

Algorithmes de prix, intelligence artificielle et équilibres collusifs

Frédéric Marty

SCIENCES PO OFCE WORKING PAPER n° 14, 2017/05/10

COMITÉ DE RÉDACTION

Président : Xavier Ragot (Sciences Po, OFCE)

Membres : Jérôme Creel (Sciences Po, OFCE), **Eric Heyer** (Sciences Po, OFCE), **Lionel Nesta** (Université Nice Sophia Antipolis), **Xavier Timbeau** (Sciences Po, OFCE)

CONTACTS

OFCE
10 place de Catalogne | 75014 Paris | France
Tél. +33 1 44 18 54 87

www.ofce.fr

CHARTRE DE CITATION

Pour citer ce document :
Frédéric Marty, **Algorithmes de prix, intelligence artificielle et équilibres collusifs**, *Sciences Po OFCE Working Paper*, n°14, 2017-05-01.
Téléchargé à partir d'URL : www.ofce.sciences-po.fr/pdf/dtravail/WP2017-14.pdf
DOI - ISSN

À PROPOS DES AUTEURS

Frédéric Marty Université Côte d'Azur, GREDEG, CNRS
Also Sciences Po, OFCE, Paris, France
Email Address: frederic.marty@sciencespo.fr

ABSTRACT

Algorithmic pricing may help competitors to collude. Big Data, real time pricing and predictive analysis may favour a quick reach to tacit collusion agreement and a durable equilibrium. Artificial Intelligence induces a specific issue as the algorithm may autonomously discover the possible gains associated to this kind of non-aggression equilibrium and as it is difficult to make its decisional process accountable. Hence sanctioning this on the ground of anticompetitive practices prohibition is not obvious. This paper explores the alternative ways of regulation as experimentations or implementation of liability rules.

RÉSUMÉ

Les algorithmes de prix mis en œuvre par des firmes concurrentes peuvent constituer le support de collusions. Les ressources offertes par le *Big Data*, les possibilités d'ajustement des prix en temps réel et l'analyse prédictive peuvent permettre d'atteindre rapidement et de maintenir durablement des équilibres de collusion tacite. Le recours à l'intelligence artificielle pose un enjeu spécifique en ce sens que l'algorithme peut découvrir de lui-même l'intérêt d'un accord tacite de non-agression et que l'analyse de son processus décisionnel est particulièrement difficile. Ce faisant la sanction de l'entente sur la base du droit des pratiques anticoncurrentielles ne va pas de soi. L'article explore donc les voies de régulation possibles, que celles-ci passent par des audits ou par l'activation de règles de responsabilité.

KEY WORDS

Algorithmes de prix, intelligence artificielle, collusion tacite, règles de responsabilité, mise en œuvre des règles de concurrence

JEL

K21, K24, L41.

Algorithmes de prix, intelligence artificielle et équilibres collusifs¹

L'intelligence artificielle constitue l'un des facteurs majeurs de disruption dans notre économie numérique d'ores-et-déjà basée sur les algorithmes (Brynjolfsson et McAfee, 2014 ; Ezrachi et Stucke, 2016). Cette contribution développe une perspective d'économie du droit pour saisir ses enjeux concurrentiels. Si ceux-ci se déclinent en deux volets, les abus de position dominante (notamment les pratiques de discrimination par les prix) et les ententes, nous traiterons ici exclusivement ce second sujet (Marty, 2017b pour une présentation générale). En effet, des équilibres collusifs peuvent être portés par des algorithmes. C'est le cas quand des concurrents confient à un algorithme la tâche de coordonner leurs comportements de marché. Il en est de même lorsqu'ils rendent les décisions de chacun en matière de prix et de pratiques commerciales artificiellement transparentes au travers d'un algorithme potentiellement porté par une plateforme d'intermédiation électronique.

L'enjeu est plus direct encore quand les algorithmes sont élaborés pour jouer le jeu de la concurrence mais quand leurs effets combinés rendent possible et pérenne un équilibre de collusion tacite. Un tel résultat peut émerger quand l'algorithme observe à la perfection l'environnement et ajuste instantanément la stratégie à celle des concurrents. Il peut émerger également au travers de mécanismes de *machine learning* au travers desquels l'algorithme découvrirait de lui-même les gains de la collusion tacite.

Après avoir rapidement présenté les enjeux possibles de l'intelligence artificielle en économie du droit de la concurrence (I), cet article s'attache aux dommages concurrentiels qui peuvent découler du fonctionnement des algorithmes de prix qui en procèdent (II), esquisse des pistes de régulation à partir de la littérature académique (III) et propose en conclusion une discussion quant à ses conséquences sur la conception même des politiques de concurrence (IV).

¹ Ce document est dérivé du texte préparatoire à une intervention dans la conférence *Intelligence Artificielle, moteur de la transformation d'un territoire* organisée le 10 mai 2017 par le CEEI NCA (Centre Européen d'Entreprises et d'Innovation de Nice Côte d'Azur). Il s'inscrit dans le prolongement d'un document de travail du GREDEG (Université Côte d'Azur – CNRS) consacré aux pratiques anticoncurrentielles pouvant procéder de la mise en œuvre d'algorithmes de prix (Marty, 2017b) qu'il développe sur le volet pratiques coordonnées.

I – Algorithmes et intelligence artificielle : quels enjeux pour l'économie du droit de la concurrence ?

Considérer les enjeux de l'intelligence artificielle dans le champ de l'économie du droit est paradoxalement moins aisé que dans d'autres domaines des sciences économiques et des sciences juridiques (a), quand bien même l'angle des pratiques anticoncurrentielles est particulièrement intéressant (b).

a) Les enjeux de l'intelligence artificielle pour l'économie et le droit

Les problématiques liées à l'intelligence artificielle (ci-après IA) peuvent être saisies en au travers de ses impacts sur le potentiel de croissance, sur les potentialités d'innovation ou encore sur les dynamiques d'agglomérations et de développement régional. Il est également possible de se pencher sur ses effets potentiels sur la productivité². S'attacher aux impacts de l'IA sur l'emploi³ permet également de faire écho aux débats entre *néo-luddisme* et redéploiements d'effectifs de tâches d'exécution déqualifiées vers d'autres métiers⁴. Il est également possible de se pencher sur des dimensions reliées à l'enrichissement des tâches (et des capacités) des salariés grâce à l'IA ou encore à des questions portant sur la réduction de la pénibilité du travail⁵. L'analyse peut aussi porter sur des questions d'enrichissement de la qualité du service rendu à l'utilisateur, au travers de la rapidité des réponses, de l'accessibilité du service et surtout de sa personnalisation. Pour reprendre des catégories de l'économie des conventions et notamment des *Mondes de production* à la Salais et Storper (1993), l'IA ouvre la promesse d'un passage de l'offre de biens et services standardisés vers des biens et services dédiés à chaque consommateur individuel.

Enfin, aux frontières des sciences de gestion, il est possible de considérer les enjeux de l'IA dans le cadre du management stratégique. Cela peut se faire à la fois dans une perspective interne à la firme pour considérer les potentiels de réorganisation mais également

² Voir par exemple les évaluations réalisées par *Frontier Economics* et *Accenture* en décembre 2016 estimant les gains potentiels pour la productivité du travail à 20% en France.

³ 15% des emplois français sont susceptibles de faire l'objet d'une automatisation (Le Ru, 2016). Pour une comparaison internationale, voir Arntz et al., (2016).

⁴ Au-delà de la part des emplois qui pourrait disparaître du fait de l'automatisation des tâches, le principal problème tient à la polarisation du marché du travail (Autor, 2015) et au renforcement conséquent des inégalités de revenus (Piketty et Saez, 2014). Celles-ci constituent déjà l'un des traits marquants de nos économies, avec l'accroissement des taux de concentration dans certaines industries. Elles posent un problème de consensus social et également un risque en termes de potentiel de croissance de long terme.

⁵ Les tâches routinières sont celles qui seront le plus affectées par l'automatisation résultant de l'IA. Elles ne concernent pas que le secteur secondaire et peuvent également concerner des salariés qualifiés. Il en est par exemple ainsi du middle office bancaire, des missions de conseil standards aux clients (*hotlines*) et de fonctions supports dans les métiers du droit et du chiffre.

dans une perspective externe pour replacer ces enjeux en termes de concurrence entre opérateurs économiques. L'IA porte indubitablement un fort potentiel de disruption technologique et concurrentielle (Christensen et al., 2015). Il n'est pas étonnant à ce titre qu'elle soit en première ligne dans les développements stratégiques, les recherches et les diversifications des opérateurs dominants de l'économie numérique. L'IA et ses capacités à rebattre les cartes du jeu concurrentiel constitue l'un des facteurs essentiels du modèle de concurrence élargie qui rend le mieux compte de la stratégie de ces groupes (Porter, 1998 ; Petit, 2016).

Dans le domaine du droit, il est possible de trouver dans les problématiques liées à l'IA des pistes de recherche prometteuses. Un premier exemple tient bien évidemment à la protection des données personnelles. Un deuxième terrain est constitué par les enjeux éthiques de l'IA. Un troisième, enfin, particulièrement prometteur, réside dans les questions de responsabilité, notamment en matière de dommages causés aux tiers. Un quatrième terrain, sur lequel nous reviendrons de façon incidente, porte sur la place même du juriste face à l'algorithme à la fois dans son travail quotidien mais aussi et surtout dans son activité de conseil et de juge (Susskind, 2013 ; McKamey, 2017).

b) Les enjeux concurrentiels de l'intelligence artificielle

Les questions de responsabilité peuvent ouvrir des pistes de réflexions intéressantes pour l'économie du droit. Celles-ci se situent dans l'analyse de certaines des conséquences du fonctionnement des algorithmes sur lesquels repose de façon croissante notre économie et notamment ceux qui sont susceptibles d'intégrer de l'IA. En effet, un champ de recherche émerge quant aux impacts concurrentiels des algorithmes de prix (Stucke et Ezrachi, 2015). Traditionnellement, le droit de la concurrence vise à sanctionner (i.e. à prévenir) deux types de pratiques anticoncurrentielles de nature à porter atteinte aux principes d'une concurrence libre, non faussée et par les mérites.

Des entreprises dont les politiques de prix reposent sur l'utilisation d'algorithmes peuvent engager leur responsabilité en regard d'éventuelles violations des règles de marché. De tels risques sont connus en matière de régulation sectorielle. Dans le secteur financier, des abus de marché (sauf forme de manipulation des cours) ont pu être réalisés au travers de tels algorithmes, notamment dans le cadre d'opérations de trading à haute fréquence (Givry, 2015 ; Lenglet et Riva, 2013). Un cas emblématique est constitué par l'affaire Athena Capital

Research aux Etats-Unis en 2014⁶. Dans le cas d'espèce, un algorithme a été codé pour réaliser une manipulation de marché certes classique mais réalisée à une échelle jusqu'alors inenvisageable techniquement. Il s'agissait de la stratégie du *marking the close*. Des transactions massives sont effectuées quelques secondes avant la clôture pour impacter ce cours sachant que des transactions sont prévues pour être réalisées à ce dernier. Dans le secteur des jeux de hasard et d'argent en ligne, l'agrément délivré aux opérateurs est conditionné à un audit *ex ante* des algorithmes sous-tendant les jeux, notamment les générateurs de nombres aléatoires⁷.

Des algorithmes peuvent également être les instruments de pratiques anticoncurrentielles, à la fois en matière d'abus de position dominante et d'ententes entre concurrents.

Dans le domaine des abus de position dominante, des algorithmes ont été mis en cause dans des abus d'éviction. Il s'agit de pratiques unilatérales par lesquelles un opérateur dominant entrave l'accès au marché d'un concurrent potentiel ou évince du marché des concurrents pourtant au moins aussi efficaces que lui en utilisant le levier de sa position de marché. Dans le monde des plateformes électroniques de telles pratiques ont été alléguées dans le cas de moteurs de recherche en ligne qui auraient pu manipuler les résultats de recherche *naturels* (i.e. procédant des résultats directs de leur algorithmes) pour faire passer en premiers résultats des services aval qui leur sont reliés au détriment de services concurrents. Au-delà de ces abus d'éviction, on doit aussi considérer le cas d'abus d'exploitation. Dans cette seconde situation, l'algorithme sert de base à l'imposition de conditions tarifaires différenciées si ce n'est discriminatoires entre les utilisateurs de la plateforme (OCDE, 2016a).

Par exemple, une plateforme, combinant de grandes masses de données sur ses utilisateurs et un algorithme de prix efficace pourrait, sous certaines conditions, proposer à chacun de ses consommateur un prix strictement égal à sa propension marginale à payer et à chaque offreur de service un prix strictement égal à son prix de réservation (en dessous duquel il se retire du marché). Ainsi, la plateforme pourrait maximiser son profit en utilisant son pouvoir de marché en accaparant la totalité des surplus des consommateurs et des producteurs (Marty, 2017a). Le pouvoir de marché procède alors de deux facteurs principaux. Le premier

⁶ Securities and Exchange Commission, Release n°3950, October 16, 2014. Administrative proceeding file n°3-16199, Athena Capital Research LLC.

⁷ Voir dans le cas français le dossier des exigences techniques de l'ARJEL relatif aux obligations imposées aux opérateurs agréés de jeux ou de Paris en ligne, version du 24 septembre 2012.

facteur est le caractère d'opérateur crucial qui fait de la plateforme un point d'entrée quasi-exclusif pour l'utilisateur (Lynskey, 2017 ; Stucke et Ezechia, 2017). Il est consolidé dans l'économie de l'Internet par les effets de réseaux positifs. Le second réside dans l'algorithme et les données sur lesquels il s'appuie. Le pouvoir de marché est également de source informationnelle.

Les algorithmes peuvent également être au cœur du second type des pratiques anticoncurrentielles, en l'espèce les ententes. Il s'agit d'une situation dans laquelle les firmes coordonnent leurs comportements de marché pour maximiser leur profit joint au détriment des consommateurs.

Un premier type d'entente fonctionnant au travers d'un algorithme nous est donné par un cas américain : *Topkins*. Il s'agit d'un vendeur de posters sur *Amazon Market Place* qui a utilisé avec ses concurrents un algorithme de prix leur permettant de s'ajuster instantanément à tout facteur conduisant à des différences entre eux. L'affaire ouverte en avril 2015 par le Département de la Justice américain s'est récemment soldée par un plaidier coupable de la part des mis en cause. Au-delà même du fond de l'affaire, la technologie utilisée pour instituer et stabiliser la collusion est l'élément le plus remarquable du cas. Comme le déclara le responsable de la division Antitrust: "*We will not tolerate anticompetitive conduct, whether it occurs in a smoke-filled room or over the Internet using complex pricing algorithms. American consumers have the right to a free and fair marketplace online, as well as in brick and mortar businesses*⁸."

En effet, l'entente montée par Topkins procédait certes d'un agrément entre les firmes concernées mais reposait exclusivement pour son fonctionnement sur un algorithme de prix. Si s'entendre n'est pas chose réellement aisée entre des firmes possiblement hétérogènes (quand bien même selon ce qui est devenu un adage « *nos concurrents sont nos amis, ce sont nos clients nos ennemis*⁹ ») stabiliser un cartel dans le temps est une tâche particulièrement ardue. Il s'agit en effet d'assurer la police du cartel, c'est-à-dire détecter d'éventuelles déviations par rapport à l'accord et être en capacité de les sanctionner de façon suffisamment diligente et proportionnée pour dissuader ses « concurrents » de récidiver sans pour autant déclencher une guerre des prix collectivement sous-optimale. Une entente est intrinsèquement

⁸ <https://www.justice.gov/opa/pr/former-e-commerce-executive-charged-price-fixing-antitrust-divisions-first-online-marketplace>

⁹ United States v. Andreas, 216 F.3d 645 (7th Cir. 2000), voir Klawiter (2012) pour une mise en perspective et Eichenwald (2001) pour un roman tiré du cas ADM.

instable. D'une part chacun de ses membres à intérêt à dévier de l'accord. Si tous les « concurrents » augmentent leurs prix, la stratégie optimale est de réduire les siens de façon la plus discrète possible. D'autre part, les déviations sont souvent moins le fruit de trahisons que d'erreurs d'interprétation dans le comportement des autres. En d'autres termes, les participants de l'entente sont bien trop souvent guidés par leurs émotions que par un calcul froid et rationnel... Un algorithme peut présenter de telles qualités (Mehra, 2016, Marty, 2017b). D'ailleurs dans la typologie dressée par Stucke et Ezrachi (2015) des collusions basées sur des algorithmes, le modèle de Topkins constitue un premier modèle, celui du messenger. Si l'entente passe par des *robo-sellers* pour sa mise en œuvre, elle repose sur une intention initiale explicite des firmes concernées. Ce cas correspond à une génération d'algorithmes pour lesquels il est encore possible *ex post* d'entrer dans les lignes de code pour vérifier qu'elles ont bien été écrites dans l'objectif de colluder. Une sanction concurrentielle est possible. L'algorithme constitue le *smoking gun* de l'entente, en d'autres termes une preuve matérielle à disposition du juge pour caractériser *ex post* l'entente.

Un deuxième cas de *bot-led collusion* est présent dans la typologie de Stucke et Ezrachi (2015), il s'agit du modèle de *hub-and-spoke*. Il s'agit d'une collusion horizontale dans laquelle les firmes ne communiquent pas directement entre elles mais partagent des informations par l'intermédiaire d'un tiers dans une position verticale par rapport à elles (Orbach, 2016). Il peut s'agir d'une entité économique, telle une association ou un office statistique professionnel, ou plus simplement d'un dispositif technique...tel un algorithme¹⁰. Il s'agit donc d'une collusion qui se fonde sur l'adoption d'un même outil par tous les acteurs du marché pour déterminer leurs décisions de prix. L'économie des plateformes se caractérise par des dispositifs qui peuvent évoquer ce cas de figure. En effet, l'algorithme d'appariement entre consommateurs et offreurs de services peut donner lieu à de telles suspicions de réduction artificielle de la concurrence horizontale entre les seconds cités. Uber fait par exemple l'objet de telles allégations (Anderson et Huffman, 2017).

¹⁰ Une collusion relative aux tarifs aériens qui reposait également sur le partage d'informations avait été démantelée aux Etats-Unis dans les années quatre-vingt-dix (United States v Airline Tarriff Publishing Company (836 F. Supp 9, 12, DDC, 1993). Elle n'avait pas donné lieu à une décision rendue sur une base contentieuse dans la mesure, où comme l'affaire Topkins, elle a trouvé une issue négociée. Chaque compagnie aérienne transmettait quotidiennement ses tarifs à l'Airline Tariff Publishing Company (ATPCO) qui en dérivait des informations agrégées sur le marché... y compris sur le prix des billets pour les trajets à venir. Pour le Département de la Justice américain ce mécanisme permettait d'annoncer les prix futurs et donc d'assurer un équilibre collusif (OCDE, 2016). Un mécanisme de type *hub-and-spoke* permettait donc de coordonner les firmes horizontalement sans aucun échange bilatéral de leur part. Les données collectées, agrégées et diffusées par l'office statistique professionnel constituaient la clé de voûte de la collusion tacite. Pour une présentation du cas, voir Borenstein (1999).

Cependant, aucun de ces deux types d'algorithmes repose sur de l'IA. Ce n'est pas le cas des deux derniers modèles de collusions distingués par Stucke et Ezrachi (2015) : l'agent prévisible et celui de la machine autonome. Dans le modèle de l'agent prévisible, chaque compétiteur conçoit un algorithme qui lui est spécifique. Celui-ci est codé pour maximiser son profit. Cependant, l'observation de l'évolution des conditions de marché et donc des décisions des tiers est intégrée dans l'algorithme et donne lieu à un ajustement instantané. Si, les algorithmes des concurrents fonctionnent selon les mêmes règles, un équilibre ne peut qu'émerger. Le dernier mécanisme repose quant à lui réellement sur de l'IA. Il s'agit du modèle de la machine autonome. Dans ce cas, l'algorithme est toujours conçu pour maximiser le profit individuel en s'ajustant aux décisions des autres mais il le fait en apprenant des interactions passées.

Au point de vue de l'économie du droit, l'intérêt de ces derniers modèles est qu'ils mettent en place des équilibres de collusion tacite qui sont particulièrement difficiles à identifier pour des firmes en concurrence et surtout difficiles à maintenir (Ivaldi et al., 2003). En effet des firmes concurrentes, si elles ont des structures de coûts comparables, des produits homogènes et surtout si elles sont suffisamment peu nombreuses, peuvent prendre conscience de leur situation d'interdépendance stratégique. Se lancer dans une réelle concurrence peut être excessivement risqué pour tous. A l'inverse une paix armée ou un *modus vivendi* mutuellement acceptable peut être un équilibre intéressant sur le long terme. Il peut en procéder des équilibres de collusion tacite dans lesquels les entreprises, une fois qu'elles ont identifié par un processus d'essais et d'erreurs un point d'équilibre concurrentiel stable et satisfaisant, décident chacune de leur côté de ne pas en bouger sans qu'il soit besoin de se concerter et d'expliciter l'accord¹¹. Cette situation de position dominante collective est particulièrement difficile, sinon impossible à sanctionner par les règles de concurrence (Petit, 2013). Seul un parallélisme de comportement apparaît mais il est difficile de le qualifier à lui seul d'anticoncurrentiel... d'autant qu'il n'existe et pour cause aucun élément matériel venant apporter la preuve d'un accord de volontés.

¹¹ Le maintien de l'équilibre dans le temps est étroitement de ce que les firmes peuvent inférer du comportement des autres à partir des données observables sur le marché. Plus les données sont accessibles rapidement et plus elles sont désagrégées, plus est facile d'observer et de répondre à une éventuelle déviation par rapport à l'équilibre collusif (Ivaldi et al., 2003).

L'avantage des algorithmes basés sur l'IA tient au fait qu'ils identifient d'eux-mêmes très rapidement cet équilibre mutuellement efficient et qu'ils permettent de le pérenniser efficacement en ne commettant aucune erreur humaine dans leurs décisions (Kahneman, 2012). Ils posent d'autant plus problème au juge de la concurrence qu'ils ne sont pas codés et colluder et ne font *in fine* que s'ajuster rationnellement aux signaux de marché.

Nous allons donc dans les deux sections suivantes préciser le mode de fonctionnement de ces algorithmes et considérer les moyens qui pourraient permettre de prévenir les dommages concurrentiels liés à leur fonctionnement ou du moins conduire à sanctionner les opérateurs dont les algorithmes conduiraient à un dommage concurrentiel.

II – Intelligence artificielle, dommages et responsabilité : application aux algorithmes de prix

L'utilisation de données massives (*Big Data*) et les algorithmes utilisant l'IA permettent une atteinte plus aisée et plus rapide des équilibres de collusion tacite et garantissent une meilleure stabilité de ces derniers.

En termes économiques, le *Big Data* se caractérise par la notion des 4V. Il s'agit du volume des données traitées, de leur variété, de leur vitesse de traitement et enfin de leur valeur. L'augmentation exponentielle du volume de données disponibles et de leur possibilité de traitement suivent une évolution se rapprochant de la Loi de Moore. Les dimensions économiques du *Big Data* doivent être également comprises en regard de la baisse du coût de la collecte, du stockage et du traitement de ces données (OCDE, 2016b).

Il convient également de prendre en considération la capacité croissante des algorithmes à prévoir des événements futurs à partir des données actuelles et ce de façon instantanée. Il s'agit par exemple de la notion de *now-casting*. Une recherche en ligne sur la grippe annonce une épidémie avant même que les médecins ne soient consultés et donc que le système de santé ne soit informé du phénomène¹². Ce processus est à la base d'un avantage informationnel (et donc stratégique) décisif des opérateurs en place par rapport aux nouveaux

¹² Banbura et al. (2013) définissent le *now-casting* comme "the prediction of the present, the very near future and the very recent past". Cela permet de collecter et donc de traiter en temps réel des données qui sinon ne seraient agrégées qu'avec un long délai. Cette immédiate est à la source d'une possible création de valeur pour les firmes. Il est cependant bien évident qu'elle crée des problèmes de protection de données personnelles. Comme le montre l'OCDE (2016b) ces méthodes sont utilisées pour prévoir des évolutions d'offres de prix sur des sites d'enchères. Elles permettront de modéliser en temps réel de possibles inflexions dans les comportements de marché d'où leur importance pour la stabilisation d'un équilibre collusif.

entrants dans le cadre de problématiques reliées au verrouillage des marchés (Stucke et Grunes, 2016). Il peut également avoir une forte importance en matière de maintien d'un équilibre collusif. En effet, chaque membre de l'oligopole peut être en position de détecter très en amont les signaux faibles de la déviation. En d'autres termes, la capacité à détecter immédiatement les indicateurs avancés d'un comportement « hostile » d'un concurrent peut assurer une efficace police du cartel. Il convient en effet de croiser cette capacité de détection avec la possibilité de modification des prix en temps réel via l'algorithme. Le bénéfice lié à la déviation est instantanément annulé par l'ajustement des prix des concurrents et les rétorsions sont immédiates. L'équilibre collusif est donc bien plus stable que s'il était construit au travers d'interactions humaines.

Ce processus de *now casting* s'intègre dans une logique de *predictive analysis*¹³. L'algorithme peut non seulement suivre les prix des concurrents mais également identifier des *patterns* en termes de prix et de décisions de marché. Cela revient en d'autres termes à observer l'ensemble du comportement des concurrents pour observer si ces derniers mettent effectivement en œuvre une convention donnée de marché. Nous retrouvons ici à nouveau l'approche conventionnaliste qui va définir la convention comme un système d'attentes réciproques sur le comportement de chacun¹⁴. L'algorithme va essayer de repérer, bien plus vite et plus efficacement qu'un agent humain, si les décisions des tiers annoncent effectivement un craquement ou un signe avant-coureur d'une éventuelle rupture de convention. Les algorithmes sont capables de combiner données historiques, données en temps réel, observations des comportements des tiers pour évaluer ce qui peut se passer sur le marché les prochains mois, semaines, voire les prochaines heures (Moore-Coyler, 2016). En d'autres termes, les données ne sont plus seulement un instrument pour refléter les conditions de marché mais pour les prédire.

C'est en ce sens que Stucke et Grunes (2016) relie consubstantiellement les notions de *Big Data* et de *Big Analytics*. Cette analyse s'appuie désormais sur des systèmes

¹³ Rapport écrit d'Ariel Ezrachi et de Maurice Stucke (OPL0043) pour le rapport de la commission de la Chambre des Lords (2016) sur les plateformes en ligne et le marché unique numérique européen.

¹⁴ Dans une situation de coordination en information imparfaite et en situation de rationalité limitée, il est impossible de déduire de l'observation du comportement de chacun une régularité qui permette de constituer un point d'appui sûr pour anticiper les comportements futurs et même de qualifier le comportement actuel. L'incertitude radicale qui s'ensuit est un obstacle déterminant à l'établissement d'une coordination avec les autres agents. Il est donc nécessaire d'appuyer celle-ci sur un fondement conventionnel qui permet d'anticiper les comportements de chacun. Une telle convention ne peut procéder que de formes d'évaluations communes des comportements et des objets. Le risque d'échec apparaît dès lors que les agents ne partagent pas la même convention où que l'un d'entre eux rompe avec la convention suivie par ses partenaires (Eymard-Duvernay et al., 2006).

d'intelligence artificielle dont la principale caractéristique est d'être capables de mettre en œuvre des capacités d'apprentissage autonome.

Au travers du *machine learning*, l'algorithme modifie de lui-même son code et ses paramètres pour tenir compte de son apprentissage. Le *machine learning* désigne la capacité de l'algorithme à se modifier de lui-même dans le cadre d'un processus d'apprentissage autonome basé sur l'évaluation de ses résultats et observations passés. La spécificité de ces algorithmes tient à leur capacité à s'autonomiser de leur codage initial via l'expérience qu'ils accumulent au travers des interactions de marché. Ainsi, il est impossible de caractériser une intention anticoncurrentielle à partir des lignes de code initiales.

L'algorithme est toujours conçu pour maximiser le profit individuel en s'ajustant aux décisions des autres mais il le fait en apprenant des interactions passées. Il convergera de ce fait, progressivement mais bien plus rapidement que si les décisions étaient prises par des humains, avec les algorithmes des concurrents, vers le point focal d'une collusion tacite. Il n'y a ni accord entre concurrents, ni intention dans la mesure où le code initial est calé sur une logique unilatérale non coopérative. Les algorithmes sont programmés pour maximiser le profit individuel (pas d'intention du programmeur en jeu) et ils opèrent indépendamment les uns des autres (donc pas de possibilité de mettre en évidence une action coordonnée). Dans un tel cas, on spécifie un objectif à l'algorithme et il détermine lui-même les moyens les plus efficaces pour parvenir à cette fin non seulement à partir de son codage initial et du stock d'informations dont on la doté mais également à partir des données qu'il va accumuler de ses observations et de ses interactions passées. Le codage lui-même va évoluer au travers de ce mécanisme d'apprentissage sans intervention explicite et finalisée d'un développeur.

Les logiques de *deep learning* et de *reinforcement learning* sont à l'origine de cet équilibre collusif. Le *deep learning* permet d'analyser de très grandes quantités de données mais également de mettre en œuvre des *backpropagation algorithms* permettant à une machine de corriger d'elle-même ses paramètres internes pour améliorer sa performance (Le Cun et al., 2015). Le *reinforcement learning* (l'apprentissage par renforcement) désigne le fait d'apprendre, au travers de différentes expériences et d'observations successives, qu'elle est la stratégie optimale à mettre en œuvre pour maximiser sa fonction objective. C'est cette caractéristique qui permet à l'algorithme d'apprendre de ses propres erreurs et donc de les corriger de lui-même dans les interactions suivantes.

Les algorithmes de type neuronaux ou génétiques se distinguent donc des algorithmes classiques en ce que leur code n'est pas figé par le développeur. La logique conséquentialiste / déductive s'efface donc devant un fonctionnement plus proche de celui du cerveau humain dans lequel des connexions sont affectées de poids différenciés et évolutifs dans le temps au fil des interactions, sont mises en sommeil, réactivées, voire créées. L'ensemble s'auto-calibre et s'ajuste constamment en fonction des retours d'expériences. L'algorithme ne fonctionne plus sur la base d'un code figé, de nature déductive mais au travers de routines évolutives, s'auto-renforçant ou se corrigeant de façon plus inductive. L'algorithme est dès lors apte à développer et à traiter des connaissances tacites (Cuéllar, 2016). Il est à noter au passage que cette capacité peut conduire à reconsidérer la distinction entre l'information (objective et transférable) et la connaissance au sens de Hayek (1945) laquelle est spécifique à l'agent et aux circonstances de temps et de lieu. L'algorithme peut non seulement se substituer au « statisticien » mais également au « man on the spot ». L'algorithme agit comme le ferait un membre expérimenté de l'oligopole mais de façon quasi-instantané, sans avoir besoin d'échanger en interne ou avec les tiers, sans erreur de jugement et sans traçabilité.

En effet, la stratégie dominante – même s'il s'agit d'une collusion tacite – n'a pas besoin d'être programmée. L'algorithme va la découvrir seul et peut même la mettre en œuvre spontanément sans que l'entreprise l'ait décidé ou en est eu, dans une certaine mesure, conscience. Eyrach et Stucke (2017) montrent à partir de l'exemple de *Deep Mind*, algorithme développé par Google, que l'algorithme décide en fonction des circonstances et des paramètres de la situation, d'opter pour des stratégies coopératives ou des stratégies non coopératives vis-à-vis des algorithmes avec lesquels il est mis en interactions. Une coopération peut émerger si elle permet de maximiser le profit joint, ce qui est exactement la situation de la collusion tacite.

Comme le soulignent Eyrach et Stucke (2017), les algorithmes reposant sur l'intelligence artificielle seront particulièrement difficiles à analyser par les autorités de concurrence. Ils reposent sur des architectures comparables à des réseaux neuronaux composés de nombreuses interconnexions¹⁵. Comme le circuit décisionnel sera très difficile sinon impossible à suivre et à retracer, la caractérisation d'une intention anticoncurrentielle

¹⁵ Un algorithme fonctionnant sur la base de l'IA est capable de développer de lui-même de nouveaux réseaux décisionnels pour traiter au mieux des informations qui ne figuraient pas dans les données initiales qui ont servi à son calibrage (Castelvecchi, 2016). Le *deep learning* met en œuvre un réseau de type neuronal, l'activation, la mise en sommeil ou la création de nouvelles connexions est liée à l'apprentissage même réalisé par l'algorithme (Jones, 2014 ; Cuéllar, 2016).

dans le cadre d'une enquête *ex post* sera particulièrement difficile à réaliser. L'algorithme risque donc de se muer en une boîte noire quasi inexploitable (Castelvecchi, 2016). Comme indique Cuéllar (2016) "one limitation of neural networks is the inability to glean much of a (tractable or logical) explanation for why a decision was taken", ce qui posera un problème en termes de redevabilité.

III – Quelles réponses aux défis posés par l'intelligence artificielle au concurrentialiste ?

Le cas des ententes basés sur des algorithmes utilisant l'IA ne peut donc pas donner aisément lieu à une sanction sur la base de l'intention anticoncurrentielle. L'autorité en charge de l'application des règles de concurrence ne peut guère plus s'appuyer sur des éléments de preuves matériels. Une approche par les effets est indubitablement plus raisonnable. Elle n'est pas pour autant aisée. En effet, caractériser des prix comme excessifs suppose de disposer d'un parangon... Or, les prix de tous les concurrents évoluent dans le même sens. Le parallélisme de comportement n'est pas de plus sanctionné en lui-même. Il faudrait démontrer *ex post* que les firmes font évoluer leurs prix de façon identique en fonction de chocs qui les atteindraient de façon différenciée du fait, par exemple, de structures de coûts et de stratégies différentes. Le problème est que ces équilibres se produisent dans des branches étroitement oligopolistiques où les structures de coûts sont souvent homogènes.

De plus, certains des outils utilisés par les autorités de concurrence pour détecter l'émergence d'équilibres collusifs dans le cadre d'une supervision *ex post* des marchés (via un *screening*, voir Harrington (2008) et Marmer et al. (2016)) deviennent inopérants dans la mesure où il n'existe plus de décisions explicites d'ajustements¹⁶. Il convient en effet de noter que les violations des règles de concurrence liées à des décisions de machines autonomes posent un problème de redevabilité (au sens de l'*accountability*). Non seulement, les développeurs ne programment pas l'algorithme pour qu'il collude mais la nature même de ses règles d'évolution peut rendre difficile l'explication *ex post* de son fonctionnement¹⁷. Le problème est que les entreprises doivent auto-évaluer la conformité de leurs pratiques avec les

¹⁶ Le temps où l'on pouvait considérer qu'un algorithme est performant pour appliquer une règle mais impropre à identifier une convention (dans le sens de pattern recognition) est désormais passé (Levy et Murnane, 2005).

¹⁷ "Due to the large number of parameters that are used by the algorithms, even the engineers who constructed the system are often not able to explain why the algorithms made specific decisions" (Pr. Tom Rodden dans le cadre de son audition par la Chambre des Lords (2016) – rapport écrit n°OPL0074).

règles de concurrence¹⁸. Elles ne peuvent ici en aucun cas apporter l'assurance tant *ex ante* qu'*ex post* que la résultante des règles de fonctionnement de leurs algorithmes ne sera pas un équilibre de collusion tacite.

Plusieurs voies sont possibles afin de maîtriser les risques décrits *supra*.

Une première voie est celle d'une régulation *ex ante* des algorithmes complétée par revues *ex post* de type enquête sectorielle pour les auditer (Ezrachi et Stucke, 2017). La solution proposée repose sur des expérimentations réalisées dans le cadre d'un *incubateur de collusion algorithmique*. Il s'agit de procédures de tests des algorithmes utilisés par les firmes concurrentes afin d'évaluer leurs propensions à induire des équilibres collusifs en fonction des différentes situations de marché. Cette méthode connaît bien évidemment des limites : elle demeure statique et ne permet de rendre compte des effets du *machine learning*. Elle permet cependant à l'autorité de tester les comportements des algorithmes dans certaines des conditions les plus susceptibles de porter préjudice à la concurrence, un peu dans la logique des *stress tests* bancaires. Ces tests peuvent également déboucher sur des modifications à apporter *ex ante* aux algorithmes pour réduire préventivement leurs capacités collusives. Un premier type de test peut être réalisé au travers d'une décélération des ajustements de prix. L'impossibilité de réagir instantanément aux réactions des concurrents entrave l'émergence et compromet la stabilité d'un équilibre de collusion tacite. Le jeu sur les délais de réponses peut ouvrir un espace à des stratégies *disruptives* portées par des concurrents de type *mavericks*. Un deuxième type de tests (et donc de mesures correctives potentielles) pourrait tenir à des altérations de la transparence des marchés et à l'utilisation d'autres algorithmes comme contre-mesures. Il pourrait par exemple s'agir de permettre aux consommateurs d'utiliser des algorithmes de comparaison de prix tout en réduisant la capacité des algorithmes des firmes à capturer instantanément cette information.

L'approche décrite *supra* a également été préconisée dans le cadre des rapports remis au comité de la Chambre des Lords britanniques sur l'économie des plateformes¹⁹. Face à

¹⁸ Notons que la question de la capacité des algorithmes à rendre des comptes sur leurs décisions dépasse largement le domaine de l'économie de la concurrence dès lors que l'on considère que ceux-ci peuvent eux-mêmes prendre des décisions infondées (Kanheman, 2012) ou prendre des décisions pouvant être à l'origine de dommages causés aux tiers (voir l'éditorial du n°7621 de *Nature* (volume 537, 21 septembre 2016 : *More accountability for big-data algorithms*). Une illustration de ces questionnements peut être apportée par les modèles de justice prédictive et de décisions rendues sur la base d'algorithmes (Alarie et al., 2016). De la même façon, Castelveccchi (2016) donne l'exemple d'un banquier central qui prendrait ses décisions en matière de politique de taux à partir d'un tel algorithme. Il ne pourrait dans le cadre de sa communication aux marchés expliciter ses choix de la façon suivante : « the black box made me do it ».

¹⁹ Romden T., (2016) *op. cit.*

l'impossibilité *ex post* de faire rendre des comptes sur le fonctionnement de l'algorithme, un ensemble d'expérimentations pourraient être utilisées. Un premier ensemble pourrait résider en un contrôle des possibles biais par le recours à des simulations sur des données réelles. Un second ensemble de contrôles pourrait porter sur l'évaluation des phénomènes de renforcement dans les effets d'apprentissages des logiciels. Cela peut notamment être déterminant dès lors que les algorithmes se fondent sur des corrélations et risquent par leur fonctionnement même de les renforcer. En effet, un des risques classiques des algorithmes est qu'ils confirment et amplifient des discriminations sociales non seulement sur la base de leur code initial mais aussi et surtout au travers des interactions avec les tiers et la prise en compte des préjugés de ces derniers dans leur propre processus de décision. L'exemple des discriminations raciales en matière de fixation des prix pour des hébergements chez des particuliers est un cas désormais archétypal. Le risque est donc que les algorithmes amplifient les phénomènes seulement en prenant compte des corrélations dans les comportements des autres acteurs quels que soient leur bienfondé et leur origine (Wilbanks et Topol, 2016). Seul un transfert des codes et des bases de données à un tiers indépendant pour des simulations peuvent permettre de découvrir la possibilité de tels biais.

La démarche suivie par Chen et al. (2016) peut apporter un bon exemple d'audit quant à la formation des prix sur une plateforme. Ceux-ci évaluent *ex post* l'impact des algorithmes de prix sur la place de marché en ligne d'Amazon. Leur analyse porte sur les 1641 produits les plus vendus et sur 500 vendeurs utilisant des algorithmes de prix (dont Amazon elle-même). Ils démontrent que les vendeurs « algorithmiques » enregistrent des performances supérieures à leurs homologues « humains ». Leur gamme de produits est plus étroite mais leurs retours financiers sont supérieurs. Cependant, la volatilité des prix pour ces vendeurs est significativement supérieure (plusieurs dizaines voire plusieurs centaines de changements de prix dans la journée). Ils montrent que ce différentiel de performances constitue un puissant inducteur d'automatisation pour l'ensemble des vendeurs de la place de marché. Pour autant, ils constatent également qu'une « increasing automation opens the door to intentional and unintentional market distortions » et plaident en conséquence pour une supervision des algorithmes par un tiers²⁰.

Il est à noter que cette approche fait écho aux analyses développées par Nicolas Petit (2017) quant à la régulation des risques induits par l'intelligence artificielle. Lorsque les

²⁰ Ce dernier pouvant être un régulateur ou algorithme. Le site camelcamelcamel.com, qui assure un suivi des prix sur Amazon, donne un exemple des possibilités de suivi.

externalités produites par ces systèmes peuvent être circonscrites, la meilleure solution réside en l'activation de règles de responsabilité *ex post*. A l'inverse, lorsque celles-ci peuvent revêtir des dimensions systémiques, la solution d'une réglementation *ex ante* est préférable. Si cet équilibre est somme toute très classique en regard des prescriptions de l'économie du droit en matière de régime de responsabilité pour risque, les préconisations faites se caractérisent quant aux modalités mêmes de la régulation qui passent également par des logiques de tests et d'expérimentations.

Une deuxième voie, moins coûteuse, tiendrait à un critère de type *no-fault monopoly*. Il s'agirait alors de ne faire porter le contrôle *ex post* que sur le seul effet des pratiques. Un problème doit cependant être pris en considération. Un tel critère pourrait être particulièrement coûteux en termes d'efficacité économique. En effet, si les algorithmes sont programmés et conçus pour être efficaces, introduire une telle règle de responsabilité sans faute reviendrait à prescrire à ces derniers, à « se programmer » pour être sous efficaces.

Une troisième voie passerait par un appui sur des règles de responsabilité sur la base de la réparation d'un éventuel dommage concurrentiel du fait de la mise en œuvre des algorithmes. Plusieurs régimes de responsabilité peuvent être envisagés (European Commission, 2017). Un premier est une responsabilité de plein droit²¹ ; un deuxième tient à une responsabilité basée sur une règle de production du risque (l'acteur dont le comportement est le plus inducteur de risque est responsable) ; un troisième tient à une règle de gestion des risques (celui qui peut gérer le risque au moindre coût est responsable. La prise de position de la Commissaire européenne M. Verstager (2017) semble conforter ces approches : “competition enforcers need to be suspicious of everyone who uses an automated system for pricing. [...] Businesses [...] need to know that when they decided to use an automated system they will be held responsible for what it does, so they had better to know how that system works”.

Les firmes pourraient prévenir le risque en sous-optimisant le système (maximiser sous contrainte de ne pas exclure un concurrent ou de ne pas colluder). Elles pourraient être considérées comme les agents qui peuvent prévenir le risque au moindre coût. Mais elles devraient en outre prendre en considérations les impacts, même non recherchés, que pourraient avoir leurs algorithmes sur le marché. Le développeur lui-même devrait prendre en

²¹ Une interdiction de certains systèmes pour prévenir tout risque correspond à une logique de dommage induit par la régulation pour éviter toute survenance de risque. Il s'agit d'une logique de *knee-jerk regulation* (Petit, 2017).

considération la possibilité de dommage concurrentiel qui pourrait résulter du fonctionnement de l’algorithme sans que la finalité de ce dernier ne soit un élément pertinent.

La conscience de ce risque pourrait servir de substitut à un critère de l’intention *stricto sensu* (Gal et Elkin-Koren, 2017). Il s’agit d’une question essentielle liée à la divergence entre une approche juridique, basée sur une logique téléologique (la finalité de l’action) et une approche technique de nature ontologique, basée sur ce que la technologie est (Chopra et White, 2011 ; Petit, 2017). Il s’agit somme toute de ne pas évaluer le programme en regard de sa finalité, en d’autres termes d’un lien de causalité, mais à l’aune des choix qu’il réalise *in concreto*²².

IV – Conclusion

L’utilisation de nouveaux outils peut parfois conduire à des résultats sous-optimaux. Le moins grave est encore l’*effet dilligence*²³, c’est-à-dire leur mise en œuvre dans des conditions se rapprochant le plus possible (pour un temps) des modèles passés. Le deuxième risque (Christensen, 1997) est de sous-utiliser l’innovation en la transformant en innovation incrémentale (faire les choses comme jadis mais plus efficacement) que comme une innovation de rupture (repenser ses modes d’action). Le troisième risque est de réguler l’innovation avec les anciens outils. Cela risque de pénaliser excessivement la création de richesse, en suscitant des incertitudes juridiques susceptibles de dissuader les innovateurs et les investisseurs (Balkin, 2015), ou cela peut au contraire ne pas conduire à responsabiliser ces derniers contre les dommages qu’ils sont susceptibles d’induire (Petit, 2017).

Les pistes de résolutions des difficultés sont certes sous-optimales mais semblent envisageables. Les tests correspondent à la logique classique des régulateurs sectoriels ; les règles de type *no-fault monopoly* sont envisageables et sont d’ailleurs plus ou moins à l’œuvre pour les entreprises anciennement titulaires de droits exclusifs et les solutions basées sur les règles de responsabilité sont proches de la zone de confort des économistes du droit. Il s’agirait d’étendre aux algorithmes des logiques de type principe de précaution, responsabilité étendue pour risques systémiques, responsabilité de plein droit, responsabilité pour faute basée sur un standard de précaution etc... Il n’est pas exclu que le passage d’une régulation

²² Qu’il soit permis de faire un parallèle avec les *programmes exilés* dans le film *Matrix Reloaded* de L. et A. Wachkowsy, sorti en 2003, lesquels posent la question des places respectives du choix et de la causalité dans les décisions des algorithmes (Badiou et al., 2003).

²³ Les premiers wagons au début du dix-neuvième siècle reprenaient la forme de véhicules hippomobiles. Ceci représentait une perte en termes de volumes de charge mais les concepteurs reprenaient des *modèles* existants sans penser aux possibilités d’optimisation dans le nouveau système technique (Perriault, 2002).

substantielle à une régulation procédurale telle qu'elle a pu être observée dans le domaine de la régulation financière (Kirat et Marty, 2015) ne puisse pas être transposée dans ce domaine. Dans ce cadre la supervision du régulateur ne porte plus sur l'identification et la mesure des effets d'un manquement donné mais sur l'existence et l'effectivité de procédures de contrôle interne destinées à prévenir l'occurrence d'un éventuel dommage.

En tout état de cause, le cas des algorithmes fonctionnant sur la base de l'IA pose des problèmes significatifs en matière de mise en œuvre des règles de concurrence. Tant le choix des firmes que le fonctionnement des algorithmes répond à une seule logique : celle de la recherche de l'efficacité sans qu'il soit à un quelconque moment possible de déterminer une intention anticoncurrentielle... quand bien même tous peuvent aisément anticiper que ce sera la résultante collective de choix concurrentiels individuels. On retrouve un problème classique de décisions rationnelles conduisant à un résultat collectif sous optimal.

La problématique touche également la définition même de la politique de concurrence et l'idéal de marché qui la sous-tend. Le modèle de la concurrence pure et parfaite repose notamment sur des principes de transparence et d'instantanéité des ajustements. Les algorithmes ont pour effet de rendre possibles ces deux hypothèses qui demeuraient en grande partie des horizons inatteignables. Cependant, ils permettent ce faisant de consolider des tendances naturelles de constitution d'équilibres oligopolistiques stables. Ces derniers correspondaient à des situations dans lesquelles les opérateurs dans un schéma de *guerre froide* évitaient une guerre des prix possiblement destructrices et pouvaient trouver une sorte de *coexistence pacifique*, acceptable pour eux mais coûteuse pour le consommateur. L'algorithme a pour effet de rendre cet équilibre plus aisé à trouver et plus stable en autant à la coordination tacite tous les ferments de déstabilisation tenant à des biais informationnels ou émotifs. L'algorithme permet d'apprécier exhaustivement et robustement les faits, de prévoir l'avenir immédiat et d'identifier des risques à partir de signaux faibles et enfin d'éviter toute réaction humaine, inappropriée, disproportionnée ou à contretemps. Il permet également de développer des connaissances tacites et idiosyncrasiques nécessaires à l'établissement d'attentes réciproques quant aux comportements de chacun indispensables à la construction d'un équilibre collusif.

A cette aune le marché seul n'est pas autorégulateur. Les incitations qu'il produit conduisent à un blocage du processus de concurrence d'autant plus inexorable qu'il procède de l'intérêt bien compris des participants. Vu que ceux-ci confient leurs décisions à une IA qui elle ne commet pas d'erreurs humaines, la collusion semble le résultat fatal du

fonctionnement du marché. Nous retrouvons donc, à l’opposé des conclusions de la Seconde Ecole de Chicago, certaines des conclusions de la première école du nom et des ordolibéraux allemands : il faut défendre le processus de concurrence pour lui-même mais de fait contre lui-même. Fut-ce au prix de la renonciation à certains gains d’efficacité de court terme (Marty, 2015).

Références

Alarie B., Niblett A. and Yoon A., (2016), “Regulation by Machine”, *Working paper*, December, available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2878950>

Arntz M., Gregory T. and Zierahn U. (2016), “The Risk of Automation for jobs in OECD Countries: A Comparative Analysis”, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers*, n° 189.

Autor D., (2015), “Why Are There Still So Many Jobs? The History and Future of Workplace Automation”, *Journal of Economic Perspectives*, volume 9, n°3, Summer, pp.3-30.

Badiou A., Benatouil T., During E., Maniglier P., Rabouin D. et Zarader J.P., (2003), *Matrix, machine philosophique*, Ellipses, Paris.

Balkin J.M., (2015), “The Path of Robotics Law”, *California Law Review*, volume 6, June, pp.45-60.

Banbura M, Giannone D., Modugno M. and Reichlin L., (2013), “Now-Casting and the Real-Time Data Flow”, *European Central Bank Working Paper Series*, n°1564, July.

Borenstein, S. (1999), “Rapid Price Communication and Coordination: The Airline Tariff Publishing Case”, in Kwoka J.E. and White L.J., eds., *The Antitrust Revolution: Economics, Competition, and Policy*, Oxford University Press.

Brynjolfsson E. and McAfee A., (2014), *The Second Machine Age*, W. W. Norton & Company Inc.

Castelvecchi D., (2016), “Can we open the black-box of AI?”, *Nature*, 5 October.

Chen L., Mislove A. and Wilson C., (2016), “An Empirical Analysis of Algorithmic Pricing on Amazon Marketplace”, *working paper*, College of Computer and Information Science, Northeastern University.

Chopra S. and White L.F., (2011), *A Legal Theory for Autonomous Artificial Agents*, University of Michigan Press.

Christensen C., (1997), *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*, Harvard University Press.

Christensen C.M., Raynor M.E., and McDonald R., (2015), "What Is Disruptive Innovation?", *Harvard Business Review*, December.

Cuéllar M.-F., (2016), "Cyber-Delegation and the Administrative State", *Stanford Public Law Working Paper*, n° 2754385, October, 23p

Eichenwald K., (2001), *The Informant: A True Story*, Broadway Books, 656p.

European Commission, (2017), *Free flow of data and emerging issues of the European data economy*, Commission Staff Working Document, SWD(2017) 2 final, 10 January.

Eymard-Duvernay F., Faverau O., Orléan A., Salais R. et Thévenot L., (2006), « Valeurs, coordination et rationalité : trois thèmes mis en relation par l'économie des conventions », in Eymard-Duvernay F., ed, *L'économie des conventions- méthodes et résultats*, tome 1, *Débats*, La Découverte, Paris, pp.23-44.

Ezrachi A. and Stucke M.E., (2016), *Virtual Competition: The Promise and Perils of the Algorithm Driven Economy*, Harvard University Press.

Ezrachi A. and Stucke M.E., (2017), "Two Artificial Neural Networks Meet in an Online Hub and Change the Future (of Competition, Market Dynamics and Society)", *Working Paper*, April, 46p., available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2949434>

Gal M.S. and Elkin-Koren N., (2017), "Algorithmic Consumers", *Harvard Journal of Law and Technology*, volume 30, n°2, Spring.

Givry A., (2015), « La régulation du trading haute fréquence : approche française et difficultés », *Annales des Mines- Réalités Industrielles*, 2015/1, pp.74-77.

Harrington, J. (2008), "Detecting Cartels", in Buccirosi P, ed, *Handbook in Antitrust Economics*, MIT Press.

Hayek F.A., (1945), "The Use of Knowledge in Society", *American Economic Review*, volume 35, n°4, September, pp.519-530.

House of Lords, (2016), *Online Platforms and the EU Digital Single Market*, Select Committee on the European Union Internal Market.

Ivaldi M., Jullien B, Rey P. and Tirole J., (2003), *The Economics of Tacit Collusion*, Report for the DG Competition, European Commission, March, 75p.

Kahneman D., (2012), *Système 1/Système 2 : les deux vitesses de la pensée*, Flammarion, Paris.

Kirat T. and Marty F., (2015), “The Regulatory Practice of the French Financial Regulator, 2006-2011 – From Substantive to Procedural Financial Regulation”, *Journal of Governance and Regulation*, volume 4, Issue 4 (continued – 4), pp.441- 450.

Klawiter D.C., (2012), “Antitrust Criminal Sanctions: The Evolution of Executive Punishment”, *Competition Policy International Journal*, spring, volume 8, n°1, pp.90-104.

Le Cun Y., Bengio Y. and Hinton G., (2015), “Deep-Learning: A Review”, *Nature*, 521, pp.436-444, 28 May.

Le Ru, (2016), « L’effet de l’automatisation sur l’emploi : ce qu’on sait, ce qu’on ignore », *Note d’Analyse France Stratégie*, n°49, juillet.

Lenglet M. et Riva A., (2013), « Les conséquences inattendues de la régulation financière : pourquoi les algorithmes génèrent-ils de nouveaux risques sur les marchés financiers ? » *Revue de la Régulation*, n°14, 2nd semestre, automne.

Levy F. and Murnane R., (2005), *The New Division of Labour*, Princeton University Press

Lynskey O., (2017), “Regulating ‘Platform Power’”, *LSE Law, Society and Economy Working Papers*, 1/2017, London School of Economics and Political Science, 31p.

McKamey M., (2017), “Legal Technology: Artificial Intelligence and the Future of Law Practice”, *Appeal*, volume 22, n°45, pp.45-58.

Marmer, V., Shneyerov A. and Kaplan U., (2016), “Identifying Collusion in English Auctions”, *working paper*, available at SSRN: <https://ssrn.com/abstract=2738789>

Marty F., (2015), “Towards an Economics of Convention-Based Approach of the European Competition Policy”, *Historical Social Research*, volume 40, issue 1, pp.94-111

Marty F., (2017a), « L'économie des plateformes : dissipation ou concentration de la rente ? », *Sciences Po OFCE Working Paper*, n°13, 2017/04, 28p.

Marty F., (2017b), « Economie des algorithmes et ordre concurrentiel - Réflexions sur les abus d'exploitation et les collusions fondés sur des algorithmes de prix », *Working Paper GREDEG*, 2017-14, 33p.

Mehra S.K., (2016b), “Antitrust and the Robo-Seller: Competition in the Time of Algorithms”, *Minnesota Law Review*, volume 100, p.1323 et s.

Moore-Coyler R., (2016), « Predictive analytics are the future of big data – enterprises need to use their data repositories to predict not to reflect », V3, October 9.

OCDE, (2016a), *Discrimination par les prix*, DAF/COMP(2016)15, novembre.

OCDE, (2016b), *Big Data: Bringing Competition Policy to the Digital Era*, DAF/COMP(2016)14, October.

Perriault J., (2002), *L'accès au savoir en ligne*, Collection médiologie, Odile Jacob, Paris.

Petit N., (2013), “The oligopoly problem in EU competition law”, in Liannos I. and Geradin D., eds, *Handbook on European Competition Law: Substantive Aspects*, Edward Elgar, chapter 7, pp.259-349.

Petit N., (2016), “Technology Giants – The ‘Molygopoly’ Hypothesis and Holistic Competition: A Primer”, *Working Paper*, Université de Liège, October, 76p.

Petit N., (2017), “Law and regulation of artificial intelligence and robots: conceptual framework and normative implications”, *working paper*, Université de Liège, March.

Piketty T. and Saez E., (2014), “Inequality in the long run”, *Science*, volume 344, issue 6186, pp.838-843.

Porter M., (1998), *Competitive Strategy – Techniques for Analysing Industries and Competitors*, The Free Press.

Salais R. et Storper M., (1993), *Les Mondes de production – enquête sur l'identité économique de la France*, éditions de l'EHESS, Paris.

Stucke M. and Ezrachi A., (2015), “Artificial Intelligence and Collusion: When Computers Inhibit Competition”, *University of Tennessee Legal Studies Research Paper*, n°267.

Stucke M. and Ezrachi A., (2017), “How Your Digital Helper May Undermine Your Welfare and Our Democracy”, *Berkeley Technology Law Journal*, à paraître

Stucke, M.E. and Grunes A.P., (2016), *Big Data and Competition Policy*, Oxford University Press

Susskind R., (2013), *Tomorrow's Lawyers: An Introduction to Your Future*, Oxford University Press.

Verstager M., (2017), Algorithms and Competition, *18th Bundeskartellamt Conference on competition*, 16 March.

Wilbanks J.T. and Topol E.J., (2016), “Stop the privatization of health data”, *Nature*, volume 535, issue 7612, July.



SciencesPo

ABOUT OFCE

The Paris-based Observatoire français des conjonctures économiques (OFCE), or French Economic Observatory is an independent and publicly-funded centre whose activities focus on economic research, forecasting and the evaluation of public policy.

Its 1981 founding charter established it as part of the French Fondation nationale des sciences politiques (Sciences Po), and gave it the mission is to “ensure that the fruits of scientific rigour and academic independence serve the public debate about the economy”. The OFCE fulfils this mission by conducting theoretical and empirical studies, taking part in international scientific networks, and assuring a regular presence in the media through close cooperation with the French and European public authorities. The work of the OFCE covers most fields of economic analysis, from macroeconomics, growth, social welfare programmes, taxation and employment policy to sustainable development, competition, innovation and regulatory affairs..

ABOUT SCIENCES PO

Sciences Po is an institution of higher education and research in the humanities and social sciences. Its work in law, economics, history, political science and sociology is pursued through [ten research units](#) and several crosscutting programmes.

Its research community includes over [two hundred twenty members](#) and [three hundred fifty PhD candidates](#). Recognized internationally, their work covers [a wide range of topics](#) including education, democracies, urban development, globalization and public health.

One of Sciences Po's key objectives is to make a significant contribution to methodological, epistemological and theoretical advances in the humanities and social sciences. Sciences Po's mission is also to share the results of its research with the international research community, students, and more broadly, society as a whole.

PARTNERSHIP

SciencesPo