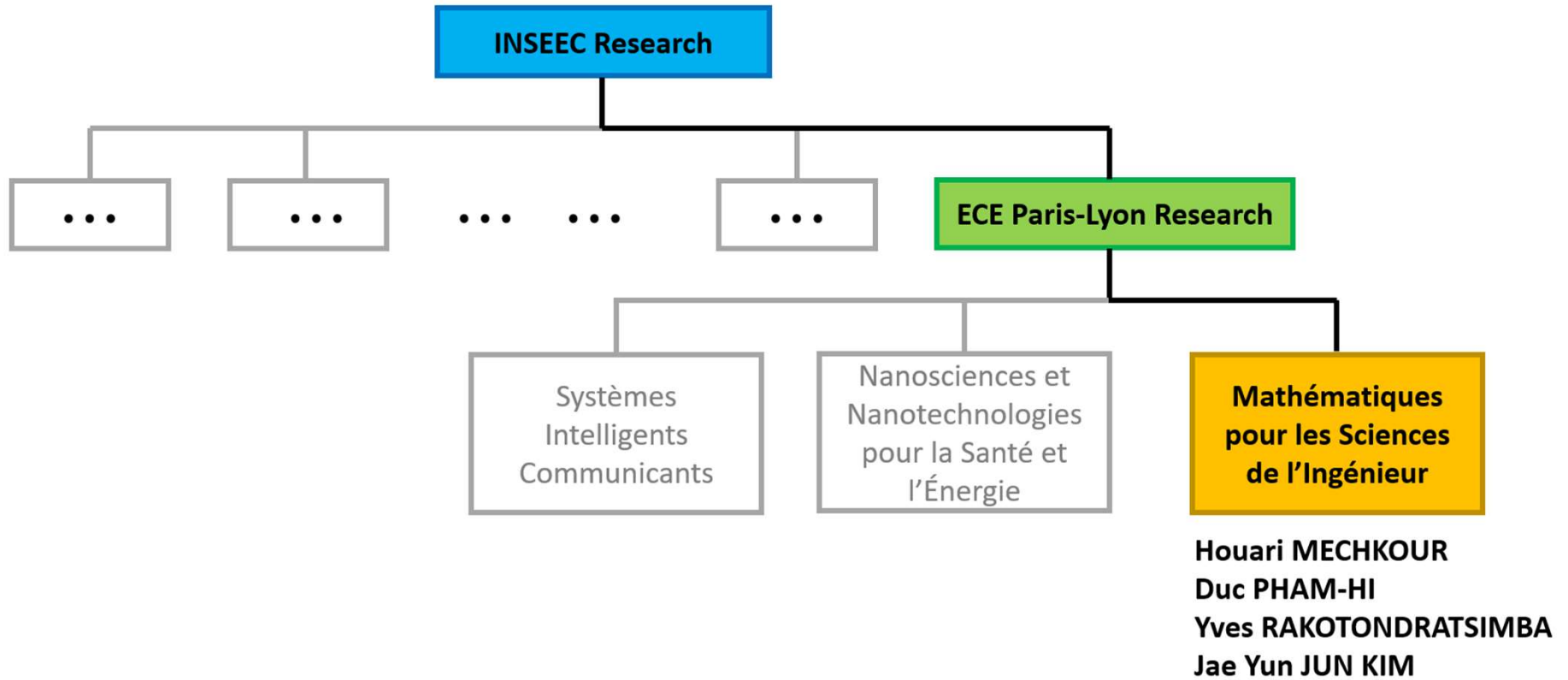


La recherche à l'ère du Machine Learning

Yves RAKOTONDRATSIMBA & Jae Yun JUN KIM
ECE Paris-Lyon
10 Janvier 2019



Préambule

- Les modèles économiques actuels sont bouleversés de façon exponentielle par les Technologies associées au Numérique et aux Données (TND), de sorte qu'il est essentiel de renforcer les complémentarités et rapprocher ce qui se fait de meilleur en termes d'enseignement et de recherche dans les domaines du business et de la technologie, en référence avec ce que font HEC et les New Uni (Ecole Polytechnique, ENSAE, Telecom ParisTech, Telecom SudParis et ENSTA ParisTech).
- Du côté de l'INSEEC U, nous avons d'une part une Ecole d'Ingénieur qu'est l'ECE (avec ses 8 majeures d'enseignement dont les : Big Data & Analytics, Système d'Information et Cybersécurité Défensive, Objets connectés, Réseaux et Services) et des Ecoles de commerce (Technique de management, Digital et Marketing).
- En scrutant le programme lors du Symposium organisé par l'INSEEC à la fin de Septembre 2018, il en ressort une richesse et diversité de thèmes entre les écoles. Mais il n'y a pas de ligne de recherche nette qui tire parti de ce que l'on fait de meilleur à la fois dans les domaines du Business et de la Technologie alors que le groupe réunit en son sein des potentiels avec lesquels on peut en sortir des contributions intéressantes à l'image de ce qui se fait ailleurs.

- En s'appuyant sur nos vécus (en finance quantitative), **nous allons esquisser des pistes permettant d'aller vers une Recherche Jointe (RJ) entre Ecoles (Ingénieurs, Commerce) et disciplines (Finance, Marketing, Economie, etc).** Cette RJ ne devrait pas se substituer à ce que chacun d'entre nous fait déjà, mais elle est plutôt un complément utile pour faire face aux **défis et opportunités** liés aux TNDs.
- Comme on va voir à travers le développement, **les TNDs engendrent de changements profonds dans les métiers, l'économie et la société en général.** Et par conséquent, on est amené à se poser des questions sur les formations et recherches à entreprendre face à cette mutation.
- Parmi les points soulevés et dont nous espérons apporter d'éclairage (forcément partiel) sont les suivants:
 - 1) **Nous devrions nous questionner par rapport à nos thèmes de recherches !**
 - 2) **Quelles sont les raisons de prendre en sérieux et d'intégrer les TNDs dans notre activité de recherche?**
 - 3) **Quels types de recherche faire et comment?**
 - 4) A part les idées, quelles **actions concrètes entreprendre?**

- Pour la deuxième interrogation, il y a au moins quatre idées pour soutenir que **le statut-quo n'est plus tenable** :
 1. Les formations devront préparer les élèves à aller vers des métiers d'aujourd'hui et de demain qui exigent à la fois l'association entre les fondamentaux classiques mais augmentés avec les TNDs. Ainsi **les thèmes de recherches, nourrissant en partie les formations, devront être revus ou augmentés.**
 2. Les journaux académiques commencent à intégrer les enjeux liés aux TNDs et sont amenés tout doucement à évoluer leurs critères. Il faudrait alors **se préparer au changement en cours.**
 3. **Une partie de nos recherches se devrait être en phase avec l'ambition affirmée du groupe INSEEC U** d'accompagner les grandes transformations de notre société. Ainsi il y a une nécessité d'avoir une ligne de recherche clairement identifiable prenant en compte les TNDs dans les thèmes sensés apporter d'implications managériales. Aussi les thèmes techniques faisant appels aux TNDs gagneront plus en crédibilité s'ils sont couplés avec un contexte économique ou social bien clarifié.
 4. Nous montrons ci-dessous que **les TNDs offrent un gisement énorme de recherches valorisantes en adéquation avec les enjeux actuels.**

Arthur Charpentier, Emmanuel Flachaire and Antoine Ly(2017) *Econométrie et Machine Learning*, arXiv:1708.06992

Peter Gomber, Jascha-Alexander Koch and Michael Siering (2017) *Digital Finance and FinTech: current research and future research directions*. Journal of Business Economics. Volume 87, Issue 5, 537–580

Zetzsche D., Buckley R., Arner D. and Barberis J. (2017) *From FinTech to TechFin: The Regulatory Challenges of Data-Driven Finance*
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2959925

Germán G. Creamer, Hamed Ghoddusi and Nima Rafizadeh (2018) *Machine Learning in Energy Economics and Finance: A Review*
https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=3270251

Marko Kolanovic and Rajesh T. Krishnamachari (2017) *Big Data and AI Strategies Machine Learning and Alternative Data Approach to Investing*. Global Quantitative and Derivatives Strategy; J.P. Morgan

Julapa Jagtiani , Todd Vermilyea and Larry Wall (2018) *The Roles of Big Data and Machine Learning in Bank Supervision*. Federal Reserve Bank of Atlanta, forthcoming in *Banking Perspectives* (publication of The Clearing House)

Sascha Wilkens (2018) *Machine Learning in Risk Measurement*: Gaussian Process Regression for Value-at-Risk and Expected Shortfall

De Spiegeleer Jan, Madan Dilip B., Reyners Sofie and Schoutens Wim (2018) *Machine Learning for Quantitative Finance: Fast Derivative Pricing, Hedging and Fitting*, Working Paper, University of Leuven, June, forthcoming in: *Quantitative Finance*.

Plan de la présentation

1. Quelques terminologies
2. Le paysage actuel de la finance
3. Les enjeux avec les TNDs
4. Quels types de recherches faire et comment?
5. Conclusions

Quelques terminologies (1/7)

- En Finance, pour les Technologies liées au Numérique et aux Données (TNDs), on rencontre plusieurs termes comme Intelligence Artificielle (AI), Machine Learning (ML), Finance Digitale, Blockchain, Big Data (BD), FinTech, etc.
- Un moyen commode pour mieux hiérarchiser et rendre facilement intelligible toutes ces diverses notions est d'emprunter l'approche par le cube digital comme introduit par P. Gomber, J.A. Koch and M. Siering de e-Finance Lab à Frankfurt.
- Selon ses auteurs on peut situer les notions autour des TNDs à l'intérieur de trois faces d'un cube. Pour la face centrale on va mettre les business functions. Pour la face latérale de droite on met les institutions. Et pour la face de dessus on peut placer les technologies et concepts associés.

Quelques terminologies (2/7)

- Par «**Business functions**» on sous-entend les fonctions principales classiques d'une banque mais cette fois réalisées par le canal du digital à savoir les
 - Financement,
 - Investissement,
 - Monnaie (e-money, digital currency),
 - Paiement,
 - Assurance,
 - Conseil (robo-advisor).
- Par **institutions** on veut désigner les institutions qui apportent des solutions digitales à des problématiques financières. On distingue alors
 - les **services financiers classiques** qui ont adopté des solutions digitales pour l'accomplissement des fonctions de base décrites ci-dessus.
 - Les **starts up** ou **FinTech** qui ont disrupté les services financiers mentionnés ci-dessus.
 - Les institutions qui ne sont pas financières mais qui exploitent les données et sont maintenant identifiées sous le nom de **TechFin**.

Quelques terminologies (3/7)

- Enfin par **technologie et concepts associés**, on inclut les 6 items suivants
 - **Blockchain**
 - Social Networks
 - NFC (Near Field Communication)
 - P2P (Peer-to Peer) technology
 - **Big Data Analytics**
 - **Further Enablers**: fast and mobile Internet, **artificial intelligence**, worldwide connectivity, mobile devices, intuitive user interfaces and security technologies.
- Par **Artificial Intelligence (AI)**, on désigne à la fois la théorie et le développement d'un système informatique capable d'accomplir des tâches (plus ou moins complexes) qui traditionnellement requièrent de l'intelligence humaine, tout en explorant à la fois les puissances croissantes de calcul et ainsi que les quantités énormes de données de plus en plus facilement disponibles.
- Le terme de **Big Data (BD)** est aussi utilisé pour désigner le stockage et l'analyse de large et/ou données complexes utilisant une variété de techniques incluant les AI

Quelques terminologies (4/7)

- Le **Machine Learning (ML)**, ou encore Apprentissage Automatique, est une sous catégorie de l'AI. Il peut être vu comme une méthode pour désigner une suite d'actions, aussi nommée sous le terme d'algorithme, afin de résoudre un problème de manière automatique à travers d'expériences et utilisant une intervention humaine limitée.
- Plusieurs outils de ML sont bâties à partir de méthodes statistiques auxquelles beaucoup de chercheurs sont familiers. Il y a plusieurs catégories d'algorithmes de ML dont les principales grandes classes sont les:
 - SL (Supervised Learning)
 - UL (Unsupervised Learning)
 - RL (Reinforcement Learning)
 - DL (Deep Learning).
- Par **SL (Supervised Learning)** on désigne le contexte où l'algorithme est nourri par un ensemble de données (dites d'entraînement) dont une bonne proportion est étiquetée. C'est que l'on dispose des données $(x_n, y_n)_n$ dont les y_n sont des réalisations d'une variable Y que l'on postule expliquée par une autre variable X représentée par les x_n . L'approche permet de généraliser çàd déterminer la valeur de y^* correspondant à une possible réalisation x^* .

Quelques terminologies (5/7)

- L'approche SL a une très large portée d'applications pratiques dont entre autres les détections de fraudes, les classifications des actifs, les prédictions des évolutions des prix, etc, donc d'immenses utilisations en Trading, en gestion de portefeuille et de risques.
- L'approche SL trouve aussi une variété d'applications théoriques importantes car elle porte en fonds l'idée d'approximation d'une fonction connue ou inconnue éventuellement complexe en se basant juste sur les données mais non d'un modèle postulé qui n'a pas de raison d'être juste.
- Par **UL (Unsupervised Learning)** on désigne le contexte où les données d'entraînement ne sont pas étiquetées et que l'algorithme est chargé de découvrir des formes cachées dans ses données en proposant des observations ayant des caractéristiques similaires, que l'on qualifie de clusters. C'est que l'on dispose des données $(z_n)_n$ dont les z_n sont des réalisations d'une variable Z que l'on aimerait classer. On espère ainsi que l'approche permet de trouver des ensembles E_1, \dots, E_k de sorte que l'on est en mesure de classer toute valeur z^* dans un de ses ensembles.

Quelques terminologies (6/7)

- L'approche UL a une très large portée d'applications pratiques dont par exemple l'analyse d'un univers d'investissement et la tarification d'un contrat d'assurance ou financier dans un marché illiquide.
- L'approche UL donne aussi une approche conceptuelle importante comme pour la réduction de dimension lorsque l'on manipule de données de grandes tailles. On fait ainsi recours à l'UL pour la gestion des risques associés à un large portefeuille de produits dérivés.
- Dans l'approche RL (Reinforcement Learning) l'algorithme se nourrit par des données non étiquetées et devrait entreprendre une action au fur et à mesure de l'arrivée d'une donnée, tout en respectant un certain objectif préalablement déterminé. C'est que disposant de quelques données $(z_n)_n$ correspondant à des réalisations d'une variable Z , alors à tout autre réalisation z^* , l'algorithme se charge de trouver l'action a^* qui permet de satisfaire un objectif d'ordre général à travers l'optimisation d'une quantité appropriée q^* .

Quelques terminologies (7/7)

- L'approche RL est très utile dans les domaines de la Finance, de l'Assurance, ou de manière plus générale en Gestion/Economie du fait qu'elle répond à la problématique d'un agent qui devrait trouver et suivre une stratégie dynamique dans un environnement incertain et voir même adaptatif. Le Trading Automatique (à haute ou basse fréquence) est par exemple basé sur le RL.
- Le DL (Deep Learning) est une forme de ML qui utilise des algorithmes dont la construction s'inspire de la structure et fonction du cerveau. Le DL lui-même peut être utilisé pour les trois autres approches : SL, UL et RL.

Plan de la présentation

1. Quelques terminologies
2. Le paysage actuel de la finance
3. Les enjeux avec les TNDs
4. Quels types de recherche faire et comment?
5. Conclusions

Le paysage actuel de la finance (1/6)

- Selon une étude de l'Institut Sapiens concernant l'Impact de la révolution digitale sur l'emploi (<https://www.institutsapiens.fr/wp-content/uploads/2018/08/Note-impact-digital-sur-lemploi.pdf>) Le secteur de la banque connaît un fort bouleversement sous l'effet du numérique. Le développement des Fintech disrupte un secteur qui était jusque-là relativement protégé.
 - **Les effectifs assimilés au métier d'employés de la banque et des assurances** (qui sont principalement les agents de guichets, les téléconseillers, les employés de services techniques et les commerciaux) **ont ainsi connu une perte de 39% entre 1986 et 2016**, alors que la population active a progressé de 21% sur la période. La plus **forte baisse concerne la période 2010-2016** avec une **chute de 22% des effectifs** qui **correspond à l'émergence des technologies financières** mais aussi de la digitalisation de la plupart des services bancaires.
 - **La banque** et les assurances ne comptent plus que **253 000 employés**, contre 323 000 en 1986. Elle **risque**, selon les estimations, 2% de la population active il y a 30 ans. de n'en compter plus aucun d'ici 2038 à 2051, soit **une véritable extinction**.

Le paysage actuel de la finance (2/6)

- Selon un rapport gouvernemental

<https://www.economie.gouv.fr/entreprises/fintech-innovation-finance>

sur la Fintech et le numérique au service du secteur financier par [Bercy Infos](#) du 19/01/2018 le Zoom sur l'emploi dans les fintech en France est comme suit

- **800 000** emplois directs et **400 000** indirects en France;
- **100 %** des entreprises membres du groupement France Fintech ont recruté en 2016;
- **89 %** des collaborateurs sont en CDI;
- **31 %** sont des femmes.

Sources [Business France](#) et [France Fintech](#)

- **Big Data et IA opèrent un changement dans les manières de travailler en Finance et donnent naissance au collaborateur augmenté** qui, soutenu dans l'exécution de tâches complexes ou répétitives, peut acquérir de nouvelles compétences et/ou développer des services porteurs de valeur ajoutée.
- Nous allons aussi nous baser sur des compilations accomplies [Thierry lochem](#) (efinancial career) en décembre 2018 s'appuyant sur différents rapports, analyses et témoignages de professionnels venant de grands secteurs d'activité de la finance.

Le paysage actuel de la finance (3/6)

- **Du côté Trading**, ce sont des algorithmes basées sur du machine learning qui exécutent tous les jours des millions de transactions. Cela inclus le trading haute fréquence – leverage », L'IA et le ML sont une réalité dans les salles de marché. Le trading algorithmique prend en compte les sentiments, tendances et l'IA donne une probabilité approximative (en fonctions des périmètres) que telle ou telle transaction va monter ou descendre engendrant par la suite une vente ou un achat.
- Selon le rapport de JP Morgan cités en référence, désormais les algorithmes contrôlent les décisions clés de transactions, seuls quelques paramètres restent à définir. Comme les algorithmes de trading écrits par des humains ont tendance à devenir énormes et difficiles à manier, l'écriture automatisée d'algorithmes va finir par s'imposer afin de prendre en compte différentes contraintes, notamment réglementaires. Ce qui n'est pas vraiment une bonne nouvelle pour les traders qui se sont reconvertis dans le code.

Le paysage actuel de la finance (4/6)

- **Dans le domaine de la gestion d'actifs ou de fortune**, les enjeux auxquels doivent faire face les sociétés de gestions se sont multipliés ces dernières années et le fait d'avoir **la capacité d'extraire de l'intelligence à partir de données propres est maintenant devenu indispensable**.
- Les Robo-Advisors sont plutôt vus comme une **opportunité** pour les institutions financières 'traditionnelles', en leur permettant de s'adresser à une population qui n'avait pas accès au conseil en investissement et d'augmenter ainsi le nombre de clients par conseillers. Ainsi des **banquiers, assureurs et asset-managers ont déjà commencé à prendre ce nouveau tournant et structurent des partenariats avec des Robo-Advisors** (comme Advize, Fundshop, Yomoni, Marie Quantier ou WeSave) .
- Pour beaucoup de professionnels, comme c'est Active Asset Allocation (composée de profils spécialisés dans l'actuariat, le digital et l'allocation d'actifs) l'IA fait déjà partie du quotidien et aide entre autre pour faire un nombre maximum de simulations.
- **La Financière de l'Echiquier** (société de gestion française) **a lancé un produit sur la thématique de l'IA** via la création d'une **nouvelle solution** «actions internationales » investie dans des entreprises leaders en forte croissance qui **développent ou bénéficient de l'IA**.

Le paysage actuel de la finance (5/6)

- **Les fonctions transversales de l'entreprise** sont encore les parents pauvres de l'innovation, même s'ils sont concernés par la révolution digitale, la réalité des métiers n'a pas encore vraiment changé.
 - Cependant, les fonctions achats, finances et RH ont un potentiel de digitalisation énorme, grâce à l'IA. Nous assistons ainsi à une véritable révolution dans certains métiers comme les achats ou la comptabilité où des robots logiciels réalisent des actions pour le compte d'êtres humains.
 - Les assistants digitaux facilitent la vie des salariés en leur permettant de se consacrer à des tâches à plus forte valeur ajoutée, d'augmenter leur performance et de fait optimisent les dépenses des entreprises.
- **Dans le domaine de l'audit-conseil, La robotique et l'automatisation** sont également dans l'esprit de tous les consultants à l'heure où les clients, particulièrement dans le secteur des services financiers, cherchent à simplifier les processus et à réduire leurs coûts dans le back office.
 - Beaucoup de cabinets ont tendance à conseiller leurs clients sur des solutions d'IA sans nécessairement les maîtriser réellement, mais surtout sans avoir opéré eux-mêmes les transformations que ces technologies apportaient potentiellement à leur métier.
 - Or, les technologies d'analyse de données et d'IA ont vocation à transformer en profondeur le travail des consultants les libérant des tâches d'agrégation et d'analyse des données en particulier permettant un recentrage sur la relation avec les clients et sur les prestations à très haute valeur ajoutée.

Le paysage actuel de la finance (6/6)

- C'est l'ensemble des métiers des prestations intellectuelles qui sont impactés par l'IA et le ML que ce soit dans les domaines du droit, du conseil.
- Cette situation exige une complémentarité de compétence souvent absente chez les acteurs traditionnels. Cela nécessitera alors de remettre en cause toutes les façons de faire et d'inventer les prestations qui sont en phase avec les réalités nouvelles du 21ème siècle.
- Le Chartered Financial Analyst (CFA) Institute a dévoilé le nouveau programme de préparation au CFA que les candidats allant se présenter aux examens de juin et décembre 2019 auront la Fintech et le Machine Learning comme figurant parmi les nouveaux sujets traités. Le but est que l'intégration des nouvelles connaissances dans les programmes sur des sujets émergents tels que la Fintech et le Machine Learning garantisse que les candidats sont préparés, non seulement à travailler dans ce secteur, mais également à le faire évoluer.

Plan de la présentation

1. Quelques terminologies
2. Le paysage actuel de la finance
3. Les enjeux avec les TNDs
4. Quels types de recherche faire et comment?
5. Conclusions

Les enjeux avec les TNDs (1/10)

- Bien que ce n'est pas l'objet de cette présentation, il est important de remarquer que **beaucoup des choses que nous voyons ou entreprenons maintenant sont des héritages lourds des crises financières de 2007-2008.**
- **Par exemple les régulations financières renforcées actuelles** ont été prises pour éviter la répétition ou l'apparition d'autres crises similaires.
- **Les apparitions de certains acteurs comme les FinTechs** sont aussi les conséquences de ses crises.
- Mais **d'autres problèmes** (comme les taux bas et négatifs imposés par la Banque Centrale Européenne pour maintenir artificiellement en vie le système financier Européen) **ne sont pas toujours résolus et constituent de nouveaux de points de fragilisations**, d'où une nouvelle crise peut survenir et **avec** une magnitude probablement beaucoup plus large du fait **des risques qu'engendrent les TNDs** et dont on reviendra ci-dessous.

Les enjeux avec les TNDs (2/10)

- **Les enjeux associés aux TNDs sont vastes** et on peut adopter divers points de vue selon de celui ou celle qui analyse.
- Un **ingénieur** peut par exemple ne s'intéresser que sur l'aspect technique ou technologique.
- Le monde du **business** ou de l'**industrie** se focalise surtout sur les cas d'usages des TNDs et qui avant tout devraient drainer des profits juteux.
- L'**économiste** (resp. le **sociologue**) est tout naturellement intéressé à comprendre les enjeux des TNDs sur l'économie et la société.
- Un **quant** dans une FinTech, durable ou disruptive, est interpellé par l'adéquation d'une approche algorithmique pour ses problématiques propres d'investissement.
- Tandis que le **spécialiste en ML** est plutôt soucieux d'affiner les outils existants ou d'en créer d'autres répondants à des demandes venant de quelque part.
- Un **mathématicien** en association ou en indépendamment de spécialistes de ML peut plutôt être intéressé à analyser le bien fondé théorique d'un algorithme émanant de l'IA.

Les enjeux avec les TNDs (3/10)

- Pour la commodité ici nous allons rapidement parcourir quelques cas d'usages que l'on fait de l'IA et du ML en Finance.
- Il y en a beaucoup de cas d'usages et encore d'autres sont à créer au fur et à mesure que les TNDs évoluent. **Le point fondamental est que le financier essaie toujours de monétiser tout ce qu'il a en disposition.** Un événement particulier à venir peut être une source de création d'un support d'investissement. Les risques financiers de toute sorte qui existent ont donné lieu à des produits dérivés financiers dont on peut s'en servir pour gérer des risques mais aussi de support d'investissement.
- Parmi les nombreux **cas d'usages** des TNDs en Finance on peut en citer quatre principales utilisations:
 - envers les **clients**
 - pour des **opérations** de marché
 - dans le cadre du **trading** et de la **gestion** de portefeuille
 - dans le cadre de la **régulation** : conformité et supervision

Les enjeux avec les TNDs (4/10)

- L'IA et le ML sont appliqués dans les front-offices des institutions financières.
 - Les données du client nourrissent les algorithmes pour **évaluer la qualité du crédit** et en conséquence pour **valoriser les contrats** de prêts.
 - Ces données peuvent aussi aider pour **évaluer les risques pour les ventes** et tarifications des contrats d'assurances.
 - Les **interactions avec les clients** se font de plus en plus de manière croissante **avec les assistants virtuels** (ou chatbots) avec des programmes qui interagissent en langage naturel avec les clients.
- Les institutions financières utilisent l'IA et le ML pour diverses opérations:
 - **L'optimisation du capital**, qui est l'opération traditionnelle que la banque doit faire et qui nécessite à la fois d'approches mathématiques très poussées et qui consomme du temps et de capacité énorme de calculs.
 - **La gestion de risque de modèle** (back-testing et validation de modèle). En effet les praticiens considèrent maintenant que l'IA et le ML ont apporté de notables progrès pour le **back-testing** et le **stress-testing**. Dans les deux cas à la fois les approches SL et UL sont utilisés.
 - **L'analyse d'impact de marché** (dont modélisation des trading de larges positions) peut être améliorée largement avec l'IA et le ML qu'avec les moyens traditionnels. C'est ainsi que l'on développe de robots tradeurs qui permettent de comprendre à réagir aux évolutions des marchés.

Les enjeux avec les TNDs (5/10)

- L'AI et le ML constituent dorénavant des domaines actifs de recherche pour les gestionnaires d'actifs et les entreprises de trading. Ces approches ML sont utilisées par certaines firmes (entre autre JP Morgan) pour échauder le plan de trading et surtout pour explorer des stratégies d'investissement, qui peuvent être autonomes ou nécessitant une intervention humaine.
- Du côté vente, les firmes de trading explorent l'IA et le ML pour affiner leur capacité à vendre aux clients. Par exemple l'analyse des comportements de trading passés peut aider à anticiper le prochain ordre du client. Aussi l'IA et le ML peuvent aider à gérer les expositions de manière pro-active.
- Du côté achat, dans la gestion de portefeuille, l'IA et le ML constituent des outils permettant d'identifier de nouveaux signaux de mouvements de prix et d'être plus efficace face à une quantité énorme de données par rapport aux modèles courants. L'IA et le ML sont utilisés avec le même principe que l'analyse technique classique.

Les enjeux avec les TNDs (6/10)

- L'AI et le ML sont maintenant utilisés par les institutions de régulations et les autorités de supervision les contrôles de conformités. Du côté vente, les firmes de trading explorent l'IA et le ML pour affiner leur capacité à vendre aux clients. Par exemple l'analyse des comportements de trading passés peut aider à anticiper le prochain ordre du client. Aussi l'IA et le ML peuvent aider à gérer les expositions de manière pro-active.
- La RegTech est vue comme un sous ensemble des FinTech focalisé sur le contrôle de conformité et considéré comme plus efficaces que le moyens disponibles jusqu'ici. En effet du fait que les données non structurées combinées avec les paroles peuvent être traitées alors on arrive à mieux appliquer la politique de surveillance.
- La SupTech est aussi l'utilisation de l'IA et du ML par les régulateurs publics et les superviseurs pour améliorer la surveillance macro-prudentielle en automatisant les analyses macro-prudentielles et l'assurance des qualités des données. En effet une série d'exigences de nouveaux reporting à travers les juridictions ont amené un grand volume et fréquence élevée de données à rapporter et, aussi une grande ressource exigée aux institutions financières devrait être traitée dans un temps raisonnable.

Les enjeux avec les TNDs (7/10)

- Que l'IA et les MLs contribuent, à présent et à l'avenir, au fonctionnement du monde de la Finance est un fait incontestable. Mais en contrepartie il y a des problématiques sous-jacentes dont entre autres les implications pour la stabilité financière.
- Les effets de réseaux et d'évolutivité des TNDs peuvent engendrer de risques systémiques (de nouveau genre) puisque les institutions financières dont les FinTechs sont désormais fortement dépendantes d'un nombre restreint de très grandes entreprises technologiques qui sont probablement menacées de disruption importante ou d'insolvabilité.
- D'autre part il y a aussi le fait que certaines d'entreprises technologiques, ou TechFins, offrent aussi des services financiers soit à des institutions financières ou directement à des clients de détails. Cependant ses entreprises ne rentrent pas dans le périmètre des régulations initialement élaborées pour les institutions financières.
- On doit aussi pointer que les difficultés d'interprétation et d'audit pour les algorithmes utilisés dans l'IA et le ML sont potentiellement des sources de risque si le superviseur n'est pas en mesure de contrôler.
- Mais en liaison avec les algorithmes il y a aussi l'opacité des modèles et qui peuvent donner des conséquences inattendues.

Les enjeux avec les TNDs (8/10)

- Il ne faut pas non plus oublier d'autres problématiques liées à la privacité des données et à la Cybersécurité.
- **Les mutations liés aux TNDs amènent aussi à remettre en question l'enseignement/formation et la recherche.**
 - Les programmes d'enseignements pratiqués encore actuellement en école de commerce ou d'ingénieur sur les gestions de portefeuille se basent encore sur l'approche de portefeuille de Markowitz ou le CAPM (Capital Asset Pricing Model). Alors que l'élève dans son métier serait plutôt confronté à la **gestion de portefeuille avec du ML**. D'autre part il y a aussi le fait que les FinTechs TechFins, offrent de services financiers soit à des institutions financières ou à des clients de détails. Cependant **les supports académiques classiques** élaborés essentiellement pour les institutions classiques **ne sont pas appropriés pour les FinTech et TechFin**.
 - Bien que le fondamental de ce que c'est **un produit dérivé reste**, il faudrait maintenant tenir compte que l'analyse de la gestion et couverture peut se faire dorénavant dans le **cadre d'utilisation du ML**. Des contributions récentes académiques proposent maintenant d'analyser la tarification sous une approche de ML. Aussi il est possible que l'on aurait affaire à des **contrats intelligents** passant par le cadre d'une blockchain.

Les enjeux avec les TNDs (9/10)

- Enfin pour terminer avec les enjeux liés aux TNDs, nous reprenons quelques idées venant de certaines analystes comme la mathématicienne, informaticienne, activiste **Cathy O'Neil** et le philosophe **Eric Sadin**.
- **Selon Cathy O'Neil, les algorithmes sont devenus des Armes de Destruction Mathématique** qui se développent grâce à l'ultra-connexion et leur puissance de calcul exponentielle.
- **L'industrie des données dérive** de manière croissante **favorise des inégalités et continue d'échapper à tout contrôle**. **Les formules mathématiques décident à notre place dans divers domaines**: emploi, éducation, politique, et habitudes de consommation.
- **Selon Eric Sadin, l'IA vient parachever l'ambition des grands acteurs du capitalisme numérique de s'infiltrer dans chaque interstice de notre vie privée pour y trouver de nouvelles sources de profit**, en transformant l'intégralité de nos vies en données et d'en tirer profit à chaque instant.

Les enjeux avec les TNDs (10/10)

- **L'IA s'offre une formidable machinerie à générer continuellement des profits et à instaurer des modes d'organisation hautement rationalisés.**
- L'IA permet de continuellement susciter des opérations marchandes : suggérer des produits ou services supposés appropriés en fonction de l'analyse évolutive des états physiologiques, voire psychologiques.
- Le monde de la recherche a basculé du côté de l'industrie, du marché de sorte que **la technique, en tant que champ relativement autonome, n'existe plus. Seul demeure le techno-économique.**
- Ainsi à travers les analyses des enjeux ci-dessus, il apparaît que **nous ne devrions plus être indifférents avec l'IA ou le ML dans le cadre d'une partie de notre activité de recherche.** Il y a à la fois des défis et opportunités à étudier.

Plan de la présentation

1. Quelques terminologies
2. Le paysage actuel de la finance
3. Les enjeux avec les TNDs
4. Quels types de recherches faire et comment?
5. Conclusions

Quels types de recherche faire et comment ? (1/9)

- Nous sommes ainsi confrontés au cadre (imposé ou voulu) de l'augmentation avec l'IA. C'est que **les TNDs nous permettent de disposer de puissances augmentées**, à travers les traitements et analyses rapides d'informations, profondes et permettant de prises de décision plus efficaces.
- Mais derrière les changements avec les TNDs, on voit apparaître une grande variété de problématiques de toute sorte: économique, sociétale, éthique, morale, formation, etc.
- Ainsi **nous sommes amenés à nous questionner sur les changements à entreprendre à la fois sur les manières et types de recherches académiques à entreprendre** en Sciences de Gestion, Economie et en Ingénierie.
- **Cette présentation est forcément limitée** car nous nous sommes appuyés sur nos vécus en Finance quantitative. **Néanmoins nous allons essayer de dégager des idées génériques** afin que chacun puisse en faire une projection dans le cadre qui lui concerne tout particulièrement.

Quels types de recherche faire et comment ? (2/9)

- **Un point**, qui n'est pas un scoop, mais utile **est qu'il y a les problématiques anciennes qui sont toujours là et dont on ne dispose que des solutions partielles permettant tout au moins de fonctionner** (par exemple aux optimisations, formules de valorisations des produits dérivés, etc). De temps à autre on devrait y penser et éventuellement apporter des révisions ou améliorations, du fait qu'une résolution complète et définitive d'un problème fondamental peut éclairer ou faire avancer les connaissances ou même révolutionner les exploitations futures pratiques ou théoriques. Les modèles de BD et ML n'ont rien de révolutionnaire que par les cas d'usages pratiques et théoriques.
- **Mais les évolutions de société** et marché (crises financières, régulations accrues, émergence croissante et rapide des TNDs etc) **engendrent de nouvelles problématiques qu'il convient d'apporter des solutions**. Tout naturellement se pose **la question d'arbitrer entre s'investir sur les problématiques anciennes et sur celles qui relèvent des actualités**.
- **Il y a au moins trois directions possibles de recherche** qui s'offrent à nous.

Quels types de recherche faire et comment ? (3/9)

Ou bien

- 1) **on adopte la politique de l'autruche** et on va à tête baissée et rester toujours avec les thèmes dont on est familier éventuellement depuis la thèse). Ou bien
- 2) **on conserve plus ou moins les thèmes dont on en est familier mais on essaie d'incorporer des approches venant des TNDs**, en espérant soit mieux performer par rapport à l'utilisation d'une approche méthodologique classique (par exemple en prenant en compte les effets de non-linéarités), soit parvenir à pointer la limite des techniques innovantes (que la complexité n'apporte pas réellement d'améliorations notables). Ou bien
- 3) **on s'investit sur des problématiques nouvelles liées directement avec les TNDs.**

Pour ce troisième cas, il y a au moins cinq possibilités. Soit que

Quels types de recherche faire et comment ? (4/9)

1. **On peut se placer dans la direction des interrogations autour des impacts des nouvelles technologies** (sur les organisations sociales, les politiques, sur l'économie, sur les transformations du travail et de la valeur, sur des problèmes éthiques et juridictionnelles, sur les opacités des algorithmes et des modèles, etc).
2. **On peut accompagner des cas d'usages pratiques**, car les approches académiques exploitables pour les institutions classiques ne sont pas toujours appropriées pour les nouveaux arrivants FinTech disruptives et TechFins. Il y a donc un gisement de problèmes qualitatifs et quantitatifs à creuser dans cette direction.
3. **On peut exploiter des problèmes quantitatifs relevant d'utilité pratique** immédiate en se basant sur des techniques de ML (calibration, gestion de risques, etc). **Ces problèmes relèvent des techniques d'ingénierie** mais sont rattachés à des situations de marché ou à un contexte économique bien défini.
4. **On peut aussi explorer des approches conceptuelles nouvelles s'inspirant et se basant sur les concepts liés au ML** (Deep Portfolio, tarification basée sur le RL, mesures de risques ultra-rapides, etc). Il s'agit de contourner ou remplacer des approches classiques restrictives.

Quels types de recherche faire et comment ? (5/9)

5. On peut s'investir sur des aspects théoriques permettant d'améliorer ou mieux contrôler des approches algorithmiques.
 - A part la Finance de marché, dans d'autres domaines il y a aussi un gisement de problématiques faisant appel à soit d'utilisations directes des IA et ML ou soit de s'inspirer des concepts associés.
 - Par exemple en Finance d'entreprise, le ML devrait mieux approcher des problèmes relatifs aux options réelles. Mais à part le côté purement techniques on peut aussi penser qu'il y a des problématiques à étudier par exemple dans le cadre des Corporate Socially Responsable (CSR) en prenant compte les existences et impacts des TNDs sur la société.
 - Le Marketing quantitatif est un domaine où les TNDs sont évidemment reconnues comme incontournables car offrant de perspectives plus efficaces qu'avec les approches économétriques classiques.

Quels types de recherche faire et comment ? (6/9)

- La recherche en Economie profite aussi largement des **TNDs en tant qu'outils** pour approcher les relations complexes et adaptatives qu'elle étudie. Mais les **implications des TNDs** dans la société constituent aussi **des objets d'études** pour la recherche en économie.
- Les cas d'usage eux-mêmes engendrent des problématiques de recherche de tout ordre: technique/technologique, organisationnel, scientifique et/ou conceptuel, éthique, philosophique, etc. Nous ne sommes qu'au début puisque des cas d'usages sont encore à venir et de manière de plus en plus croissante.
- L'analyse des aspects éthique, morale, devrait mobiliser plusieurs potentiels (pas seulement sociologique mais tout aussi bien technique).
- Les TNDs engendrent de vastes opportunités pour la recherche mais évidemment cela se fait au prix des efforts de les comprendre et utiliser.

Quels types de recherche faire et comment ? (7/9)

- Face aux grandes directions de recherche et aux opportunités qu'offrent les TNDs mentionnées ci-dessus, il se pose alors la question de comment s'y prendre?
- C'est à chacun, en son âme et conscience, de se déterminer.
- Pour nous, à l'image de la gestion de portefeuille comme en Finance, la réponse est tout simplement de diversifier les directions de recherche à entreprendre.
- Ainsi il est utile de laisser un peu de place pour des problématiques anciennes toujours considérées comme importantes. Ensuite il ne faut pas abandonner les thématiques de recherche dont on est assez fonctionnel jusqu'ici. Mais nous préconisons aussi de donner une place assez conséquente sur une direction de Recherche Jointe liée aux TNDs. Les poids sont à fixer suivant un bon sens de gestion.

Quels types de recherche faire et comment ? (8/9)

- **La Recherche Jointe (RJ) est surtout bénéfique, si elle est faite dans un cadre d'équipe formée par de personnes venues de diverses disciplines.**
- Une thématique de recherche menée dans un cadre multidisciplinaire a nécessairement un impact plus fort et crédible par rapport à celle menée dans un cadre d'une équipe mono-disciplinaire constituée de personnes formées uniquement dans un domaine de connaissances données.
- Un chercheur venant de l'Ingénierie est généralement rivé autour des aspects techniques/technologiques et oublie les autres dimensions (économiques, sociales, environnementales, humaines) attachées à sa thématique de recherche.
- Un chercheur venant de la Gestion/Economie est souvent disposé à cerner des enjeux non-techniques (économiques, sociaux, etc), mais va être très vite limité à comprendre les offres technologiques et concepts associés qui ne cessent de croître à la fois en diversité et en complexité.

Quels types de recherche faire et comment ? (9/9)

- **Les offres de solutions technologiques, à l'ère des TNDs, sont de plus en plus sophistiquées et devraient intégrées à la fois plusieurs dimensions** (liaisons entre différentes technologies, point de vue des utilisateurs, considérations économiques, environnementales, sociales, etc) **et par conséquent engendrent des thématiques de recherche relevant d'un cadre multidisciplinaire.**
- **Un chercheur isolé** (venant d'une école d'Ingénieur ou d'une école de Commerce) **ne réunit pas toutes les connaissances et/ou compétences** qu'il faudrait. **Aussi une petite équipe peut ne pas disposer d'outils technologiques** (par exemple pour le DL) pour mener convenablement la recherche.
- **Seules les recherches sur des aspects théoriques ou fondamentaux qui restent probablement (et heureusement) à portée d'un individu ou d'une équipe mono-disciplinaire.**

Plan de la présentation

1. Quelques terminologies
2. Le paysage actuel de la finance
3. Les enjeux avec les TNDs
4. Quels types de recherche faire et comment?
5. Conclusions

Conclusion (1/8)

- Nous avons montré (particulièrement pour la Finance de marché) que **les TNDs induisent de changements profonds** sur les **activités** des entreprises et tout aussi bien sur les **organisations sociales** et même pour les **conditions humaines**.
- **Les chercheurs** que nous sommes, qu'importe notre domaine de recherche, **ne peuvent plus ignorer et ne pas se frotter de près ou de loin avec les TNDs, du moins pour trois raisons**.
 - 1) soit **tout simplement** nous allons **être dépassés par les événements**; pas crédibles envers les élèves qui sont amenés à collaborer avec les machines, thèmes de recherches de moindre intérêt vis-à-vis des besoins de la société
 - 2) il y a une **infinité d'opportunités de recherche qu'engendre les TNDs** et qu'il convient d'explorer
 - 3) nous avons le **devoir moral de s'engager à lutter contre les dérives des TNDs** (du moins par nos analyses et propositions de solutions techniques et/ou organisationnelle) et **qui contribuent de manière sournoise à déstructurer les conditions humaines et de vie sur terre**

Conclusion (2/8)

- Nous avons mentionné que pour notre démarche de recherche, à part la **politique de l'autruche** nous pouvons conserver plus ou moins les thèmes dont on en est tout en **incorporer des approches venant de nouvelles technologies et des données**. Mais il y a aussi l'option de **s'investir sur des problématiques nouvelles liées aux TNDs**.
- Pour le dernier cas, il y a au moins cinq possibilités:
 - **analyse des impacts des TNDs,**
 - **analyse et/ou accompagnement des cas d'usages pratiques,**
 - **exploitation des concepts venant des TNDs pour aborder des problèmes quantitatifs classiques,**
 - **exploration de nouvelles notions en s'inspirant des concepts liés aux TNDs ,**
 - **approfondissement des aspects conceptuels et fondements théoriques**
- **Il y a donc un gisement énorme de recherches à mener autour des TNDs.**

Conclusion (3/8)

- **Face aux défis de toute sorte** (transformation de la société par les TNDs, concurrence internationale ou nationale, image de marque à conserver) **il est vital** (à la fois pour chacun d'entre nous et pour l'INSEEC U même) **de constituer un Groupe de Travail et de Recherche Jointe (GTRJ) entre écoles et entre disciplines.**
- Ce GTRJ peut par exemple se fixer trois missions :
 - **Surveillance ou observation des utilisations des TNDs dans les recherches et aussi participer à la formation** des enseignants et des élèves.
 - **Collaboration autour des recherches académiques utilisant les TNDs** mais reposant sur des problématiques de grande envergure.
 - **Encadrement d'élèves en projets, mémoires, thèses interdisciplinaires** (écoles de commerce, école d'ingénieurs majeurs finance, énergie, système d'information, santé, etc) voulant collaborer autour d'un thème en réponse à des questionnements ou soit autour d'une construction de cas d'usages.

Conclusion (4/8)

- Dans le GTRJ proposé ci-dessus on s'attend à avoir une diversité des talents venant de divers domaines qui sont prêts à apporter leur expertise pour l'avancement de l'intérêt du groupe et qui devront aussi s'attendre en retour de bénéficier du coup de main de l'expertise du groupe.
- Ceux qui sont à l'aise avec les techniques peuvent éclairer les autres à comprendre les technologies, qui à leur tour peuvent aider les premiers à voir clair sur les enjeux économiques ou problématiques sous-jacentes de société.
- Tous les membres du groupe peuvent par exemple décortiquer ensemble des articles qui sont susceptibles d'être bénéfiques à la fois pour les connaissances et avancements en recherche de chacun.
- Tous les membres du groupe peuvent travailler ensemble sur de publications jointes à forte portée multidisciplinaire et qui ne seraient pas réalisables individuellement ou par quelques individus relevant d'un même domaine d'expertise.

Conclusion (5/8)

- S'appuyer sur les élèves dans le cadre de **GTRJ** peut être bénéfique. Les élèves ne méritent pas seulement qu'on leur sensibilise sur les mécanismes et enjeux des TNDs, mais ils ont aussi besoin de toucher réellement aux coding et algorithmes.
- Il est souhaitable que le groupe INSEEC U et les écoles réfléchissent à se doter de machine(s) puissante(s) permettant de faire réellement du Deep Learning (DL) en phase avec les TNDs qui avancent à grand pas. Le DL est par exemple utile pour des problèmes de valorisations, de gestions de risques, des problématiques computationnelles économiques, etc.
- Pour bénéficier du **Big Data Analytic** on a besoin non seulement des données mais il faut aussi de matériels ou à la rigueur un accès au cloud computing. Avoir réellement manipulé le DL peut contribuer à améliorer l'embauche de certains de nos élèves dans les entreprises.

Conclusion (6/8)

- Les différences de cultures entre écoles et/ou même entre disciplines de recherche (Finance, Marketing, Economies, etc) rendent les dialogues entre nous tous difficiles.
- **Mais face aux défis et avantages liés aux TNDs nous n'avons pas beaucoup de choix que d'apprendre à dialoguer et surtout coopérer ensemble.** D'ailleurs les disruptions sont assez souvent les résultats de collaborations entre gens venant de diverses disciplines.
- **Un chercheur venant d'Ecole de Commerce** est souvent effrayé et a même **tendance à écarter les aspects quantitatifs autant que se peut.** Pire que ça, les TNDs et les prédominances des Algorithmes, avec les aspects mathématiques sous-jacents, n'arrangent rien à sa situation.

Conclusion (7/8)

- D'un autre côté **un chercheur en Ecole d'Ingénieur** est trop accaparé par le côté technique et **n'arrive pas à écouter les propos de son collaborateur de l'Ecole de Commerce** (qu'il trouve comme de l'enfumage). D'autant plus il a des difficultés à expliquer sous forme intelligible, moins techniquement dédiée, les aspects et enjeux de sa recherche.
- Il est souhaitable **que chacun d'entre nous fasse un peu d'effort pour explorer des thèmes de recherche fédérateurs ayant plus d'impacts réels** qu'au lieu de se contenter d'exploiter seulement notre voie entreprise jusqu'à alors.

Conclusion (8/8)

- Certes avec quelques idées et explorations de données (à l'aide de modèles économétriques standards) on peut éventuellement se faire accepter dans un journal avec un bon impact facteur. **Un papier joint avec une forte teneur d'interdisciplinarité devrait avoir plus d'impact non seulement académique mais surtout une implication managériale intéressante.** C'est ensemble que l'on peut aborder avec efficacité des problèmes éthiques liées aux TNDs.
- Nous espérons **que cette présentation ne reste pas seulement dans le cadre d'un discours** réconfortant ou dérangeant. L'enjeu est de renforcer les complémentarités et de rapprocher ce qui se fait de meilleur en termes d'enseignement de recherche dans les domaines du business et de la technologie. Pour cela, **les efforts et actions réelles de chacun comptent.**

Merci pour votre attention

yves.rakotondratsimba@ece.fr
jae-yun.jun-kim@ece.fr

<https://bit.ly/2VF0zBm>