », explique David Bounie. Quant à la seconde catégorie, elle regroupe des pistes informatiques pour inclure de l'équité ou des dispositions légales non discriminatoires dans les algorithmes. « *Informatiquement, il est quasi-impossible de produire un algorithme équitable et universel. Par conséquent, les notions et contraintes d'équité doivent être implémentées dès le début de la programmation d'un algorithme* », affirme David Bounie.

UNE RÉGULATION NÉCESSAIRE DES POUVOIRS PUBLICS

Au-delà des pistes statistiques et informatiques permettant de corriger les biais des algorithmes, des dispositions légales sont recommandées pour favoriser leur équité, leur transparence et leur auditable. « *L'équité est un concept subjectif qui dépend de la culture et du système politique inhérent à chaque pays. Dès lors, l'équité algorithmique doit émaner d'un choix politique, comme le fait de donner la même chance à chaque individu ou pas en fonction de certains critères (genre, origines ethniques et sociales...)* », recommande David Bounie. De plus, l'encadrement par les pouvoirs publics de certains algorithmes « à haut risque » est indispensable. À ce titre, la Commission européenne a récemment donné des indications sur sa position en définissant certains algorithmes « à haut risque » pour la société. Il faut dire que les droits fondamentaux, notamment de non-discrimination, doivent être respectés par les algorithmes. De son côté, le Règlement général sur la protection des données (RGPD), entré en vigueur en mai 2018, encadre les décisions

prises par les algorithmes. Néanmoins, les débats se poursuivent et la législation devrait continuer à évoluer parallèlement au recours grandissant à ces outils d'aide à la décision. « *La vigilance doit être maintenue. Des études d'impact a priori devraient même être conduites sur les algorithmes à haut risque pour la société* », conclut David Bounie. ●

À retenir

- Les algorithmes contiennent plusieurs catégories de biais (cognitifs, statistiques, économiques). Ils ne produisent donc pas de résultats neutres.
- Pour corriger les biais des algorithmes, il existe des techniques statistiques et informatiques qui doivent être intégrées dès la conception de la programmation de l'algorithme.
- L'équité algorithmique constitue un choix politique, car il est impossible de concevoir des algorithmes universels pour toutes les cultures et tous les systèmes politiques. Des études d'impact doivent être conduites a priori sur les algorithmes à haut risque pour la société (santé, orientation scolaire, décisions judiciaires...).

Les droits fondamentaux, notamment de non-discrimination, doivent être respectés par les algorithmes.

COMMENT AMÉLIORER L'EXPLICABILITÉ ET LA RESPONSABILITÉ DES ALGORITHMES ?

L'évolution des méthodes d'apprentissage basées sur de l'Intelligence Artificielle (IA) ont favorisé le développement des algorithmes d'aide à la décision tous secteurs confondus, mais ces outils informatiques restent qualifiés de « boîtes noires ». Un groupe de chercheurs pluridisciplinaire s'est penché sur cette problématique d'opacité pour y remédier et favoriser ainsi la confiance du public à l'égard des algorithmes.

« **T**out le monde souhaiterait que les algorithmes soient explicables, surtout dans les domaines les plus critiques, comme la santé ou le transport aérien. Il y a un vrai consensus dans ce domaine », souligne Winston Maxwell.

Pour preuve, la Commission européenne a récemment publié un livre blanc sur sa stratégie liée à l'IA, qui promeut notamment l'explicabilité, la transparence et la responsabilisation des décisions algorithmiques. Au niveau français, le rapport Villani sur l'IA, publié en 2018, a également insisté sur la nécessaire explicabilité des algorithmes. Toutefois, cette doctrine se heurte à de nombreuses problématiques connexes au concept d'explicabilité comme l'éthique, la définition du bon niveau d'explication à fournir, les caractéristiques techniques des méthodes d'IA utilisées, la préservation du secret des affaires, les coûts supplémentaires ou encore le manque de précision juridique sur ce concept. De fait, si des législations en vigueur l'imposent, notamment pour les algorithmes utilisés par les administrations en France, elles laissent généralement de larges marges de manœuvre, rajoutant ainsi des difficultés supplémentaires pour les développeurs, utilisateurs et régulateurs de ces outils. « Notre travail de recherche a été réalisé dans une logique pluridisciplinaire regroupant les sciences de données, les mathématiques appliquées, l'informatique, l'économie, les statistiques, le droit et la sociologie, afin d'avoir des réflexions de fond sur la définition, les techniques et les besoins d'explicabilité, qui s'intègrent dans les notions plus larges de transparence et de responsabilité », relate David Bounie, co-auteur du rapport.

En résumé, l'explicabilité consiste, par exemple, à aider les utilisateurs à saisir le classement d'un moteur de recherche, à accompagner les enquêteurs dans la compréhension du crash d'un véhicule autonome ou encore à détecter d'éventuelles discriminations dans l'attribution d'un prêt.

L'EXPLICABILITÉ N'EST PAS UNIFORME ET DÉPEND DE PLUSIEURS FACTEURS

Pour parvenir à leurs objectifs consistant à démystifier l'explicabilité, les chercheurs ont développé une méthodologie originale, dont le point de départ est contextuel. Ils ont ainsi défini quatre facteurs importants :

- Le destinataire de l'explicabilité, c'est-à-dire le public visé par l'explication. Son niveau sera différent selon qu'il soit utilisateur ou régulateur par exemple.
- Le niveau d'importance et d'impact de l'algorithme. L'explicabilité d'un accident d'une voiture autonome n'a pas le même degré d'importance que celle d'un algorithme de publicités ou de recommandations de vidéos.
- Le cadre légal et réglementaire, qui est différent selon les zones géographiques, comme en Europe avec le règlement général sur la protection des données (RGPD).
- L'environnement opérationnel de l'explicabilité, comme son caractère obligatoire pour certaines applications critiques, le besoin de certification avant le déploiement ou la facilitation d'utilisation par les usagers.

« La prise en compte des quatre facteurs contextuels de l'explicabilité est primordiale, car, pour les industriels, l'explicabilité est avant tout motivée par des exigences opérationnelles

D'après *Flexible and Context-Specific AI Explainability: A Multidisciplinary Approach*, écrit par Valérie Beaudouin, Isabelle Bloch, David Bounie, Stephan Clemençon, Florence d'Alché-Buc, James Eagan, Winston Maxwell, Pavlo Mozharovskiy et Jayneel Parekh, ainsi qu'un entretien avec Winston Maxwell.



Winston Maxwell est directeur d'études en droit et numérique au département sciences économiques de Telecom Paris. Auparavant, il a été avocat associé du cabinet Hogan Lovells, spécialisé dans le droit des données. Il est diplômé de Cornell Law School et a obtenu un doctorat en sciences économiques à Télécom Paris (*Smarter Internet Regulation Through Cost-Benefit Analysis*, publié aux Presses des Mines en 2017). Ses travaux de recherche portent principalement sur la régulation de l'intelligence artificielle.

Méthodologie

Les chercheurs ont réalisé un article, qualifié de « *position paper* » (article de positionnement), sur les problématiques d'explicabilité et de responsabilité des algorithmes. Ils ont ainsi échangé avec les différentes parties prenantes (politiques, académiques, industrielles) dans une logique pluridisciplinaire (mathématiques, informatique, sciences sociales...), afin de synthétiser l'état de l'art dans ce domaine et d'établir des pistes de recommandations scientifiques pour améliorer l'explicabilité des algorithmes.

qui se distinguent largement des aspects légaux », précise Winston Maxwell.

L'EXPLICABILITÉ AU REGARD DES COÛTS ET AVANTAGES POUR LA SOCIÉTÉ

Après la première étape liée aux différents contextes de l'explicabilité, les chercheurs ont étudié les solutions techniques des algorithmes d'IA. Sans rentrer dans des détails, ils ont effectué un inventaire des différentes méthodes utilisées pour comprendre leurs spécificités. Parmi elles figurent notamment les approches d'IA hybrides qui combinent le meilleur de plusieurs techniques et dont les développements futurs sont prometteurs pour améliorer l'explicabilité : « Ces approches pourraient réduire le fossé entre performance et explicabilité des algorithmes. À terme, l'explicabilité sera une partie intégrante de la performance », anticipe Isabelle Bloch, co-auteure de l'étude.

En attendant, les chercheurs ont apporté une autre innovation majeure en intégrant des comparaisons coûts-bénéfices à la notion d'explicabilité. Autrement dit, cela consiste à chiffrer les avantages et les inconvénients de l'explicabilité pour la société. À ce titre, l'exemple comparatif précédemment cité entre l'explication d'un accident d'une voiture autonome et celle d'un moteur de recherche est pertinent, car ces deux catégories d'algorithmes n'ont pas le même impact sur la société. Les chercheurs ont ainsi identifié plusieurs catégories de coûts liés à l'explicabilité, en particulier celles relatives au stockage des données dans des registres dédiés, qui s'avèrent très importantes. Néanmoins, au-delà de ces coûts, la réglementation RGPD limite la

possibilité de stocker des données personnelles. « Cette question des données devra faire l'objet d'un choix politique, car le RGPD rentre en contradiction frontale avec l'exigence d'explicabilité, en particulier sur les données biométriques et de reconnaissance faciale. Les réflexions sur ce sujet ne sont qu'à leurs prémices et les régulateurs devront certainement décider en fonction des applications et de leurs impacts sur la société », analyse Winston Maxwell.

L'EXPLICABILITÉ LOCALE ET GLOBALE

Outre les facteurs contextuels et les analyses coûts-bénéfices, les chercheurs ont également observé qu'un bon niveau d'explicabilité doit tenir compte des dimensions globale et locale. Le premier cas implique la description de l'algorithme et la manière de l'utiliser ou pas. « C'est comme une notice d'emploi et de mise en garde dans laquelle figurent notamment le type de données utilisées et les situations où il doit être employé. D'ailleurs, la Commission européenne a adopté ce type d'approche dans son livre blanc dédié à sa stratégie d'IA », précise Winston Maxwell. Quant à l'explicabilité locale, elle consiste à expliquer les décisions algorithmiques particulières, comme le refus d'un prêt bancaire. « Ces deux dimensions de l'explicabilité sont nécessaires même si elles visent des choses totalement différentes et qu'elles dépendent des quatre facteurs contextuels de départ », confirme Winston Maxwell. Nul doute que, dans les prochains mois, ce sujet de l'explicabilité de l'IA, en particulier des algorithmes, reviendra sur le devant de la scène parallèlement aux réflexions actuelles et futures de Bruxelles. ●

À retenir

➤ Le bon niveau d'explicabilité d'un algorithme dépend de 4 facteurs contextuels : le destinataire de l'explication, le niveau d'importance de l'application algorithmique, l'environnement légal et réglementaire, ainsi que le cadre opérationnel. En outre, le niveau d'explicabilité global (fonctionnement général de l'algorithme) ou local (décision particulière) est également à prendre en compte.

➤ L'explicabilité d'un algorithme doit être effectuée au regard des coûts et avantages induits pour la société. Le stockage des données devra notamment faire l'objet d'un choix politique, car il est coûteux et n'est pas compatible avec tous les types de données en raison de la réglementation RGPD.

➤ L'explicabilité s'oppose généralement à la performance des algorithmes, car ils sont souvent construits dans une logique opérationnelle. Toutefois, avec le développement de techniques d'IA hybride, l'explicabilité fera partie intégrante du bon fonctionnement des algorithmes.

