

LE MAGAZINE DE TOULOUSE SCHOOL OF ECONOMICS

TSE MAG

Vivre l'économie

#19
ÉTÉ
2019

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Une nouvelle ère

Grand débat
à TSE, trois soirées
d'échange
avec le public

⋮ Marc Fontaine d'Airbus
⋮ sur l'importance
⋮ des données pour
⋮ l'industrie aéronautique

⋮ Christian Gollier sur
⋮ le réchauffement
⋮ climatique et son
⋮ nouveau livre

⋮ Google rend
⋮ visite aux étudiants
⋮ de TSE

Chers amis,

En réaction au mouvement social des gilets jaunes, le Président français Emmanuel Macron a lancé ce printemps un Grand Débat National. Deux mois de débats et d'assemblées publics qui pouvaient être organisés par tous, partout dans le pays.

Lorsque j'ai entendu l'annonce de ce Grand Débat, j'ai eu la ferme conviction que TSE avait le devoir de s'impliquer. En tant qu'économistes universitaires, nous avons deux missions principales : approfondir la recherche visant à améliorer notre compréhension de l'économie et transmettre nos connaissances aux générations futures par le biais des cours que nous donnons à nos étudiants. Mais il y a aussi un troisième objectif fondamental que nous avons tendance à négliger : échanger avec le grand public et participer au débat public afin de partager nos connaissances.

Nous avons donc organisé trois soirées Grand Débat consacrées aux échanges avec les enseignants de TSE sur le changement climatique, l'alimentation, l'éducation, l'immigration, la fiscalité et les inégalités. Nos collègues Emmanuelle Auriol, Zohra Bouamra-Mechemache, Frédéric Cherbonnier, Paul Seabright, Nicolas Werquin et moi-même avons donné de brèves conférences sur nos travaux de recherche et échangé avec le public sur les solutions possibles aux problèmes auxquels notre pays fait face.

Ces trois soirées ont été très productives ; de nombreuses idées constructives y ont été co-imaginées, et j'ai été sincèrement impressionné par le niveau élevé de réflexion et d'efforts de toutes les personnes impliquées, qu'il s'agisse des professeurs, des étudiants ou du public. Nous avons veillé à transmettre l'intégralité de ces échanges au gouvernement français via le site internet participatif du Grand Débat, et nous prévoyons d'organiser régulièrement une série de débats similaires dans notre nouveau bâtiment, à partir de 2020.

L'une des questions discutées lors de nos soirées Grand Débat était l'impact des nouvelles technologies sur l'emploi, les inégalités et la société dans son ensemble. Nous vivons une transformation massive de notre société, alors que l'intelligence artificielle devient de plus en plus puissante. Cette révolution de l'intelligence artificielle est le point central de ce TSE Mag, qui présente les dernières recherches du centre numérique de TSE sur le sujet, ainsi que les commentaires de Daron Acemoglu du MIT et de Susan Athey de Stanford, spécialistes des problématiques liées à l'intelligence artificielle.

Je vous souhaite une agréable et intéressante lecture, meilleures salutations à tous,

Christian Gollier, Directeur de TSE



Christian Gollier

Nous vivons une transformation massive de notre société, alors que l'intelligence artificielle devient de plus en plus puissante

News & events

4 -5 Prix et nominations

Prochains événements

6-7 Le climat après la fin du mois

Christian Gollier

9 Transition écologique

Christian Gollier
Zohra Bouamra Mechemache



Zohra Bouamra-Mechemache



Emmanuelle Auriol



Nicolas Werquin

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE Une nouvelle ère

- 14 Les robots remplaceront-ils nos emplois ?
- 16 Impact de l'IA
- 18 Réglementation de l'IA
- 20 L'apprentissage automatique et la justice
- 22 Machine learning et économie

Grand Débat à TSE

10 Services publics et citoyenneté

Emmanuelle Auriol
Paul Seabright

11 Fiscalité et dépenses publiques

Frédéric Cherbonnier
Nicolas Werquin

Décideurs

24 Quels sont les objectifs du TSE Digital Center ?

Yassine Lefouili sur l'économie numérique

26 L'agilité est le défi de demain

Marc Fontaine d'Airbus au sujet de l'évolution du secteur de l'aviation

Campus

28 Préparer les élèves aux défis environnementaux d'aujourd'hui

30 Google en visite à TSE

Magazine trimestriel de Toulouse School of Economics
21, allée de Brienne - 31015 Toulouse Cedex 6 - FRANCE - Tél. : +33 (0) 5 67 73 27 68

Directeur de la publication : Christian Gollier - Directeur de la rédaction : Joël Echevarria
Rédactrice en Chef : Jennifer Stephenson - Responsable de Production : Jean-Baptiste Grossetti
Avec l'aide de : Claire Navarro - James Nash
Conception graphique et rédaction : Yapak
Crédits photos : @studiotchiz @fotolia @istock @unsplash
Imprimé sur papier offset issu de forêts gérées durablement. n° ISSN 2554-3253.



Ce magazine a bénéficié d'une aide de l'État gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du programme d'Investissements d'Avenir portant la référence ANR-17-EURE-0010

Actualités & événements

The Deaton Review : Jean Tirole participe à une nouvelle étude sur les inégalités au XXI^e siècle

L'Institute for Fiscal Studies (premier institut de recherche microéconomique indépendant du Royaume-Uni) lance un examen quinquennal des inégalités, avec la participation de Jean Tirole (président honoraire de la TSE) ainsi que de nombreux experts dans différents domaines scientifiques qui élaboreront des propositions pour des réponses politiques plus efficaces aux différents types d'inégalités.

Prix du meilleur article décerné à Andrew Rhodes

Le chercheur de TSE-UT1C a reçu le prix Robert J. Lanzillotti pour le meilleur article en économie de la concurrence pour son article "Multiproduct Mergers and Quality Competition" (en collaboration avec Justin Johnson, Cornell) à la conférence annuelle de l'Industrial Organization Society à Boston.



2018 Banque de France - Les lauréats du Prix TSE dévoilés

Lors d'une conférence spéciale, qui s'est tenue le jeudi 14 mars sous la présidence de François Villeroy de Galhau, gouverneur de la Banque de France, et de Jean Tirole, président d'honneur de Toulouse School of Economics, les Prix 2018 d'économie monétaire et financière ont été remis à Michael Woodford (Université Columbia), Victoria Vanasco (CREI) et Yuriy Gorodnichenko (Université de Berkeley).

Fabrice Collard (TSE - CNRS) reçoit le prix Maurice Allais 2019

Fabrice Collard, Michel Habib (Université de Zurich) et Jean-Charles Rochet (Université de Genève) ont reçu le prix Maurice Allais 2019 pour leur article « Sovereign Debt Sustainability in Advanced Economies ». Ce travail fournit notamment une formule qui permet d'évaluer le ratio maximum dette/PIB soutenable par un pays, mais également de calculer une probabilité théorique de défaut pour chaque pays.



Prochains événements

tse-fr.eu/events

9 AU
12 JUILLET
2019

useR ! 2019

5-6
SEPTEMBRE
2019

Les nouveaux défis
de l'assurance

9
SEPTEMBRE
2019

La conférence 2019 du
réseau académique PRI

26-27
NOVEMBRE
2019

Conférence européenne de
la société pour l'analyse
cout-bénéfice (SBCA)

Jacques Crémer a participé à un rapport sur la concurrence



En mars 2018, la Commission européenne a nommé Jacques Crémer (TSE - CNRS), Yves-Alexandre de Montjoye (Imperial College London) et Heike Schweitzer (Université Humboldt de Berlin) comme conseillers spéciaux auprès de la

Commissaire Margrethe Vestager sur les défis futurs de la numérisation pour la politique en matière de concurrence. Un an plus tard, les trois conseillers spéciaux ont présenté un rapport sur la manière dont la régulation de concurrence devrait être adaptée à l'ère numérique. Jacques Crémer a discuté du rapport avec TSE Mag.



Quels sont les objectifs de ce rapport ?

L'objectif principal est de proposer des lignes directrices pour l'évolution de la politique de concurrence à l'ère numérique au cours des prochaines années. Nous soulignons que l'économie de l'ère numérique est très différente de l'économie pour laquelle la politique de concurrence a été conçue et que, même si les objectifs de la réglementation de la concurrence doivent rester les mêmes, les outils doivent être adaptés.

Comment adapter ces outils ?

Le rapport se compose de quatre chapitres principaux présentant différentes questions et détaillant plusieurs propositions. Le premier est consacré aux outils de la politique de concurrence, le second au traitement des plateformes, le troisième au traitement des données et le dernier chapitre aux fusions et à ce que l'on appelle les

« acquisitions tueuses », ou « fusions tueuses », qui ont été particulièrement examinées dans la littérature récente.

Quel futur imaginez-vous pour la politique de concurrence ?

Il est constamment nécessaire de repenser la politique de concurrence. Nous entrons dans un monde que nous ne comprenons pas très bien et nous devons prendre des décisions en fonction de l'évolution de ce monde, du développement des nouvelles technologies et de ce que nous apprenons.

Comment s'est déroulée la rédaction de ce rapport ?

C'était un peu intimidant au début parce que nous sommes tous les trois de disciplines différentes. Heike Schweitzer est une juriste spécialiste des questions antitrust tandis que Yves-Alexandre de Montjoye étudie la confidentialité informatique, et nous

ne nous connaissons pas avant. Je ne peux pas dire que le processus se soit toujours déroulé sans heurts, mais dans l'ensemble, tout s'est très bien passé et nous avons réussi à trouver un langage commun. Et j'ai gagné deux nouveaux amis.

Comment le Centre numérique de la Toulouse School of Economics travaille-t-il sur ces questions ?

Dans ce rapport, nous examinons comment les plateformes agissent en tant que régulateurs de leur économie. Cela s'inspire directement de la littérature récente sur les plates-formes bilatérales, y compris des nombreux travaux menés par mes collègues de TSE.



En savoir plus...

Lire le rapport sur :
ec.europa.eu/competition/information/digitisation_2018/report_en.html

CHRISTIAN GOLLIER SUR SON NOUVEAU LIVRE

Le climat après la fin du mois

Le directeur de TSE et vice-président de l'association européenne des économistes de l'environnement présente son nouveau livre, « Le climat après la fin du mois » paru aux éditions Puf et détaillant les solutions proposées par les économistes pour lutter efficacement contre le dérèglement climatique.

Pourquoi ce titre ?

Pendant 30 ans, on a bercé les citoyens en leur racontant l'utopie d'une transition énergétique heureuse, créatrice d'emplois, réduisant le prix de l'énergie, et sauvant le monde. Avec la hausse du prix de l'essence à la pompe, les gens réalisent que tout cela va leur coûter en fait très cher. Ils sont perdus, et beaucoup ne sont plus sûrs du tout de vouloir céder un peu de leur pouvoir d'achat pour contribuer à lutter contre le changement climatique. Au bout du compte, l'effet de serre nous oblige à abandonner une énergie fossile somme toute peu chère et très facile à utiliser pour nous reporter vers des énergies renouvelables beaucoup plus coûteuses et beaucoup moins faciles à utiliser tant qu'on n'aura pas de solution pour stocker l'électricité à grande échelle. Le choc de réalité est sévère. La rébellion est là. La fin du mois passe avant la fin du monde.

Quelle solution recommande le livre ?

On ne mobilise pas les peuples pour une guerre mondiale du climat sur la base de mensonges. Il faut dire la vérité, que vous et moi sommes individuellement responsables du problème. Chaque tonne de CO₂ émise va engendrer plus de mille euros de dommages dans 80 ans en moyenne. Chaque français émettant en moyenne 6 tonnes de CO₂ chaque année, on voit que chacun est responsable d'une dette climatique future qui

croît de plus de 6 000 euros annuellement. Il faut que les gens prennent conscience de cette responsabilité individuelle. Mais ne comptons pas sur leur altruisme pour que cette conscience se traduise en actes pour le climat ! Pour les forcer à agir en conséquence, les économistes recommandent d'obliger tout émetteur de CO₂ à payer la valeur présente des dommages futurs que leur comportement engendre. Ce « prix du carbone » ou cette fiscalité écologique, c'est une application du principe du pollueur-payeur que les Français ont toujours plébiscité. Mais acceptent-ils de se l'imposer à eux-mêmes ? Les sondages faits à l'issue du mouvement des gilets jaunes ne sont pas encourageants. Cette taxe n'a pourtant pas de vocation punitive. Elle constitue l'instrument idéal pour inciter les gens à tenir compte du dommage climatique que leur comportement engendre. Cela va les conduire à réduire leurs émissions. On sait qu'une augmentation du prix de l'essence de 10 % réduit la consommation de l'essence de 9 % à long terme.

Combien coûterait cette taxe carbone ?

Comme les dommages engendrés par l'émission d'une tonne aujourd'hui ne se matérialiseront pour l'essentiel que dans de nombreuses décennies, la valeur présente de ces dommages est bien inférieure aux mille euros évoqués ci-dessus.



Christian Gollier
TSE - Directeur

Si on parvenait à uniformiser ce prix du carbone à 50 euros, cela impliquerait une perte de pouvoir d'achat d'environ 300 euros par an et par personne

Globalement, les économistes du climat pensent que cette valeur actualisée se situe autour de 50 euros par tonne de CO₂. Aujourd'hui la taxe carbone est bloquée à 44 euros par tonne de CO₂, tandis que les industriels européens paient leur permis d'émission à un prix d'équilibre sur le marché des permis autour de 27 euros la tonne. Si on parvenait à uniformiser ce prix du carbone à 50 euros, cela impliquerait une perte de pouvoir d'achat d'environ 300 euros par an et par personne. Ce n'est pas rien. Mais ce prix est largement insuffisant pour atteindre l'objectif climatique que les gouvernements français se



sont tous fixés depuis 20 ans. Il est donc prévu de faire croître ce prix de 8 % par an (Rapport Quinet 2).

Appliquer directement cette taxe aurait des effets inégalitaires. Même si les plus hauts revenus vont contribuer plus parce que leurs grosses voitures et leurs grandes maisons consomment plus d'énergie, la part de leurs revenus qui sera consacrée à cette taxe sera nettement inférieure à celle des bas revenus, c'est ce qu'on appelle une taxe régressive. Il faut donc parallèlement mettre en place des systèmes de redistribution qui permettraient de compenser les plus bas revenus de cette taxe, par exemple avec des chèques verts ou avec une baisse des charges pesant sur le travail peu qualifié, financée par les revenus de cette taxe.

Cette taxe est-elle soutenue politiquement ?

En 2007, Hulot avait obtenu la quasi-unanimité des candidats à l'élection présidentielle en faveur de son plan sur le climat, qui prônait un prix élevé du carbone. Aujourd'hui, plus aucun parti, à l'exception notable de LREM, ne parle plus de taxe carbone ou de principe pollueur-payeur. C'est une catastrophe pour notre pays et

une victoire à la Pyrrhus pour les gilets jaunes. Macron a donné un pouvoir quasi décisionnel sur la politique climatique à une assemblée de 150 citoyens tirés au sort qui se réunira cet été. Je reconnais que je suis très inquiet.

Car les alternatives à la fiscalité écologique pour permettre à la France de respecter ses engagements internationaux sur le sujet ne sont pas brillantes. Les solutions autoritaires, comme l'imposition de normes antipollution automobile et thermique pour les bâtiments sont des mauvais instruments parce qu'ils incitent notamment à consommer plus (effet rebond). Si ma nouvelle voiture consomme deux fois moins qu'avant, ne vais-je pas vouloir rouler deux fois plus ? Par ailleurs, les tarifs très généreux de l'électricité photovoltaïque imposent à la société française un coût de quasiment 1 500 euros par tonne de CO₂ évitée, alors que les gilets jaunes ne sont même pas prêts à sacrifier 50 euros pour éviter d'émettre une tonne de CO₂ ! Et la note est payée par les consommateurs dans leur facture d'électricité. Dans mon livre, je multiplie ce type d'illustrations ad nauseum. Si on veut atteindre un objectif climatique donné, la solution d'un prix universel du carbone est celle qui l'atteindra

au moindre sacrifice pour les citoyens. Il garantit en effet que tous les efforts qui coûtent moins que le prix de 50 € la tonne de CO₂ seront mis en œuvre, et seulement eux. C'est simple, c'est transparent et c'est non-manipulable ! Toutes les autres solutions seront plus attentatoires au pouvoir d'achat des ménages français. Néanmoins, dans le contexte politique actuel, elles ont l'irrésistible avantage d'imposer ces coûts aux citoyens de façon cachée.

Y a-t-il d'autres alternatives ?

Ce n'est pas facile. La démocratie, c'est la dictature du présent, puisque les générations futures victimes de notre irresponsabilité n'ont pas le droit de vote aux élections actuelles. C'est d'ailleurs pour cela que certains philosophes tel Hans Jonas militent pour une dictature écologique qui imposerait aux générations présentes une décroissance de la consommation d'énergie fossile compatible avec l'intérêt commun des générations appelées à passer du temps sur notre planète. L'autre solution consisterait à jouer le destin de l'humanité aux dés, en pariant sur l'émergence de technologies vertes compétitives face à un coût d'extraction à 2 dollars le baril en Arabie Saoudite. Cela me semble extrêmement risqué. ■

Grand Débat à TSE



À la suite de l'initiative d'Emmanuel Macron d'organiser un grand débat national portant sur les questions et problèmes nationaux, les chercheurs et étudiants de TSE ont accueilli les participants intéressés pendant trois soirées pour discuter de transition écologique, fiscalité, inégalités, éducation, immigration et dépenses publiques.

Transition écologique

Lutter contre le changement climatique

Christian Gollier a présenté l'idée d'une coalition du carbone au sein de laquelle un groupe de pays accepterait de fixer un prix pour les émissions de carbone et de taxer toutes les importations en provenance de pays non-membres de la coalition. Cette solution, défendue par le prix Nobel d'économie 2018, William Nordhaus, a l'élégance d'être transparente, résistante au lobbying et, surtout, elle peut résoudre le problème du passager clandestin.



PROPOSITIONS CLÉS

- ▶ Mettre en œuvre une politique efficace pour limiter l'augmentation de la température mondiale à 2 °C
- ▶ Établir un prix global et universel du carbone d'environ 50 € par tonne de CO₂
- ▶ Organiser une coalition de pays disposés à taxer le carbone et les importations en provenance de pays non-membres
- ▶ Favoriser une baisse sélective de la croissance
- ▶ En France, éliminer toutes les subventions et exonérations cachées pour les produits émettant du CO₂

PROPOSITIONS DU PUBLIC

- ▶ Mettre en place de nouveaux indicateurs plus précis que le PIB, en tenant compte des impacts environnementaux
- ▶ Collaborer avec les organisations internationales pour intégrer le dumping environnemental dans leurs analyses
- ▶ Créer un budget européen et une banque climatique pour financer les investissements et les mesures environnementales
- ▶ Promouvoir les comportements individuels et les mesures collectives utiles dans la lutte contre le changement climatique



Alimentation et climat

Après un bref résumé de l'impact de l'alimentation sur notre climat, et en particulier la contribution des produits d'origine animale aux gaz à effet de serre, Zohra Bouamra-Mechemache a présenté ses recherches sur l'impact d'une taxe carbone sur la production de viande. Elle est en faveur d'une taxe sur le bœuf, qui aurait un impact environnemental moindre, mais qui serait moins coûteuse pour les consommateurs. Elle a également souligné que les solutions portant sur la production sont compliquées à mettre en œuvre et a fait référence à des initiatives qui auraient un impact sur la demande, comme le Lundi vert.



PROPOSITIONS CLÉS

- ▶ Sensibiliser davantage à l'importance des émissions de CO₂ provenant de l'agriculture, et en particulier de l'élevage
- ▶ Mettre l'accent sur le lien entre les impacts sur la santé et l'environnement
- ▶ Mettre en œuvre des mesures combinées pour influencer l'offre et la consommation, par le biais d'incitations à réduire la demande
- ▶ Rediriger la consommation de viande vers des produits à la fois nutritifs et respectueux de l'environnement

PROPOSITIONS DU PUBLIC

- ▶ Réduire la consommation de viande dans les cantines scolaires et autres lieux publics
- ▶ Intégrer le bien-être des animaux dans les considérations politiques
- ▶ Promouvoir une communication cohérente sur ces sujets
- ▶ Promouvoir les initiatives existantes telles que le Lundi vert
- ▶ Ne pas oublier la culture culinaire française dans les messages sur la consommation de viande
- ▶ Veiller à ce que les agriculteurs gravement touchés ne souffrent pas davantage et mettre en œuvre des mesures ciblées



Services publics et citoyenneté

Immigration : problème ou opportunité?



Emmanuelle Auriol a démontré que l'immigration est avant tout une question de mobilité économique et que la grande majorité des migrants viennent chercher du travail dans leur pays d'accueil. Elle a également souligné que les immigrants contribuent à la croissance et à l'économie de leur pays d'accueil. Le débat s'est ensuite concentré sur les problèmes que l'immigration peut poser d'un point de vue sociologique, urbain ou psychologique.



PRINCIPALES PROPOSITIONS ISSUES DU DÉBAT

- ▶ Améliorer la politique d'intégration des populations immigrées
- ▶ Mettre en œuvre des politiques urbaines inclusives qui favorisent l'intégration sociale et la diversité pour éviter les risques de communautarisme
- ▶ Repenser la planification urbaine pour améliorer l'intégration des immigrants
- ▶ Réfléchir à des solutions pour éviter de créer un problème d'immigration climatique
- ▶ Créer un véritable statut pour les réfugiés climatiques
- ▶ Mener davantage d'études sur l'impact économique de l'immigration
- ▶ Légaliser et supprimer l'immigration clandestine
- ▶ Améliorer l'organisation du marché de la migration légale
- ▶ Vendre des visas et financer des mesures plus strictes pour réduire l'emploi des immigrés clandestins
- ▶ Mettre en place un permis de travail payant qui peut être financé par les entreprises
- ▶ Saper le marché pour les contrebandiers qui favorisent les réseaux criminels
- ▶ Impliquer les entreprises et les partenaires sociaux dans les considérations politiques



L'éducation : un système à deux vitesses



Le directeur de l'IAST, Paul Seabright, a présenté de nombreuses données démontrant que le système éducatif français est inégal, inefficace, coûteux et en retard sur les normes internationales. Il a ensuite ouvert le débat sur le sujet en formulant plusieurs recommandations.

PRINCIPALES PROPOSITIONS ISSUES DU DÉBAT :

- ▶ Investir davantage dans l'éducation et la recherche
- ▶ Améliorer la formation initiale des enseignants et l'apprentissage tout au long de la vie
- ▶ Valoriser la profession d'enseignant et offrir des salaires plus attractifs
- ▶ Encourager les parents à s'impliquer davantage dans l'apprentissage de leurs enfants
- ▶ Envisager des méthodes plus participatives, par exemple en permettant aux élèves d'évaluer les leçons
- ▶ Accepter que les élèves commettent des erreurs et utiliser ces erreurs pour améliorer l'apprentissage
- ▶ Ne pas valoriser exclusivement la concurrence et l'excellence dans le système scolaire
- ▶ Essayer d'identifier les compétences spécifiques de chaque personne et les encourager à trouver leur chemin
- ▶ Améliorer le soutien à l'orientation scolaire et professionnelle des élèves
- ▶ Accepter l'évaluation des enseignants par leurs élèves et un système de tutorat



Fiscalité et dépenses publiques

Quelles taxes pour quelle France?

Frédéric Cherbonnier a expliqué comment le système fiscal français est en proie à de nombreuses niches fiscales complexes, inefficaces et coûteuses. En particulier, il a montré comment les subventions au logement augmentent les loyers plutôt que d'aider les plus défavorisés, et comment le crédit d'impôt recherche et la réduction des charges sur l'emploi semblent tous deux largement inefficaces.



PRINCIPALES PROPOSITIONS ISSUES DES DÉBATS :

- ▶ Supprimer les niches fiscales au cas par cas, en commençant par celles sur l'investissement locatif
- ▶ Réévaluer la politique d'aide au logement, en soutenant l'offre afin de supprimer progressivement la politique qui soutient la demande
- ▶ Réévaluer les aides à l'économie, en cherchant à recentrer les régimes CICE ou CIR (crédit d'impôt recherche) pour limiter les effets d'aubaine
- ▶ Augmenter les dépenses publiques pour la recherche et l'éducation

Fiscalité et inégalité



Nicolas Werquin a expliqué que les inégalités en France n'ont pas fortement augmenté ces dernières décennies, mais il a également souligné la faible mobilité intergénérationnelle de la France. En moyenne, il faut six générations pour que les défavorisés s'installent dans la classe moyenne. Il a également expliqué qu'il était trop tôt pour évaluer la récente réforme de l'impôt sur la fortune (ISF) en France.



PRINCIPALES PROPOSITIONS ISSUES DES DÉBATS :

- ▶ Investir dans l'éducation pour réduire les inégalités des chances
- ▶ Augmenter la progressivité de l'impôt sur les successions
- ▶ Réduire la concurrence fiscale entre les pays européens en harmonisant la fiscalité

A white humanoid robot is shown from a top-down perspective, standing on a light blue floor. The robot's legs and feet are visible, wearing white sneakers with black laces. The robot's torso is partially visible on the right side of the frame. The background is a solid light blue color.

INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

Une nouvelle ère

- 14 Les robots remplaceront-ils nos emplois ?
- 16 Impact de l'IA
- 18 Réglementation de l'IA
- 20 L'apprentissage automatique et la justice
- 22 Machine learning et économie

DARON ACEMOGLU SUR L'AVENIR DU TRAVAIL

Les robots prendront-ils nos emplois ?

Le prix Jean-Jacques Laffont 2018 est le dernier arrivé dans la collection de trophées de Daron Acemoglu, professeur au MIT. En reconnaissance de ses recherches sur l'économie politique, le développement et l'économie du travail, il a également reçu la médaille John Bates Clark en 2005 et le prix BBVA Frontiers of Knowledge en 2017. En visite à Toulouse en octobre, il a discuté de son travail sur l'IA avec nos étudiants.

Comment faire la distinction entre les technologies de remplacement et les technologies habilitantes ?

Au niveau théorique, les technologies d'automatisation sont des applications de l'IA qui cherchent à remplacer le travail humain tout en permettant le développement de technologies pour augmenter la productivité du travail. En réalité, bien sûr, l'automatisation et les technologies de remplacement fusionnent.

Nous devons être attentifs à la possibilité que l'IA ait des effets destructeurs sur le marché du travail. Cependant, l'IA peut aussi être propice à des salaires plus élevés et à un taux d'emploi plus élevé

Littéralement interprétée, la conception assistée par ordinateur est une technologie d'augmentation de la main-d'œuvre, car elle rend les concepteurs plus productifs. Cependant, il peut aussi avoir les mêmes caractéristiques que la technologie d'automatisation, car certaines tâches sont automatisées. Le point conceptuellement important est que les différents types de technologies ont des effets très différents. Reconnaître cette distinction

est une parade contre l'argument selon lequel l'amélioration de la productivité par la technologie sera toujours bénéfique pour le travail.

Nous devons réfléchir à l'impact de ces nouvelles technologies et comment l'augmentation de la productivité affectera le travail. L'IA, contrairement à l'automatisation des robots industriels, ne remplace pas nécessairement la main-d'œuvre. Vous pouvez l'utiliser pour créer de nouvelles tâches de travail ou augmenter la productivité, tout comme l'automatisation des robots.

L'IA entraînera-t-elle la destruction d'emplois ?

L'automatisation a déjà joué un rôle majeur dans la montée des inégalités, notamment en modifiant la structure des salaires et la structure de l'emploi. Les robots industriels en font partie, de même que les machines à commande numérique. Le logiciel a été un facteur contributif, mais probablement pas le moteur auquel les gens s'attendaient. On pourrait penser que l'IA jouera un rôle similaire, bien que je ne sois pas sûr que nous puissions prédire avec précision l'impact de l'IA.

La robotique industrielle est une technologie complexe, il existe des défis très simples que les entreprises qui tentent de

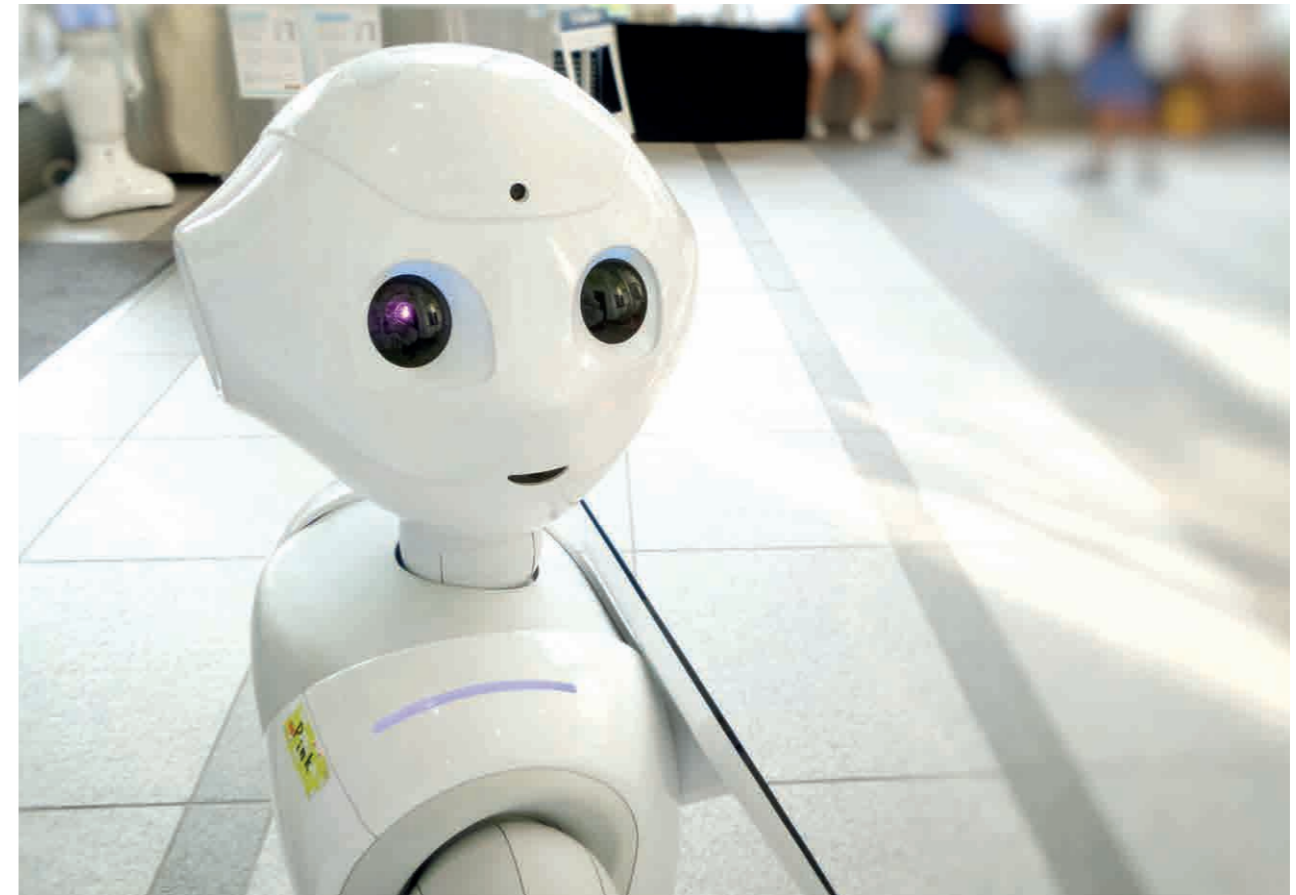


Daron Acemoglu
MIT

produire des robots tentent de surmonter. La partie logicielle n'est pas extrêmement complexe, cependant la façon dont les robots interagissent avec le monde physique est plus problématique. L'IA est une technologie beaucoup plus globale. Vous pouvez l'utiliser dans les domaines de la santé et de l'éducation de manières très différentes, en utilisant la reconnaissance vocale, de la parole et de l'image. Par conséquent, il n'est pas évident d'anticiper les développements de l'IA et quelles applications seront les plus importantes.

Comment répondre aux monopoles des plates-formes numériques ?

Nous ne sommes pas habitués à ce que les entreprises soient aussi massives et dominantes que Google, Facebook, Microsoft ou Amazon. Au début du XX^e siècle, lorsque les gens s'insurgeaient contre le pouvoir des entreprises, des monopoles, ce qui a entraîné toute une série de réformes antitrust et autres réformes politiques : en pourcentage du



PIB, ces entreprises étaient environ un quart aussi grandes que celles que nous avons aujourd'hui.

Je m'inquiète de la dominance de ces plates-formes numériques : elles façonnent l'évolution de l'IA. Leur modèle d'affaires, leurs priorités, peuvent être la meilleure façon pour l'IA de se développer. Nous sommes tout à fait au début du processus d'IA et nous devons être conscients de la possibilité que l'IA ait des effets destructeurs sur le marché du travail. Cependant, il ne s'agit pas d'une fatalité, et il existe des moyens d'utiliser l'IA qui seront plus propices à l'augmentation des salaires et de l'emploi.

La théorie de l'organisation industrielle nous désavantage énormément en ne mettant pas à jour sa réflexion sur l'antitrust et la domination du marché, avec

des effets énormes sur le cadre juridique, entre autres choses. Je ne connais pas les réponses, mais je sais que nous ne les trouverons pas en se contentant de penser : "Herfindalh[HHI] n'est pas une bonne mesure de la concurrence, donc Google pourrait tout dominer, tout va probablement très bien."

La taxation des robots est-elle une solution à ces inégalités ?

Le travail génère certainement assez de revenus pour mettre en place une taxation plus redistributive, et taxer les robots semble inutile. Toutefois, nous devrions aussi penser à l'imposition du revenu du capital de façon plus générale. Choisir les robots comme source de revenus distincte des autres types de capital-actions serait également une erreur. Si, par exemple, vous voulez que les taxes augmentent les revenus, alors les taxes foncières seront une

bien meilleure option. Cependant, il peut y avoir des raisons d'efficacité - donner les bonnes incitations aux entreprises - et des raisons d'augmenter les revenus publiques, à cause de Bill Gates et d'autres personnes, n'aident pas à dissiper cette confusion.

En termes de partage des richesses, les robots ne créent pas de nouveaux problèmes par rapport aux autres formes de capital. C'était une confusion chez Marx de penser que tout ce qui va au capital est en quelque sorte du vol. Il y a des raisons légitimes de penser qu'il y a une automatisation excessive. Et s'il y a une automatisation excessive, il y a des raisons pour taxer les robots, ou pour supprimer les nombreuses subventions aux robots. Mais c'est la discussion que nous devons avoir.

MASTERCLASSES DE JEAN-FRANÇOIS BONNEFON ET FRANÇOIS POINAS

Impact de l'IA

A l'occasion du TSE Forum Digital 2019, économistes, décideurs et acteurs de l'industrie se sont réunis pour échanger sur le sujet de l'intelligence artificielle et mieux comprendre les conséquences de ce bouleversement technologique majeur. Jean-François Bonnefon, directeur de recherche à TSE et au CNRS et François Poinas, maître de conférences à TSE et à l'Université Toulouse 1 Capitole, ont présenté deux masterclass sur la morale des machines et l'impact de l'IA sur l'emploi. Dans un second temps, Rémy Demichelis, journaliste aux Échos, a animé une table ronde sur les enjeux économiques et réglementaires de l'IA réunissant Mathieu Agogué, directeur adjoint des affaires réglementaires chez Orange, Yassine Lefouli, Directeur du Centre Digital à TSE, Étienne Pfister, chef économiste à l'autorité de la concurrence et François Soulié, conseillère scientifique à Hub France AI.

Jean-François Bonnefon
Directeur de recherche, CNRS-TSE
Quelle morale pour les machines ?

Démunie de sens moral, l'intelligence artificielle concourt pourtant à des décisions dotées d'une portée morale. Ainsi, l'étude menée par le directeur de recherche s'est intéressée aux décisions que devront prendre les futurs véhicules autonomes et leurs conséquences morales. Pour Jean-François Bonnefon, « les citoyens doivent avoir leur mot à dire dans ce débat ». La voiture devra-t-elle préférer sauver ses passagers ou les piétons, et sur quels critères doit-elle prendre ses décisions de gestion des risques ?

Il fallait inventer une nouvelle façon de faire des sciences sociales, à l'aide des outils numériques de pointe

Pour déterminer les décisions socialement préférables et leurs causes, le groupe de chercheur a conçu un site web viral permettant de récolter plus de 60 millions de choix de citoyens dans plus de 200 pays. « Il fallait inventer une nouvelle façon de faire des sciences sociales, à l'aide des

outils numériques de pointe ». Les internautes étaient invités à choisir entre deux situations d'accident combinant chacune jusqu'à neuf facteurs tels que l'âge, le sexe ou le statut social des victimes. Plusieurs tendances universelles se dégagent, avec une préférence pour sauver les humains plutôt que les animaux, le plus grand nombre d'individus, et en priorité les plus jeunes.

Jean-François Bonnefon précise en outre l'importance pour les concepteurs de systèmes autonomes de prendre en compte le public. L'étude montre en effet l'existence de trois grandes zones de choix se démarquant les unes des autres : l'Europe Occidentale, l'Asie et l'Amérique du Sud. Le chercheur dénote également la place à part qu'occupe la France : « la France, et



Jean-François Bonnefon
TSE-CNRS-CRM

ses anciennes colonies, répondent de la même manière que les pays d'Amérique du Sud, nous ne savons pas pour l'instant l'expliquer ».

Le chercheur a conclu sur l'importance de prendre en compte les préférences sociales des individus, en particulier pour la conception d'algorithmes sensibles dans des domaines comme la santé ou la loi. Il souligne en outre l'efficacité des méthodes virales sur le web pour récolter des données utiles aux concepteurs de système et aux décideurs.



François Poinas
TSE-UT1C, TSE-INRA

François Poinas
Maître de conférences, TSE, UT1C
Intelligence artificielle et emploi

Le chercheur a commencé son exposé en rappelant « la crainte est que l'intelligence artificielle remplace l'humain dans toutes ses dimensions » dans de nombreux domaines et de nombreux emplois, à l'image des craintes passées face à l'arrivée de la mécanisation ou de l'électricité. Les différentes études économiques légitiment ce sentiment, prévoyant le remplacement par les machines de 10 % à 70 % des emplois dans les dix prochaines années.

Pour François Poinas, l'impact destructeur d'emplois de l'intelligence artificiel serait

cependant à mettre en perspective. Le développement actuel de cette technologie se concentre sur la prédiction d'informations manquantes, entraînant la baisse du coût de la prédiction. S'il est possible de remplacer l'humain par une machine plus productive dans ces tâches, ce remplacement n'est pas possible pour toutes les tâches ; la prise en charge de certaines prérogatives par les machines permettra aux humains de se concentrer sur d'autres tâches plus productives. François Poinas explique également qu'il n'existe aucune corrélation entre le niveau de salaire et la possibilité pour l'emploi de disparaître : « les postes à plus hauts salaires ne sont pas mieux protégés contre l'arrivée de l'IA ».

Les postes à plus hauts salaires ne sont pas mieux protégés contre l'arrivée de l'IA

Selon l'économiste, l'effet de l'intelligence artificielle sur l'emploi reste donc incertain, et dépendra de la capacité des agents à « changer le périmètre des emplois », et à tirer profit de la productivité supplémentaire apportée par la machine. À cet effet, il souligne « le rôle central de la formation pour que les humains occupent des tâches différentes de celle de l'intelligence artificielle ».

TABLE RONDE DU TSE DIGITAL FORUM 2019

Enjeux économiques et réglementaires de l'IA

Cette décennie aura été marquée par le grand retour de l'intelligence artificielle : depuis 2012 et le succès d'algorithmes en réseaux de neurones dans la reconnaissance d'images, la technologie ne cesse de se déployer. Optimisation énergétique des datacenters, réduction des trajets pour les transporteurs routiers, diagnostics en ophtalmologie ne sont que quelques-uns des nombreux exemples où l'IA permet d'améliorer un service ou faire des économies.

« C'est une technologie à usage général, comme l'électricité, la machine à vapeur ou le microprocesseur », explique Yassine Lefouili, directeur du TSE Digital Center. L'enjeu particulier de l'IA étant qu'elle crée des « externalités positives », ajoute-t-il, c'est-à-dire « une situation où l'action d'un agent économique profite à d'autres agents. » Ce qui est bien pour la société dans son ensemble, mais cela signifie aussi que la première entreprise, celle qui produit les innovations, « ne parvient à capturer qu'une partie de leur valeur »,

souligne Yassine Lefouili. Ceci peut engendrer un problème de sous-investissement en l'absence d'une politique adéquate de soutien à l'innovation.

Pour Françoise Soulié, conseillère scientifique au Hub France IA, l'enjeu se situe moins sur les algorithmes : « Le vrai sujet de l'IA, ce sont les données ». La question étant de savoir comment amener les entreprises à travailler ensemble déjà sur les données, pour ensuite produire des modèles communs. « Si on apprenait à mutualiser les données, tout le monde y gagnerait ». Le gouvernement a lancé dans ce sens un appel à projets dont les résultats seront connus courant 2019.

Étienne Pfister, chef économiste à l'Autorité de la concurrence, remarque néanmoins que « toutes les données ne sont pas bonnes à

partager », notamment les données de tarification. Cela pour la simple raison qu'elles sont susceptibles de trahir les stratégies de chaque entreprise. À l'inverse, ces sociétés peuvent s'entendre pour que des algorithmes créent une situation de collusion, comme cela a été observé pour la vente de posters sur Amazon. Une deuxième configuration problématique serait que deux entreprises achètent un modèle de tarification au même fournisseur. Ce dernier pourrait alors avoir un intérêt à produire un modèle qui ne menace aucun des deux acheteurs. La troisième configuration serait la situation où des entités utiliseraient un algorithme, similaire ou différent, qui viendrait à estimer que « la concurrence ça coûte plus que ça ne rapporte », continue Étienne Pfister. Autrement dit, les modèles pourraient s'entendre sur les prix sans qu'il y ait eu cette intention chez les acteurs.

Si on apprenait à mutualiser les données, tout le monde y gagnerait

Un enjeu qui apparaît en filigrane est donc celui de l'accès au marché. Un accès qui peut être entravé par certains agents dans la mesure où « ils sont le marché », comme le remarque une personne du public. Seulement les algorithmes, s'ils peuvent encourager la collusion, et s'ils peuvent en venir à poser de nouvelles barrières dans l'accès au client, peuvent aussi s'avérer utiles pour améliorer le réseau donc fluidifier le marché. Le principe de neutralité du net, par exemple, ne permet pas d'allouer à un opérateur plus de réseau qu'à un autre. Pourtant, remarque Matthieu Agogué,



De gauche à droite : M. Agogué, E. Pfister, R. Demichelis, F. Soulié, Y. Lefouili

directeur adjoint des affaires réglementaires chez Orange, des algorithmes d'IA offriraient une meilleure utilisation du réseau sans porter préjudice à aucun ; les consommateurs et les opérateurs ne verraient pas la différence. « Il y a un certain nombre de réglementations qui seront touchées par l'IA, explique-t-il. Vraisemblablement, il y aura des ajustements à faire, vérifier que toutes les réglementations sont pertinentes. »

Nouvelles réglementations pour de nouveaux marchés, eux-mêmes susceptibles de rencontrer de nouvelles barrières : l'IA est encore loin d'avoir révélé tout ce qu'elle porte en germe pour notre société, mais les questions se posent dès aujourd'hui. ■



L'IA est une technologie à usage général, comme l'électricité, la machine à vapeur ou le microprocesseur

DIGITAL FORUM TSE 4^e édition



DANIEL CHEN SUR LES DÉCISIONS DES JUGES

L'apprentissage automatique et la justice

Les algorithmes peuvent-ils améliorer les décisions des juges ? Les recherches de Daniel Chen ont fourni de nombreuses données probantes sur les préjugés au sein du système juridique américain. Il soutient ici que l'intégration des outils d'apprentissage automatique et des données juridiques offre un mécanisme permettant de détecter en temps réel - et donc de corriger - les comportements judiciaires qui minent l'état de droit.

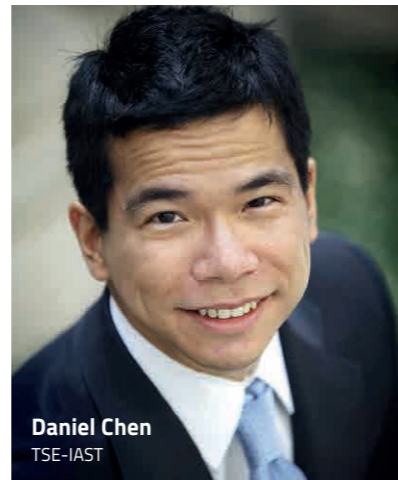
Jusqu'à présent, la plupart des travaux empiriques se sont concentrés sur l'observation des influences sur le comportement des juges, aidant à diagnostiquer des problèmes de partialité, mais offrant peu de solutions. Il existe une abondante documentation qui démontre que des caractéristiques qui ne devraient pas être pertinentes sur le plan juridique - comme la couleur de peau, la météo ou les attributs judiciaires - sont en fait prédictives des résultats juridiques dans divers contextes.

Identifier les juges dont le comportement est prévisible peut permettre une intervention politique. Le simple fait d'alerter les juges que leur comportement peut indiquer une injustice peut suffire à modifier leur comportement

Selon Daniel, les juges sont plus susceptibles de permettre à ces préjugés extra-légaux d'influencer leur prise de décision lorsqu'ils sont le moins influencés par des circonstances juridiquement pertinentes. Dans les tribunaux d'asile, Daniel montre que les juges ayant les taux d'octroi les plus élevés et les plus bas sont beaucoup plus prévisibles que les autres. « Toutefois, les

juges moins prévisibles ont tendance à avoir des taux de subvention moyens. Il se peut qu'ils n'aient pas de préférence marquée et qu'ils soient donc guidés par des facteurs aléatoires lorsqu'ils prennent une décision - essentiellement en jouant à pile ou face... ».

L'apprentissage automatique offre un moyen de détecter automatiquement de tels cas d'indifférence judiciaire - où les décisions des juges semblent ignorer les circonstances de l'affaire - parce que ce sont aussi les contextes dans lesquels les outils d'apprentissage automatique sont susceptibles d'être les moins précis dans la prévision des décisions.



Daniel Chen
TSE-IASST

De même, les recherches de Daniel ont démontré la possibilité pour l'apprentissage automatique d'automatiser la détection des incohérences entre les juges en raison de facteurs juridiquement non pertinents. Dans les tribunaux d'asile, Daniel estime que ces influences sont très répandues, notamment l'heure de la journée, la taille de la famille du demandeur et la date de la décision.

JUGES BIAISÉS PAR DES PRÉJUGÉS D'OPINION

Il existe de nombreuses preuves sociales et scientifiques documentant l'arbitraire, l'injustice et la discrimination dans le système juridique américain. Voici quelques-unes des conclusions pertinentes de Daniel et d'autres :

- Les juges des cours d'appel fédérales américaines deviennent plus politisés avant les élections et plus unifiés en temps de guerre.
- Les juges d'asile sont 2 % plus susceptibles de refuser l'asile aux réfugiés si leur décision précédente a été d'accorder l'asile.
- La politique et la couleur de peau semblent également influencer les résultats judiciaires, tout comme la masculinité, les anniversaires, les résultats des matchs de football, l'heure du jour, la météo, le nom et les biographies ou dialectes partagés.
- Divers documents montrent des biais judiciaires clairs dans les environnements de laboratoire, comme l'influence de l'ancrage, du cadrage, du biais rétrospectif, de l'heuristique représentative, du biais égocentrique, des jugements rapides et de l'inattention.



Intervention politique

L'identification des juges dont le comportement est prévisible à des stades relativement précoces de la procédure peut permettre une intervention politique. Par exemple, des programmes de formation pourraient cibler ces juges, soit dans le but d'éliminer leurs préjugés, soit pour aider à améliorer le processus d'audience. Le simple fait d'alerter les juges sur le fait que leur comportement peut indiquer une injustice peut suffire à modifier leur comportement.

Les progrès de l'analyse des données peuvent permettre des interventions plus ciblées. « Il est peut-être possible, suggère Daniel, d'établir les combinaisons les plus prévisibles des caractéristiques des affaires et des verdicts rendus. Lorsque de telles paires sont trouvées, les juges peuvent recevoir un avertissement, comme contrepoids au biais de confirmation ou à d'autres sources d'influence non juridiques ».

Informé des juges des prédictions faites par un décideur modèle pourrait contribuer à réduire les variations et l'arbitraire au niveau du juge. « S'ils sont portés à l'attention d'un juge, les préjugés potentiels pourraient faire l'objet d'un examen cognitif de plus haut niveau ». Ces efforts s'appuieraient sur les travaux visant à intégrer l'évaluation des risques dans le processus de justice pénale.

La formation des juges

La formation des juges est un autre moyen pour l'apprentissage automatique d'améliorer les décisions judiciaires. « Le premier objectif serait d'exposer les juges à des conclusions concernant les effets de facteurs juridiquement pertinents et juridiquement non pertinents sur les décisions, dans le but de rendre les juges plus objectifs. Par exemple, Pope, Price et Wolfers (2013) ont constaté que la sensibilisation aux préjugés liés à la couleur de peau chez les arbitres de la NBA réduisait par la suite ce biais. Le deuxième objectif serait d'éduquer les décideurs juridiques sur l'inférence, la prédiction et les outils d'analyse des données, afin qu'ils puissent mieux comprendre l'information disponible et les facteurs conscients et inconscients qui peuvent influencer leurs décisions ».

La formation des juges a connu un succès considérable. En 1990, 40 % des juges fédéraux avaient suivi un programme de formation de deux semaines en économie lancé en 1976. Les recherches de Daniel ont révélé que cette formation a diffusé le langage économique, qui s'est rapidement répandu dans les verdicts judiciaires. Plus concrètement, la formation a changé la façon dont les juges perçoivent les conséquences de leurs décisions. Dans les affaires de réglementation économique, les juges ont modifié leur vote de 10 % dans le sens contraire à la réglementation. Dans les

tribunaux de district, lorsqu'ils disposaient d'un pouvoir discrétionnaire en matière de détermination de la peine, les juges formés en économie prononçaient des peines 20 % plus longues que leurs homologues non-économistes.

Daniel pense que cette formation a probablement fourni aux juges une structure leur permettant de comprendre les tendances. « Le prochain défi est de voir si l'apprentissage automatique, l'analyse de données textuelles et d'autres développements permettent de franchir une nouvelle étape. Si l'on présente aux juges des résultats comportementaux, seront-ils moins enclins aux préjugés ? Si on enseigne aux juges la structure théorique qui sous-tend les préjugés, seront-ils de meilleurs juges ? Une nouvelle génération de théories et de preuves issues des sciences comportementales et sociales pourrait-elle apporter une meilleure justice et accroître la coopération, la confiance, la reconnaissance et le respect ? »

En savoir plus...

Dans un récent commentaire intitulé « L'apprentissage automatique et la primauté du droit », Daniel présente un cadre conceptuel pour comprendre les conclusions récentes sur les décisions judiciaires et suggère que l'analyse prédictive peut améliorer l'équité.

SUSAN ATHEY SUR LA RECHERCHE EN ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

À la une : Machine learning et économie

Susan Athey, première femme à recevoir la médaille John Bates Clark, est professeure d'économie de la technologie à Stanford et travaille avec Microsoft depuis de nombreuses années. S'appuyant sur son récent article intitulé « The Impact of Machine Learning on Economics », elle répond aux questions du TSE Mag sur cette révolution technologique qui transforme l'économie et la société.

Quel sera l'impact du machine learning sur la recherche et les politiques ?

Les méthodes de machine learning vont devenir omniprésentes pour des tâches telles que la prédiction et la classification des données. Il y a déjà eu un certain nombre d'applications réussies. L'économiste d'Harvard Sendhil Mullainathan et ses coauteurs ont notamment prédit si un patient âgé allait mourir d'ici un an afin de déterminer s'il doit subir une opération de la hanche. Les économistes d'Harvard Edward Glaeser, Andrew Hillis, Scott Kominers et Michael Luca ont aidé les villes à prévoir les infractions au code de la santé dans les restaurants, afin de mieux répartir les inspecteurs. L'utilisation du machine learning avec l'imagerie satellitaire et les cartes routières permet de prédire des données économiques telles que la pauvreté, la sécurité et la valeur des logements.

Le machine learning peut-il améliorer la crédibilité scientifique ?

Lorsqu'elles sont appropriées et correctement appliquées, les méthodes de machine learning (ML) fournissent une approche rigoureuse et systémique. En sélectionnant le meilleur modèle pour les données, les algorithmes ML empêchent un chercheur de choisir les modèles qui

donnent les résultats les plus intéressants. La transparence est améliorée, puisque le chercheur peut décrire complètement l'algorithme et que la sélection du modèle peut être facilement reproduite. Le modèle choisi par l'algorithme de ML peut être beaucoup plus complexe qu'un modèle choisi à la main, et il peut trouver des effets d'interaction qu'il serait difficile d'imaginer à l'avance.

Le ML permet de mettre davantage l'accent sur la stabilité et la robustesse. Les grandes entreprises technologiques publient de nouveaux algorithmes chaque semaine et réalisent des milliers d'expériences par an. Les entreprises de commerce en ligne et même les magasins physiques changent régulièrement leurs prix, et les scanners et les journaux des transactions peuvent fournir ces données. Nous avons donc de nombreuses façons de tester la crédibilité des modèles et des prédictions.

Le machine learning est excellent pour les prédictions. Pourquoi avons-nous besoin d'autre chose ?

Les méthodes de ML prêtes à l'emploi permettent de prédire quels clients cliqueront sur une publicité ou quels restaurants échoueront à une inspection sanitaire. Ce n'est pas la même chose que de savoir comment allouer les ressources. La détermination



Susan Athey
Stanford University

des cas pour lesquels l'intervention est la plus bénéfique est une question d'inférence causale et peut nécessiter différents types de données provenant d'expériences randomisées ou naturelles.

Une tendance émergente est d'intégrer l'expérimentation directement dans l'algorithme

Lorsque la corrélation et la causalité sont confondues, la prédiction peut être trompeuse. Si la consommation de vin rouge est prédictive de la longévité, un modèle prédictif pourrait amener les gens à conclure qu'ils devraient boire davantage, mais il est possible que le vin rouge soit nocif pour la santé et que les buveurs de vin

rouge diffèrent des non-buveurs par des moyens difficiles à contrôler.

Les économistes ont l'habitude de gaspiller la majeure partie du pouvoir prédictif d'un modèle pour obtenir des estimations non biaisées des effets causaux. C'est une façon très différente de voir les choses. Quelques équipes de recherche, y compris moi-même et mes coauteurs, exploitent cette différence pour faire des statistiques d'une nouvelle façon. Les méthodes de machine learning peuvent améliorer considérablement le rendement réel des méthodes d'estimation, mais la théorie statistique guide toujours la façon dont elles devraient être utilisées.

Quelles sont les innovations les plus prometteuses en matière de machine learning ?

Des entreprises comme Google et Facebook font des milliers d'essais contrôlés randomisés d'améliorations progressives des algorithmes de ML chaque année. Une tendance émergente est d'intégrer l'expérimentation directement dans l'algorithme. Les explorations de type bandit manchot à bras multiples équilibrent l'apprentissage en exploitant l'information disponible sur la meilleure solution possible. Ces méthodes peuvent être beaucoup plus rapides que les expériences randomisées parce que leur but est de trouver la meilleure solution possible et non d'estimer avec précision le résultat de chaque solution. J'ai fait des recherches sur les "bandits contextuels", qui essaient d'apprendre les meilleures décisions de manière personnalisée.

Quel effet le machine learning aura-t-il sur la façon dont les économistes travaillent ?

Les chercheurs qui font beaucoup d'analyses de données complexes ont déjà commencé à adopter un modèle de "laboratoire" semblable à ce qui est la norme aujourd'hui en informatique. Il peut inclure un postdoctorant, plusieurs étudiants en thèse, des étudiants de premier cycle et des employés à temps plein. Ces laboratoires



coûtent cher et les modèles de financement devront donc s'adapter.

Nous allons assister à une adoption accrue des outils de collaboration ; par exemple, mon logiciel généralisé de forêt d'arbres décisionnels aléatoire est disponible sous forme de logiciel libre (github.com/grf-labs/grf). L'accent sera mis davantage sur la documentation et la reproductibilité, même si certaines sources de données demeurent confidentielles. Les « faux » ensembles de données permettront à d'autres de reproduire l'analyse.

Toutes les disciplines pourront intervenir avec beaucoup plus de facilité sur l'environnement d'une manière qui facilite la mesure et l'inférence causale. Lorsque les gens obtiendront la plupart de leurs informations sous forme numérique dans des domaines comme la santé, l'éducation, le shopping et les voyages, nous aurons l'occasion d'expérimenter avec cette mine de données.

Nous verrons aussi plus de formations interdisciplinaires. Les programmes d'études évolueront vers des approches plus axées sur la résolution de problèmes. Cela augmentera la demande d'économistes en

général, mais modifiera aussi notre façon d'enseigner et de faire de la recherche.

Comment préparer les élèves à un avenir numérique ?

Les élèves peuvent arriver en cours d'économétrie avec une bonne compréhension du machine learning, grâce à un livre rempli d'algorithmes, et apprendre ainsi l'intuition nécessaire pour utiliser les données et résoudre des problèmes réels. Les programmes de sciences des données auront des étudiants plus demandés s'ils font appel à des économistes et à d'autres spécialistes en sciences sociales. Dans le même temps, l'économétrie devrait continuer à conserver son avantage comparatif dans des domaines tels que l'identification minutieuse des effets causaux et l'estimation contrefactuelle. ■



En savoir plus...

Pour en savoir plus sur les recherches de Susan sur le machine learning et sur divers autres sujets liés à la théorie microéconomique et à l'organisation industrielle, visitez : people.stanford.edu/athey/research

YASSINE LEFOUILI ET L'ÉCONOMIE NUMÉRIQUE

Lancement du TSE Digital Center

Suite à l'inauguration du centre digital de TSE le 10 janvier dernier à l'occasion de la 12^e conférence sur l'économie numérique, son directeur, Yassine Lefouili, professeur à TSE et à l'Université Toulouse 1 Capitole, a répondu à nos questions sur le centre, ses objectifs et les évolutions de l'économie numérique.

Quels sont les objectifs du TSE Digital Center ?

L'objectif global du TSE Digital Center est de stimuler la recherche sur les questions émergentes de l'économie numérique et de servir de plateforme d'échange entre universitaires, décideurs publics et acteurs de l'industrie intéressés par les questions numériques. Les 45 membres du centre produisent des travaux de recherche de pointe qui sont non seulement publiés dans les meilleures revues de recherche internationales, mais qui sont également diffusés auprès des entreprises, des décideurs et du grand public au moyen de newsletters, d'articles de presse, d'ateliers et de conférences.

L'objectif global du TSE Digital Center est de stimuler la recherche sur les questions émergentes de l'économie numérique et de servir de plateforme d'échange entre universitaires, décideurs publics et acteurs de l'industrie

Une autre caractéristique clé du Digital Center est la nature multidisciplinaire de la recherche menée par ses membres, qui contribuent à plusieurs domaines dont l'économie, les mathématiques, le droit, la psychologie et l'informatique.

Pouvez-vous nous donner des exemples d'événements récents organisés par le Digital Center ?

Le Digital Center a organisé la 12^e conférence de TSE sur l'économie numérique les 10 et 11 janvier. Cette conférence, désormais annuelle, se veut le meilleur forum de recherche sur l'économie numérique en Europe. Le centre a également organisé avec la Commission européenne une conférence sur l'économie de l'intelligence artificielle et des données les 6 et 7 mai à Bruxelles. Cet événement s'articulait autour de trois conférences d'experts de renommée mondiale, deux tables rondes réunissant des universitaires, des décideurs publics et des représentants de l'industrie, et des présentations d'articles universitaires. Enfin, le TSE Digital Forum annuel s'est déroulé à Paris le 17 mai et a mis à l'honneur deux masterclass sur les aspects moraux de l'intelligence artificielle et son impact sur l'emploi, ainsi qu'une table ronde sur les opportunités économiques et les défis réglementaires liés au développement des technologies de l'IA.

Quels sont les principaux domaines de recherche du TSE Digital Center ?

Il existe quatre grands programmes de recherche au sein du centre, chacun d'eux étant dirigé par un chercheur de TSE expert dans le domaine correspondant. Le programme "plateformes numériques" vise à favoriser notre compréhension de



Yassine Lefouili
TSE Digital Center Director

l'économie des plateformes tant du point de vue de la stratégie d'entreprise que du point de vue de la politique économique. Le programme de recherche "analyse et économie des grandes données" est mené par une équipe composée de mathématiciens développant des techniques d'optimisation et de statistique permettant d'analyser des ensembles de données de grande dimension ainsi que d'économistes travaillant sur des questions telles que la protection des données personnelles et le marché des données. Le programme "IA et société" examine les compromis moraux et économiques qui accompagnent l'introduction de l'IA dans des domaines à enjeux tels que la santé, la justice, la finance et les transports. Enfin, le programme "technologies financières et marchés numériques" vise à comprendre les implications des principales caractéristiques des plateformes FinTech et leur impact sur le bien-être social. Ces quatre programmes couvrent la plupart, mais pas la totalité, des recherches



Inauguration du Centre Digital de TSE avec Christian Gollier, Marc Fontaine, Jean Tirole et Yassine Lefouili à Toulouse

menées au Digital Center. Par exemple, ils ne couvrent pas l'économie et le droit de la propriété intellectuelle, qui est l'un de mes domaines de recherche.

Pouvez-vous nous en dire plus sur vos intérêts de recherche ?

Dans le domaine de la propriété intellectuelle, je travaille avec mes co-auteurs (dont certains sont des juristes) sur les stratégies de contentieux des titulaires de brevets et la façon dont ils dépendent de caractéristiques institutionnelles telles que les règles de répartition des coûts à l'issue d'un litige et les mécanismes disponibles pour contester la validité des brevets. Je m'intéresse également à la manière

dont les caractéristiques distinctives des plateformes numériques devraient être prises en compte par les autorités de concurrence lors de l'appréciation des affaires de concentration, d'abus de position dominante et d'ententes. Enfin, je travaille depuis quelques années sur les stratégies de protection des données personnelles des entreprises et l'impact de la réglementation dans ce domaine sur leurs investissements et le bien-être social.

Selon vous, quel est le défi le plus important de l'économie numérique ?

L'exploitation des données à caractère personnel a profité tant aux entreprises

qu'aux consommateurs. Toutefois, elle a également suscité de vives inquiétudes quant à son incidence sur la protection de la vie privée et la concurrence. L'identification des compromis qui sous-tendent la collecte et l'utilisation des données personnelles et la conception de politiques qui tiennent compte de ces compromis est probablement l'un des problèmes les plus pressants auxquels l'économie numérique est confrontée. ■

En savoir plus...
Sur le site du centre numérique de TSE : tse-fr.eu/digital

MARC FONTAINE D'AIRBUS AU SUJET DE L'ÉVOLUTION DU SECTEUR DE L'AVIATION

L'agilité est le défi de demain

La société Airbus s'est engagée dans une course technologique aux solutions digitales pour le secteur de l'aviation. Pour expliquer les défis et les enjeux de ces nouvelles technologies et tendances, Marc Fontaine, Directeur de la transformation digitale d'Airbus, nous parle de la plateforme de données ouvertes d'Airbus, Skywise, et nous explique comment le Centre Digital de TSE peut faire partie de la solution.

1. Quels sont les principaux défis technologiques et stratégiques pour Airbus et le secteur de l'aviation aujourd'hui ?

Le secteur de l'aviation est confronté à la troisième révolution de son histoire : la

révolution digitale. Le digital a toujours fait partie intégrante de notre entreprise : il y a 50 ans, Airbus lançait les systèmes de contrôle de vol digitaux « fly-by-wire ». Cependant, les choses ont progressé de manière exponentielle ces dernières

années. Le volume et la vitesse des données échangées, l'augmentation des capacités informatiques et la démocratisation de toutes ces technologies ont véritablement transformé notre écosystème. Pour nous, cela signifie redéfinir entièrement notre paysage concurrentiel : nous n'évoluons plus dans une situation de duopole, mais dans un environnement de start-ups et d'entreprises sans expérience dans le secteur de l'aviation. SpaceX et les Géants du Web ont mis un terme au concept des « barrières à l'entrée », forçant ainsi tout le monde à changer sa vision du monde. Mais ce n'est pas pour nous déplaire !

2. Comment vous adaptez-vous à ces nouvelles tendances ?

Le plus grand défi que nous nous sommes fixé est d'être aussi agiles qu'une petite start-up digitale, tout en faisant évoluer 130 000 personnes dans la même direction dans un contexte industriel.

La quantité et la diversité considérables de données dont nous disposons et l'expertise de nos salariés pour les analyser sont nos principaux atouts aujourd'hui

C'est tout à fait possible ! La condition sine qua non est de poser un regard neuf sur notre organisation et de remettre l'accent sur le « comment ». Comment capturer la valeur des données et comment la partager ? Comment prendre des décisions éclairées rapidement ? De quel degré d'autonomie avons-nous besoin ? Pour schématiser : comment fixer les règles du jeu pour que chacun puisse accéder aux bonnes ressources, au bon moment, dans le bon contexte. Chez Airbus, la première

étape de ce parcours consistait à mettre en place notre plateforme de données ouvertes Skywise et y regrouper non seulement les données d'Airbus, mais aussi celles de nos compagnies clientes et de nos fournisseurs. Cette solution, associée à une gouvernance des données et des méthodes agiles bien choisies, a créé une base solide qui nous permet aujourd'hui de travailler de manière efficace dans notre secteur.

3. Selon vous, à quoi ressemble le futur du secteur de l'aviation ?

Aujourd'hui, nos plus grands atouts ne sont plus seulement nos avions, nos satellites ou nos hélicoptères, mais plutôt la quantité et la diversité considérables de données dont nous disposons et l'expertise de nos salariés pour les analyser. En réalité, nous sommes dans une phase de réinvention complète des modèles commerciaux de l'aéronautique, nous abandonnons la mentalité de type « produire et oublier » pour adopter une approche d'amélioration continue, en temps réel et durable. Tout élément d'équipement peut devenir un élément de la chaîne digitale. Vous pouvez imaginer un avion s'adaptant automatiquement, dans lequel il suffirait d'appuyer sur un bouton pour passer du mode « éco » au mode « performance », avec des ailes ou même un fuselage s'adaptant en temps réel.

4. Qu'attendez-vous d'une institution comme TSE, par exemple ?

Une collaboration afin de surmonter les obstacles, qu'ils soient physiques, digitaux ou même culturels, et répondre à des défis passionnants ensemble. C'est la raison pour laquelle nous sommes extrêmement heureux de l'arrivée du Centre digital, qui profitera à toutes les parties impliquées. La collaboration et l'enrichissement mutuel

n'ont jamais été aussi importants qu'aujourd'hui. Nous sommes ravis d'écouter de nouvelles idées et de découvrir les dernières publications scientifiques sur les technologies de pointe, tout comme de partager nos cas d'usage concrets et de les comparer à la théorie.

Nous espérons aussi que les écoles et institutions trouveront de nouveaux talents, en s'attachant à la diversité ! Le digital offre enfin la possibilité de se débarrasser des discriminations de genre, et je profite de cette opportunité pour appeler plus de femmes à rejoindre ce secteur et à devenir les leaders de l'aviation de demain.

5. Quel conseil donneriez-vous à un étudiant en économie, à TSE ou ailleurs, qui souhaiterait rejoindre le secteur de l'aviation ?

Déjà : c'est un très bon choix ! Le secteur de l'aviation est un secteur professionnel à la fois ambitieux et extrêmement enrichissant. L'ampleur de nos activités ne cesse jamais de m'impressionner :

savez-vous qu'un avion Airbus décolle ou atterrit quelque part dans le monde toutes les 1,5 secondes ? Dans un monde orienté données, cela signifie que nous avons des tonnes d'informations à notre disposition ; et des problèmes très stimulants à résoudre ! Certains sont liés à l'expérience des passagers, d'autres à la mobilité urbaine aérienne. Nous avons à peine effleuré la question et beaucoup de choses restent à construire par des individus désireux de faire la différence.

Mon dernier conseil aux leaders de demain est de se familiariser à la pratique de « l'équilibrisme ». Dans le monde actuel, le leadership ne consiste plus à prendre des décisions tranchées : digital ou physique, stratégie de haut niveau ou opérations pratiques, gains rapides ou vision à long terme, partenaires institutionnels ou attentes des entreprises, etc. Tout est dans la nuance et la capacité à trouver le bon équilibre dans un milieu donné, puis d'avancer dans ce milieu tandis que le monde alentour évolue. ■



Marc Fontaine



MASTER EN ÉCONOMIE DE L'ENVIRONNEMENT ET DES RESSOURCES NATURELLES

Préparer LES ÉLÈVES aux défis environnementaux d'aujourd'hui

Nous vivons aujourd'hui à une époque de grands défis environnementaux mondiaux : comment les économies mondiales et les changements démographiques ont-ils affecté l'environnement ? Comment contrôler le dérèglement climatique et la perte de biodiversité pour protéger et respecter notre planète ? Quelles politiques les gouvernements et les entreprises doivent-ils mettre en œuvre ? Au sein du master en économie de l'environnement et des ressources naturelles, le corps professoral de TSE prend très au sérieux son devoir de former la nouvelle génération d'économistes qui s'attaquera à ces questions.

Make climate great again

Pollution, changement climatique, conservation de la biodiversité... Atténuer et gérer l'impact sur la planète de nos économies en développement constant est un défi majeur pour les autorités gouvernementales et les industries du monde entier. Cette question figure en tête de l'agenda politique international ; les conférences « COP » de l'ONU sur le climat aboutissent tous les ans à des plans de lutte contre le dérèglement climatique. Les gouvernements conçoivent des politiques publiques telles que des taxes ou des systèmes d'échange de droits d'émission pour atténuer les impacts négatifs de la pollution de l'air ou de l'eau, les entreprises lancent des stratégies commerciales écologiques comme

des investissements dans des technologies propres, l'utilisation de labels ou des investissements socialement responsables pour améliorer leur compétitivité.

Toutes ces plateformes décisionnelles ont besoin des meilleurs économistes de l'environnement pour apporter la meilleure analyse et concevoir les meilleures politiques d'atténuation. Dans le cadre du Master international en économie de l'environnement et des ressources naturelles dirigé par des chercheurs des TSE, Henrik Andersson et Ingela Alger, les étudiants bénéficient de l'expertise des professeurs de TSE et de l'IAST à travers deux filières différentes : Politique environnementale et économie de l'énergie et écologie et économie. Au cours des deux masters, les étudiants acquièrent les compétences

analytiques nécessaires pour évaluer, analyser et recommander des politiques et des stratégies économiques visant à résoudre les problèmes environnementaux et à gérer les ressources naturelles.

Le corps professoral de TSE prend très au sérieux son devoir de former la nouvelle génération d'économistes qui s'attaquera à ces questions

Par exemple, l'un des cours spécialisés du master politique environnementale et économie de l'énergie, « Valoriser l'environnement » est enseigné par Henrik Andersson. Dans ce cours, les étudiants apprennent à évaluer les biens et les services sans « prix » facilement observables comme l'air et l'eau, la santé et la sécurité, etc. Le cours est principalement axé sur l'environnement, mais l'évaluation des biens et services liés aux transports et à la santé est également abordée. Le cours présente les fondements théoriques de l'évaluation environnementale, et met l'accent sur l'application de différentes méthodes d'évaluation fondées sur les données du marché (par exemple la tarification hédonique et

la méthode des coûts de déplacement) et sur les données d'enquêtes (par exemple l'évaluation contingente et les expériences de choix). Pour obtenir une expérience pratique, les étudiants sont tenus de travailler avec des problèmes empiriques en utilisant des données réelles et sont encouragés à développer leur esprit critique sous la forme de discussions ouvertes, qui aboutissent à des échanges sur les forces et les faiblesses des différentes méthodes. Les étudiants suivent ensuite le cours « Analyse coûts-avantages : Fondations et pratiques » et apprennent comment les valeurs estimées sont mises en œuvre dans la pratique.

Dans le cours spécialisé « Gestion durable et évaluation des écosystèmes » du volet économie et écologie, Jean-Pierre Amigues et Arnaud Reynaud, deux chercheurs de TSE et de l'INRA se concentrent également sur l'évaluation environnementale couvrant des questions théoriques afin de comprendre pourquoi il est nécessaire de protéger l'environnement dans différents contextes et où sont les défaillances des marchés liées au manque de ressources attribuées. L'autre partie du cours est consacrée aux études de cas appliquées à la biodiversité et aux écosystèmes à



Augustin Lagarde,
Economiste à Simetrica - Londres (Diplômé TSE 2014)

« Au cours de mes années à la TSE et grâce aux masters ERNA, j'ai développé une solide compréhension de l'évaluation non marchande, de l'analyse coûts-avantages, du risque et du temps, que j'ai depuis utilisée tout au long de ma carrière. Travaillant aujourd'hui dans les domaines du bien-être, de la culture et de la santé, j'utilise régulièrement des concepts appris à la TSE comme la volonté de payer, l'évaluation contingente ou le surplus de consommation ».

l'échelle locale et mondiale. Les élèves apprennent à valoriser les services écosystémiques pour les rendre visibles afin d'influencer les décisions publiques.

À l'issue de leur master, les étudiants spécialisés en économie de l'environnement ou en écologie et économie sont en mesure d'évaluer les impacts environnementaux et économiques des politiques réglementaires (taxes, émissions moyennes de gaz à effet de serre, systèmes d'échange d'émissions, etc.) Ils savent utiliser des outils d'analyse

prospective et quantitative appliqués aux ressources naturelles et ont une vision stratégique de la manière dont les décideurs privés (entreprises, investisseurs) peuvent aborder les questions environnementales : innovation, étiquetage des produits verts, investissement socialement responsable, relations fournisseurs et système de gestion environnementale. Il en résulte que les étudiants sont bien préparés à la fois pour une carrière professionnelle dans le secteur privé ou public et pour une carrière de chercheur.

Master en Économie de l'Environnement et des Ressources Naturelles

Directeurs :
Henrik Andersson
Ingela Alger
Monique Gardes

Pour en savoir plus
www.tse-fr.eu/erna

EOIN CAHILL RENCONTRE DES ÉTUDIANTS DE TSE

Google en visite à TSE

En janvier dernier, les étudiants de TSE ont eu l'occasion d'échanger autour du marketing numérique avec Eoin Cahill, un responsable de compte senior chez Google. L'événement s'inscrivait dans le cadre d'une série de conférences professionnelles et académiques organisées par le département des carrières de la TSE. Au cours de la conférence, M. Eoin a mis l'accent sur la demande extrêmement élevée de compétences numériques essentielles. Il a également expliqué comment une présence en ligne devient de plus en plus cruciale pour toute entreprise et comment Google peut aider les entreprises à tirer parti de la croissance du commerce en ligne. Après son exposé, Eoin a répondu aux questions de TSE Mag.

Quelles sont les compétences nécessaires aux étudiants pour réussir dans l'industrie numérique ?

La résolution de problèmes à tous les niveaux de l'entreprise est cruciale dans le monde numérique. La capacité d'aller au fond d'un problème et de creuser dans les données, ainsi que de prendre du recul

et d'essayer d'avoir une vue d'ensemble d'un défi commercial est, une fois maîtrisée, un grand atout pour une entreprise. Être un penseur analytique, qui sait lire et identifier les tendances et les opportunités dans de grands ensembles de données. Quelque chose d'aussi simple que l'identification d'un nouveau marché cible pour



une entreprise peut avoir un impact majeur. Adaptable, flexible... à l'aise dans un environnement en constante évolution... et tout ce qui précède ! Le marketing numérique est en mouvement permanent. Avec l'augmentation du nombre d'appareils mobiles et intelligents, la façon dont les entreprises interagissent avec leur public est en train de changer. Vous devez accueillir le changement et accepter que votre rôle vous mette toujours au défi et évolue sans cesse.

La résolution de problèmes à tous les niveaux de l'entreprise est cruciale dans le monde numérique

Que diriez-vous à un étudiant de TSE intéressé par une carrière au sein de Google ?

Qu'il faut y aller ! Si vous avez une passion pour le marketing et la publicité numériques et que vous voulez acquérir de l'expérience en parlant aux entreprises et en apprenant comment elles fonctionnent, alors cherchez simplement un rôle. Aucun bagage précis n'est nécessaire. Le plus important, c'est la façon dont vous abordez les problèmes et dont vous pensez dans des situations difficiles. ■



Eoin Cahill

Quel secteur sera le plus impacté par l'IA dans les années à venir ?

1. Le transport
2. La santé
3. La production
4. La finance

DONNEZ VOTRE AVIS SUR [DEBATE.TSE-FR.EU](https://debate.tse-fr.eu)

RÉSULTATS DE NOS DERNIERS SONDAGES :

88 %

pensent que l'Europe de demain sera fédérale

80 %

réguleraient plus fortement l'industrie agroalimentaire

78 %

sont inquiets de l'usage de leurs données personnelles par des entreprises

55 %

pensent que le plus grand obstacle à des politiques publiques efficaces est le manque d'évaluation

LE FORUM ENTREPRISES DE TSE BUSINESS NETWORKING DAY

VENDREDI 29
NOVEMBRE 2019
9 H - 17 H

.....
TOULOUSE / MANUFACTURE
DES TABACS

**MÉTIERS, ENTREPRISES, STAGES, INSERTION PROFESSIONNELLE,
EMPLOIS, CONSEILS :**

une journée pour préparer l'avenir de nos futurs diplômés,
vos prochains employés et collaborateurs.

Pour plus d'informations,
contactez :

Lorna BRIOT : +33 (0)5 67 73 27 79

careers@tse-fr.eu

Vous pouvez dès à présent diffuser vos
offres de stage ou d'emploi auprès
de nos étudiants et diplômés :

alumni.tse-fr.eu

 **Toulouse
School
of Economics**