

LES COLLUSIONS ALGORITHMIQUES : MYTHE OU REALITE ?

Frédéric Marty



SciencesPo

EDITORIAL BOARD

Chair: Xavier Ragot (Sciences Po, OFCE)

Members: Jérôme Creel (Sciences Po, OFCE), **Eric Heyer** (Sciences Po, OFCE), **Sarah Guillou** (Sciences Po, OFCE), **Xavier Timbeau** (Sciences Po, OFCE)

CONTACT US

OFCE
10 place de Catalogne | 75014 Paris | France
Tél. +33 1 44 18 54 24
www.ofce.fr

WORKING PAPER CITATION

This Working Paper:
Frédéric Marty, CNRS-GREDEG, Université Côte d'Azur, OFCE-Sciences Po, Paris
Les collusions algorithmiques : mythe ou réalité ?
Sciences Po OFCE Working Paper, n° 09/2024.
Downloaded from URL: www.ofce.sciences-po.fr/pdf/dtravail/WP2024-09.pdf
DOI - ISSN

ABOUT THE AUTHORS

Frédéric Marty, CNRS-GREDEG, Université Côte d'Azur, OFCE-Sciences Po, Paris
Email Address: frederic.marty@ofce.sciences-po.fr

RESUME

La question de la collusion algorithmique a donné lieu à une abondante littérature depuis la publication de l'ouvrage séminal d'Ariel Ezrachi et Maurice Stucke *Virtual Competition* en 2016. Cette contribution se propose de présenter cette littérature mais également les procédures concurrentielles menées sur cette base. Elle distingue les situations dans lesquelles les algorithmes sont les supports de pratiques anticoncurrentielles qui existeraient indépendamment d'eux de celles où ils initieraient des schémas de collusion tacites. Elle s'attache aux outils de régulation possibles pour prévenir de tels risques et présente de nouveaux schémas collusifs potentiels, en l'espèce les ententes par intelligence artificielle générative et les stratégies de collusions agonistiques par algorithmes.

MOTS-CLES

Collusion algorithmique, collusion en étoile, collusion tacite, intelligence artificielle.

Codes JEL

K21, L13.

ABSTRACT

The issue of algorithmic collusion has given rise to an extensive literature since the publication of Ariel Ezrachi and Maurice Stucke's seminal book *Virtual Competition* in 2016. This contribution aims to present this literature but also the competition-law procedures conducted on this basis. It distinguishes between situations in which algorithms support anti-competitive practices that would exist independently of them and those in which they initiate tacit patterns of collusion. It looks at the regulatory tools available to prevent such risks and presents new potential collusive schemes, in this case agreements based on generative artificial intelligence and algorithms-based adversarial collusion strategies.

KEYWORDS

Algorithmic collusion, hub and spoke conspiracies, tacit collusion, artificial intelligence.

JEL

K21, L13.

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.

Les collusions algorithmiques : mythe ou réalité ?¹

Frédéric Marty

CNRS – GREDEG – Université Côte d’Azur

OFCE, Sciences Po., Paris – Département Innovation et Concurrence

Résumé

La question de la collusion algorithmique a donné lieu à une abondante littérature depuis la publication de l’ouvrage séminal d’Ariel Ezrachi et Maurice Stucke *Virtual Competition* en 2016. Cette contribution se propose de présenter cette littérature mais également les procédures concurrentielles menées sur cette base. Elle distingue les situations dans lesquelles les algorithmes sont les supports de pratiques anticoncurrentielles qui existeraient indépendamment d’eux de celles où ils initieraient des schémas de collusion tacites. Elle s’attache aux outils de régulation possibles pour prévenir de tels risques et présente de nouveaux schémas collusifs potentiels, en l’espèce les ententes par intelligence artificielle générative et les stratégies de collusions agonistiques par algorithmes.

Mots-clés : Collusion algorithmique, collusion en étoile, collusion tacite, intelligence artificielle.

Codes JEL : K21, L13.

Abstract

The issue of algorithmic collusion has given rise to an extensive literature since the publication of Ariel Ezrachi and Maurice Stucke's seminal book *Virtual Competition* in 2016. This contribution aims to present this literature but also the competition-law procedures conducted on this basis. It distinguishes between situations in which algorithms support anti-competitive practices that would exist independently of them and those in which they initiate tacit patterns of collusion. It looks at the regulatory tools available to prevent such risks and presents new potential collusive schemes, in this case agreements based on generative artificial intelligence and algorithms-based adversarial collusion strategies.

Keywords :Algorithmic collusion, hub and spoke conspiracies, tacit collusion, artificial intelligence.

JEL codes : K21, L13.

¹ Ce texte est préparé dans le cadre de la conférence *Le droit de la concurrence à la croisée des chemins : Nouveaux défis, nouveaux enjeux*, organisée par l’IRDA Paris sous la direction scientifique d’Emmanuelle Claudel, le 19 juin 2024 à l’Université Paris Panthéon Assas. Il s’appuie sur de précédents travaux et discussions notamment menés avec Thierry Warin, Nathalie de Marcellis-Warin, Patrice Bougette, Simone Vannuccini et Clara Pascal. Toute erreur, imprécision ou omission demeure de la pleine responsabilité de l’auteur

Introduction : du risque allégué au risque avéré

En 2016, Ezrachi et Stucke dans *Virtual Competition* dessinent un continuum d'ententes algorithmiques dont une a concentré les controverses dans la littérature dans les champs des sciences économiques, juridiques et computationnelles : celle de la *bot-led collusion* initiée par des algorithmes d'intelligence artificielle (ci-après IA) reposant sur un apprentissage machine autorenforçant. Ce scénario a rencontré l'intérêt des économistes car il correspond à un risque concurrentiel identifié de longue date, celui de la collusion tacite, mais qui était difficilement observable dans les faits car les conditions d'existence et de stabilité d'un tel équilibre étaient très difficiles à réunir.

La plausibilité que des algorithmes d'IA autonomes les uns des autres et ne communiquant pas, d'une façon ou d'une autre, réussissent à atteindre de tels équilibres et s'y maintenir a fait l'objet d'intenses discussions. Schwalbe (2018) tenait ce scénario comme tenant au moins partiellement d'une *legal sci-fi*, pour Agrawal et al. (2018) "Algorithmic collusion [can be described] as economist catnip, interesting and fun but unlikely to be of first-order importance", enfin Ittoo et Petit (2017) tenait l'identification d'un tel point focal comme peu réaliste et comme intrinsèquement précaire.

Cependant, dans le champ des sciences économiques, de nombreuses contributions ont été faites pour montrer que (1) ces schémas collusifs sont possibles, comme Calvano et al., (2020)² en a apporté la preuve au travers de simulations numériques et que (2) ces équilibres sont observables dans certains marchés, comme en atteste le cas des stations-services d'autoroute allemandes analysé par Assad et al., (2024)³.

Cette controverse s'est, de fait, polarisée sur le dernier scénario des quatre proposés par Ezrachi et Stucke.

² Pour Calvano et al., (2020, p.3268), de tels algorithmes (en l'espèce de l'apprentissage machine autorenforçant) « display a stubborn propensity to collude ».

³ La mise en place d'outils algorithmique de fixation des prix a conduit dans le cas d'espèce à une augmentation des prix de l'ordre de 38%.

Scénario (1 à 4)	Caractéristiques des quatre scénarios (de 1 à 4)
Ententes existantes dont le fonctionnement est assuré par un algorithme	<ul style="list-style-type: none"> • Degré de sophistication croissant • Degré d'autonomie de l'algorithme croissant • Probabilité d'observation « dans des situations concrètes de marché » décroissante • Facilité de sanctionner les pratiques éventuelles par les règles de concurrence décroissante
Ententes facilitées par la présence d'un algorithme accessible aux différents acteurs du marché	
Ententes dissimulées par l'utilisation de différents algorithmes par les firmes, lesquels produisent cependant des signaux permettant d'échanger des informations	
Ententes initiées par des algorithmes d'apprentissage automatique mis en œuvre par les firmes	

En fait, si l'on considère la collusion par algorithmes, il faut distinguer les cas 1 à 3, du cas 4. Dans les trois premiers cas de figure, l'algorithme facilite la mise en œuvre d'une pratique anticoncurrentielle qui existerait sans lui et qu'il n'a pas initié ; dans le dernier se sont des algorithmes initialement différents les uns des autres qui apprennent spontanément à coopérer i.e. qui comprennent que la maximisation du profit individuel suppose l'atteinte d'un point focal qui satisfait l'ensemble des firmes présentes sur le marché. La compréhension du marché garantie par les algorithmes (sens du terme *intelligence* en anglais) conduit à des prédictions de plus en plus convergentes au fil des décisions autonomes d'exploration et d'exploitation prises par les algorithmes⁴. Ce n'est que dans le scénario 4 que l'intelligence artificielle rentre en jeu ; dans les trois premiers il n'est question que d'algorithmes habituels.

Ainsi, si le dernier cas de figure tient encore du domaine du risque potentiel, les trois premiers ont déjà pu être caractérisés ou invoqués dans la pratique décisionnelle, comme le montre le tableau *infra*.

⁴ Pour une présentation générale des enjeux liés à la collusion algorithmique, voir Marty et Warin (2023).

Collusion organisée par un algorithme	Ententes horizontales Topkins ⁵ (2015), Etats-Unis et Trod ⁶ (2016), Royaume-Uni OFGEM/ Dyball ⁷ (2019), Royaume-Uni Ententes verticales Cas Asus, Denon and Marantz ⁸ et autres (2018), UE
Collusion en étoile	Collusion via une application Uber (2015) Etats-Unis ⁹ , et (2018) Inde ¹⁰ et Brésil ¹¹ Remonts ¹² (UE, 2016) Hôtels de Las Vegas (plainte Nevada, Etats-Unis, 2023) ¹³ RealPage (plainte DC, Etats-Unis 2023) ¹⁴
Collusion par signal	Signaux de prix permettant de détecter les offres d'une firme donnée dans des enchères électroniques Marché de gros de l'électricité, MSA, Alberta Canada, 2013) ¹⁵ Défauts volontaires permettant de déceler les stratégies futures des concurrents Cas ATPCo (1994 ¹⁶ , Etats-Unis et 2004, Brésil ¹⁷) Signal de déviation

⁵ <https://www.justice.gov/atr/case/us-v-david-topkins>

⁶ <https://www.gov.uk/cma-cases/online-sales-of-discretionary-consumer-products>

⁷ <https://www.ofgem.gov.uk/publications/ofgem-finds-e-gas-and-electricity-economy-energy-and-dyball-associates-breach-competition-law>

⁸ Décision de la Commission du 24 juillet 2018, AT.40469

⁹ Meyer v. Kalanick, 174 F. Supp. 3d 817, 823-25 (S.D.N.Y. 2016)

¹⁰ Décision de la CCI (Competition Commission of India) du 6 novembre 2018 rejetant les allégations de cartellisation par l'intermédiaire de plateformes d'intermédiations (Ola et Uber), confirmée par la Cour Suprême indienne le 15 décembre 2020.

¹¹ Administrative Proceeding No. 08700.008318/2016-29, CADE (autorité de concurrence brésilienne)

¹² <https://curia.europa.eu/juris/liste.jsf?language=en&num=C-542/14>

¹³ Voir Gibson et al. v. MGM Resorts, US District Court, Nevada, 11 July 2023.

¹⁴ District of Columbia v Real Page et al. November 1, 2023

¹⁵ Voir Brown et Eckert (2022).

¹⁶ <https://www.justice.gov/atr/final-judgment-us-v-airline-tariff-publishing-company-et-al>

¹⁷ Décision rendue par le CADE en septembre 2004.

Nous proposons ici de présenter ces différents schémas collusifs qu'ils soient avérés, suspecté ou simplement hypothétiques pour l'heure et de tracer dans une perspective d'économie du droit de la concurrence quelles pourraient être les pistes de détection d'éventuelles ententes et de prévention. La suite de l'article se structure comme suit.

Une première partie présente les cas où des algorithmes sont mis en œuvre pour implémenter des ententes anticoncurrentielles qui pourraient exister sans eux. Les algorithmes sont alors un outil permettant un fonctionnement plus efficace de l'entente. Ils permettent également de prolonger ses effets en facilitant la détection précoce de déviations et la mise en œuvre rapide de sanctions qui en réduisent significativement la profitabilité. Les algorithmes peuvent enfin être utilisés comme structure support d'une entente dans une logique de collusion en étoile¹⁹.

Une deuxième partie s'attache à la situation dans laquelle des algorithmes concurrents pourraient initier d'eux même une collusion anticoncurrentielle sans avoir reçu d'instruction en ce sens et sans pouvoir établir entre eux d'autres formes de communication qu'une logique de récompenses et représailles qu'ils auraient initiée d'eux-mêmes. Il s'agit de présenter successivement les résultats de la littérature allant dans le sens de la confirmation de cette hypothèse et ceux discutant leurs conditions de validité.

Une troisième partie considère successivement les possibilités de sanctionner de telles pratiques sur la base des règles de concurrence et les autres types d'ententes algorithmiques qui sont susceptibles d'apparaître au travers de l'utilisation de l'intelligence artificielle générative et les manipulations agonistiques d'algorithmes, les unes et les autres soulevant de nouveaux enjeux en termes de sanction au titre de la répression des pratiques anticoncurrentielles et en termes de mesure de régulation *ex ante*.

¹⁸ <https://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?text=&docid=173680&pageInd>

¹⁹ Une collusion en étoile (*hub-and-spoke conspiracy*) désigne une entente dans laquelle les concurrents horizontaux sur un même marché pertinent n'échangent pas d'informations entre eux ou ne créent pas de transparence artificielle mais transmettent des données très fines sur leurs activités et leurs prévisions à une entité non active sur le marché située en surplomb qui va les traiter, les agréger et les retransmettre à l'ensemble des entreprises participantes. Si ces données ne portent que sur les activités passées et si elles sont très agrégées, il n'y a pas de problème concurrentiel en soi. Les choses sont différentes si les firmes peuvent s'identifier mutuellement et si les données portent sur des dimensions stratégiques pour leurs actions futures.

I – Des capacités collusives augmentées : les trois premiers types d’ententes

Les trois premiers scénarios répondent à des cas pour le moins connus en économie et droit de la concurrence.

Dans le premier cas, l’algorithme met en œuvre un cartel en coordonnant l’action des firmes, en détectant voire en sanctionnant les déviations (comptable et tueur à gages). Il est alors nécessaire de partager un algorithme ou de coordonner les algorithmes des firmes concurrentes pour les conduire à agir de concert.

Dans le deuxième cas, des firmes utilisent un même algorithme pour mettre en place une collusion en étoile i.e. une entente de type *hub and spoke*. Elles peuvent également parvenir à un tel résultat au travers de leurs choix indépendants mais successifs en matière d’externalisation de la conception voire de la mise en œuvre de leur politique de prix à un développeur d’algorithmes.

Dans le troisième cas, des firmes utilisent leurs algorithmes pour émettre des signaux qui fonctionnent comme des communications unilatérales ou de la création d’une transparence artificielle. Dans le langage des règles antitrust, ces initiatives reviennent à des offres de collusion.

Ces trois cas sont complexes en termes techniques et juridiques, et le sont de façon croissante au regard des algorithmes utilisés, mais font écho à une pratique décisionnelle et à des standards bien établis. Les algorithmes peuvent être utilisés pour rendre les ententes plus efficaces, plus rapides ou encore plus discrètes mais ces ententes existeraient sans eux. Attachons-nous successivement à ces trois types d’ententes et donc au rôle que peuvent y jouer les algorithmes au titre d’instruments de facilitation. En effet, dans l’ensemble de ces cas l’algorithme ne crée pas l’entente : il la facilite mais n’en est pas à l’origine ; l’entente existerait sans lui, il ne fait que remplacer (en plus efficace) une intervention humaine. Cela revient à la formule « Let’s just change the terms of the hypothetical slightly to understand why. Everywhere the word “algorithm” appears, please just insert the words “a guy named Bob”. (Ohlausen, 2017).

- ***L’entente mise en œuvre au travers d’un ou plusieurs algorithmes coordonnés***

Il s’agit ici d’un cas de figure assez simple en termes concurrentiel : un accord de volontés existe, l’algorithme est développé et mis en œuvre pour le matérialiser. Pour reprendre les

termes employés par l’Autorité de la concurrence et le Bundeskartellamt dans leur note commune (2019), les algorithmes en cause exécutent des volontés humaines de colluder.

Les algorithmes en question peuvent coordonner les prix des firmes concurrentes (voir le cas *Topkins* aux Etats-Unis en 2015, *Trod* au Royaume-Uni en 2016 et *Dyball* en 2019²⁰) ou assurer un rôle de surveillance du marché en permettant de détecter et de sanctionner rapidement les déviations par rapport à l’équilibre collusif, action indispensable à la stabilité de la collusion, ce qui était le cas des firmes de matériel hi-fi sanctionnés par la Commission européenne en juillet 2018 pour avoir mis en place une double entente horizontale et verticale qui passait par la segmentation (et répartition) des marchés entre elles et la surveillance de la conformité des politiques de prix des distributeurs afin de ne pas mettre en cause sa stabilité. Ces accords passaient par une surveillance automatisée des prix pratiqués et la mise en place d’ajustements instantanés des prix pour sanctionner d’éventuelles déviations²¹.

- ***L’entente organisée par le recours à un algorithme commun***

Ce type d’ententes peut être relié à la notion d’association d’entreprises. Un schéma de collusion en étoile peut advenir dès lors que des firmes concurrentes s’en remettent à un seul algorithme développé et opéré par un acteur tiers pour déterminer leurs prix (et leurs stratégies). Elles peuvent éventuellement mettre à la disposition dudit acteur tiers des données privées pour entraîner l’algorithme.

Plusieurs configurations peuvent correspondre à ce type d’entente.

Une première configuration correspond à l’utilisation le même algorithme de tarification que ses concurrents et transmettre à l’entreprise développeuse toutes ses données. Ce faisant les prescriptions tarifaires seront ‘informées’ de toutes les données en possession de tous les concurrents, situation qui ne pourrait être atteinte dans le cadre d’une entente traditionnelle. Les

²⁰ Dans le cas de *Dyball*, deux fournisseurs de gaz sur le marché britannique s’entendirent pour ne pas cibler leurs clients respectifs (entente par répartition des marchés). Pour mettre en œuvre cet arrangement, ils demandèrent à un développeur de mettre en place un système d’identification des consommateurs au niveau des compteurs permettant de prévenir toute action commerciale visant les clients du concurrent avec lequel l’accord avait été passé. Les deux entreprises furent sanctionnées par le régulateur sectoriel (qui applique au Royaume-Uni les règles de concurrence dans le secteur dont il a la responsabilité) et le développeur fut également sanctionné comme facilitateur.

<https://www.ofgem.gov.uk/publications/decision-impose-financial-penalties-economy-energy-e-gas-and-electricity-and-dyball-associates-following-investigation-infringement-chapter-i-competition-act-1998>

²¹ Voir la décision de la Commission européenne dans le cas *Denon* and *Marantz* cité *supra* : « Price monitoring and adjustment software programmes may multiply the impact of price movements. Consequently, by closely monitoring the resale prices of its retailers and intervening with the few lowest pricing retailers to get their prices increased, D&M Germany and D&M Netherlands could avoid price erosion across, potentially, its entire (online) retail network” (§95)

procédures américaines dans les cas *RealPage* pour l'immobilier locatif²² ou ceux des hôtels de Las Vegas (*Rainmaker*)²³ correspondent à ce cas de figure. Le scénario anticoncurrentiel en l'espèce est d'autant plus facile à construire dans le cas des baux locatifs que le respect des consignes algorithmiques faisait l'objet d'un étroit contrôle. Dans ces différents cas, les firmes confient leurs politiques de prix (de façon décentralisée) à un même algorithme de prix. Deux caractéristiques de cette délégation vont dans le sens d'une pratique concertée. D'abord, des données privées sont transférées par chaque firme vers ce même algorithme pour son entraînement (données historiques) et pour son fonctionnement (données observées). Ensuite, les firmes suivent les recommandations de prix données par ces algorithmes sans pouvoir s'en écarter, sauf à devoir s'en justifier, ou en étant signalées si elles le font²⁴.

Une deuxième configuration correspond à l'utilisation d'un algorithme commun produisant des signaux à destination des firmes dès lors que celles-ci prennent des décisions susceptibles de déstabiliser un équilibre collusif. C'est non seulement le cas de Real Page cité supra mais également celui au niveau européen de l'affaire Eturas²⁵. Dans celle-ci, des agences de voyages concurrentes utilisaient un même algorithme qui ne contraignait pas leurs prix mais qui organisait implicitement une concordance des volontés en leur signalant que leurs politiques de remises s'écartaient des pratiques 'recommandées'²⁶.

²² RealPage, Inc., Rental Software Antitrust Litig. No. 3:23-MD3071 (M.D. Tenn. Nov. 15, 2023).

²³ Case 1:23-cv-02536-KMW-EAP Document 96-2 Filed 03/28/24; Cornish-Adebisi v. Caesars Entertainment, US District Court (New Jersey), Statement of Interest DoJ and FTC.

²⁴ Dans le cadre de la plainte déposée par l'Attorney General du District de Columbia, l'entente est caractérisée comme suit « RealPage and defendant landlords agree to delegate rent-setting authority to RealPage, which enforces compliance » (§56). Le caractère normatif de la recommandation est caractérisé dans le cas d'espèce par une fonction 'auto-pilot' (« a software feature that automatically accepts rents generated by the [revenue management] software » (§61) dont le fonctionnement conditionne toute variation à un accord préalable (« most landlords cannot, on their own, charge rents other than those generated by RealPage's RM software – landlords can only 'propose an override'. The landlords must then provide a written business justification for why they wish to depart from the RealPage-generated term » (§64)).

Il est à relever que dans la pratique décisionnelle américaine la pratique concertée est caractérisée que l'algorithme (ou le tiers auquel la définition des prix est déléguée) fixe le prix final de la transaction ou qu'il s'agisse d'un prix de départ à partir duquel des ajustements peuvent être réalisés. Voir notamment, *In re High Fructose Corn Syrup Antitrust Litig.*, 295 F.3d 651, 656 (7th Cir. 2002).

²⁵ Arrêt de la Cour (cinquième chambre) du 21 janvier 2016 - "Eturas" UAB e.a. contre Lietuvos Respublikos konkurencijos taryba, affaire C-74/14.

²⁶ Comme le note la Cour (§43 et 44) : « Si cette restriction n'empêchait pas les agences de voyages concernées d'accorder à leurs clients des remises supérieures à 3 %, elle impliquait toutefois l'accomplissement de formalités techniques supplémentaires pour le faire. De telles circonstances sont susceptibles de fonder une concertation entre les agences de voyages qui avaient connaissance du contenu du message en cause au principal, celles-ci pouvant être considérées comme ayant tacitement acquiescé à une pratique anticoncurrentielle commune, dès lors que les deux autres éléments constitutifs d'une pratique concertée, rappelés au point 42 du présent arrêt [une concertation et un comportement qui en découle sur le marché], sont également réunis. En fonction de l'appréciation des preuves par la juridiction de renvoi, une agence de voyages peut être présumée avoir participé à cette concertation à partir du moment où elle avait connaissance de ce contenu ».

Une troisième configuration est celle du recours exclusif de toutes les firmes à une même plateforme d'intermédiation pour accéder au marché. Dans des conditions spécifiques, celle-ci pourrait être en situation de déterminer les prix et même d'attribuer des marchés²⁷. Des procédures contre Uber²⁸ ont pu être initiées sur cette base tant aux Etats-Unis qu'en Inde (Mendelsohn, 2020). Au-delà du cas de l'utilisation d'une même plateforme d'intermédiation, des firmes concurrentes pourraient recourir à un développeur tiers peut favoriser l'émergence d'un équilibre collusif, ce d'autant plus que le prestataire joue un rôle qui va au-delà de la mise à disposition d'un algorithme, en l'espèce sa mise en œuvre (externalisation de la politique de prix), et que la concurrence dans le marché des développeurs est faible (Harrington, 2022).

De nombreuses procédures ont en effet été ouvertes quant à l'utilisation de plateformes d'intermédiation (chargées de l'appariement des offres et de la demande et de la définition des prix des transactions) ou quant à l'utilisation d'un algorithme commun de prix²⁹. Ces pratiques peuvent être poursuivies sur la base d'une collusion en étoile (*hub and spoke*). Le *hub* en l'espèce n'est pas un bureau de statistique ou une association professionnelle placée au-dessus (en donc en dehors) du marché mais un algorithme. Ce point est particulièrement souligné dans le cadre de l'affaire des hôtels de Las Vegas par le Statement du DoJ et de la FTC : "The alleged purpose of the hotel pricing algorithm is to act as a "shared pricing agent for all the Casino-Hotel Defendants and hence to make such communications unnecessary; that is, the competitors can more efficiently communicate with the algorithm provider instead of communicating directly with multiple competitors. So long as the algorithm provider and its competitor clients are connected through this common agent in "a unity of purpose or a common design and understanding *Lifewatch Servs. Inc. v. Highmark Inc., 902 F.3d 323, 333 (3d Cir. 2018)*, they are acting in concert".

- ***L'entente passant par la création d'une transparence artificielle***

La logique à l'œuvre tient moins ici de l'accord de volonté que des pratiques concertées. Il s'agit ici de mettre en œuvre un moyen de coordination entre les firmes. L'entente est caractérisée par le fait que le contact (direct ou indirect) permette de révéler à ses concurrents

²⁷ Voir à ce sujet les conclusions de l'Avocat Général Szpunar présentées le 11 mai 2017 dans le cadre de l'affaire C-434/15 Asociación Profesional Elite Taxi contre Uber Systems Spain SL : « l'emploi par les concurrents du même algorithme pour calculer le prix n'est pas en soi illégal, mais pourrait susciter des préoccupations en ce qui concerne le hub-and-spoke conspiracy lorsque le pouvoir de la plateforme augmente ».

²⁸ Meyer v. Kalanick, 174 F. Supp. 3d 817, 824-25 (S.D.N.Y. 2016).

²⁹ Utiliser un même algorithme est considéré dans la pratique décisionnelle américaine comme équivalent à suivre la même formule de prix que ses concurrents. Voir United States v. Socony-Vacuum Oil Co., 310 U.S.150, 224 n.59 (1940).

ses intentions et / ou d'influencer les leurs³⁰. Une telle collusion peut résulter d'une décision unilatérale d'une des firmes de rendre son algorithme de prix décryptable par ses concurrents de façon à ce que ces derniers puissent caler leurs algorithmes sur le fonctionnement de ce dernier qui jouera donc un rôle de leader dans la coordination (Salcedo, 2015). Elle peut également résulter d'une transparence artificielle simultanément ou successivement mise en place par les firmes concurrentes³¹.

Les deux affaires Airline Tarriff Publishing Company (ATPCO) américaine et brésilienne illustrent le rôle de *messenger* que peut jouer un algorithme quand il rend lisibles les stratégies futures de concurrents (OCDE, 2023). La conception du système d'information proposé aux différentes compagnies aériennes faisait que tous les concurrents pouvaient accéder aux prix futurs envisagés par leurs concurrentes. Les réactions de toutes étant observables, chacune pouvait donc s'ajuster progressivement de façon transparente sans qu'aucune transaction ait lieu durant le processus de tâtonnement.

Les signaux de prix algorithmiques jouant le rôle des échanges d'informations ou des déclarations unilatérales (éventuellement successives) comme observés dans certains schémas collusifs (Thomas, 2019). Emettre un signal unilatéral ou même recevoir un tel signal de la part d'un concurrent est constitutif d'une pratique concertée aux yeux des pratiques décisionnelles concurrentielles européennes et américaines³².

L'intérêt du signal algorithmique tient au fait qu'il peut être dissimulé par le foisonnement des prix en ligne vis-à-vis des autorités de supervision des marchés³³. Il suffit que les concurrents

³⁰ Voir dans la pratique décisionnelle européenne *Suiker Unie and Others vs. Commission*, 16 décembre 1975, cas C407/3.

³¹ Dans leurs communications avec leurs clients certains cabinets d'avocats alertent sur les risques juridiques associés aux éventuelles communications publiques de la firme sur ses algorithmes de prix : « Do not disclose publicly any information about pricing algorithms or pricing tools. This information is considered competitively sensitive and could be construed by regulators or plaintiffs as a form of communication or tacit collusion with competitors ». <https://www.winston.com/en/blogs-and-podcasts/competition-corner/algorithmic-pricing-a-recipe-for-antitrust-disaster>

³² La Cour Suprême américaine a considéré dans *Interstate Circuit v US* (306 US 208. 1939) qu'une simple invitation à colluder suivie d'un comportement parallèle suffit à caractériser une pratique concertée : It was enough that, knowing that concerted action was contemplated and invited, the [competitors] gave their adherence to the scheme and participated in it".

³³ Les prix en ligne sont sujets à un foisonnement des plus significatifs du fait des logiques de personnalisation des prix et de la mise en œuvre de modèles de tarifications dynamiques (Marty, 2019). Ils peuvent également être volontairement être rendus moins transparents par les firmes sur la base d'une stratégie unilatérale d'exploitation au détriment des consommateurs (Ellison et Fisher-Ellison, 2009). Cependant ? Fletcher (2024) montre que cette opacification peut également participer d'une logique coordonnée visant à réduire l'intensité de la concurrence en prix en jouant sur les biais comportementaux des consommateurs : « Less attention has been given to the idea that, in the presence of demand-side behavioural biases, firms may be able to engage in an alternative form of collusion: collusion to dampen competition. For example, where consumers exhibit complexity aversion, competition might sometimes be expected to lead to simpler pricing structures and less obfuscation. But it may be in the joint interest

sachent l'interpréter. Il peut de surcroît être peu coûteux pour la firme dans la mesure où il peut porter sur des annonces sur des prix futurs sans engagements fermes ou il peut être émis de nuit à un moment où les ventes en ligne sont très faibles. Le tout est que les concurrents sachent le détecter³⁴.

Le tableau *infra* présente une synthèse des pratiques basées sur les algorithmes mises en regard des pratiques collusives traditionnelles.

Pratique algorithmique	Equivalent traditionnel
Entente mise en œuvre par le même algorithme ou des algorithmes coordonnés	Accord de cartel traditionnel horizontal ou vertical avec supervision des conduites et mécanisme de sanctions en cas de déviations
Collusions en étoile <ul style="list-style-type: none"> - Utilisation d'un même algorithme avec mise en commun des données - Utilisation d'un algorithme 'signalant' d'éventuelles déviations par rapport à un équilibre collusif - Utilisation exclusive et commune d'une plateforme d'intermédiation 	Collusions en étoile <ul style="list-style-type: none"> - Barèmes établis par des associations professionnelles³⁵ - Ententes facilitées par l'intervention d'un organisme tiers³⁶ - Utilisation de méthodes de type clients mystères, offres 'trouvez moins cher ailleurs, on vous rembourse dix fois la différence'³⁷
Collusion par signaux	Collusion par signaux

of rival firms to agree to complexify their pricing and obfuscate more, to limit comparability between them and thus dampen competition. Indeed, such collusion may potentially be easier to achieve tacitly than conventional price-based collusion". Il s'agit alors d'instrumentaliser la complexité des signaux de prix pour renoncer à mettre en cause les parts de marchés respectives en jouant sur l'inertie des consommateurs qui sont dès lors en situation d'incertitude quand il s'agit de comparer les offres et qui donc ont une forte probabilité d'opter pour le statu quo (aversion aux pertes etc...). Voir van Bos et Pot (2017).

³⁴ Voir en la matière le cas des enchères organisées sur les marchés de gros de l'électricité de l'Alberta. Les firmes productrices concurrentes utilisaient des listes de chiffres spécifiques derrière la virgule pour être mutuellement identifiables (Brown et al., 2023).

³⁵ Voir Autorité de la Concurrence, décision n° 19-D-19 du 30 septembre 2019 relative à des pratiques mises en œuvre dans le secteur des prestations d'architecte

³⁶ Arrêt du Tribunal du 8 juillet 2008, AC-Treuhand AG v Commission, T-99/04.

Notons que ce type de collusion était déjà au cœur de l'arrêt de la Cour Suprême américaine, *American Column & Lumber Co. v. United States*, 257 U.S. 377 (1921). L'opinion dissidente d'Oliver Holmes dans le cas de cet arrêt illustre bien l'ambivalence de la transparence en matière de concurrence : "I must add that the decree as it stands seems to me surprising in a country of free speech that affects to regard education and knowledge as desirable. It prohibits the distribution of stock, production, or sales reports, the discussion of prices at association meetings, and the exchange of predictions of high prices."

³⁷ Voir Conseil de la Concurrence, décision n° 07-D-50 du 20 décembre 2007 relative à des pratiques mises en œuvre dans le secteur de la distribution de jouets.

<ul style="list-style-type: none"> - Emission de signaux de prix scintillants - Transparence algorithmique artificielle 	<ul style="list-style-type: none"> - Déclarations unilatérales (successives ou non)
---	--

II – De l’algorithme facilitateur à l’algorithme initiateur : quels enjeux pour le droit antitrust ?

Dans le dernier cas que nous avons considéré, les algorithmes convergent spontanément vers un équilibre de collusion tacite qui n’aurait jamais pu être identifié sans eux et qui, dans le cas où il serait atteint, se serait caractérisé par une forte instabilité. En d’autres termes, il y a grâce aux algorithmes d’IA une plus forte probabilité d’observer ces équilibres et de les atteindre dans des marchés complexes dans lesquels ils n’auraient sinon jamais pu émerger. En effet les conditions de la collusion tacite sont tellement drastiques que cet équilibre demeurerait pour les économistes une configuration de tableau noir (Marty, 2007). Cependant, même si la probabilité de réalisation d’un tel équilibre était tenue pour faible et que nul cas a été recensé dans la pratique décisionnelle récente, celui-ci a toujours été pris en compte en économie de la concurrence (Fabra et Motta, 2018). Cela apparaît notamment au travers de la notion d’effets coordonnés dans le cadre du contrôle des concentrations. Ce risque avait par exemple été central dans la décision de la Commission dans le cadre du projet de fusion Airtours / First choice en 1999 et dans son annulation par le TPICE en 2002 sur la base de l’instabilité intrinsèque d’une possible collusion tacite au regard de la turbulence du marché et de la difficile interprétabilité de sa dynamique³⁸, ainsi que de la possibilité de mettre en œuvre des mécanismes de rétorsions suffisamment rapides pour être dissuasifs.

De cette possibilité, principalement théorique, les travaux récents dans le champ des sciences économiques et computationnelles ont fait une issue possible des interactions entre algorithmes autoapprenants. Le sens même de ces *bot-led collusions* est que des algorithmes indépendants mis en œuvre par des firmes concurrentes découvrent d’eux-mêmes les gains potentiels de la ‘coopération’ sans qu’ils n’aient reçu l’instruction de colluder à un moment ou un autre. Il en

³⁸ « La requérante soutient que la volatilité de la demande rend plus difficile la démonstration de l’existence d’une position dominante collective dans la mesure où elle ajoute du « bruit » au marché en rendant plus difficile la distinction entre des variations de la demande occasionnées par la volatilité du marché et des augmentations de la capacité provoquées par des écarts par rapport à la ligne d’action commune. Une telle impossibilité de distinguer les deux types d’événements impliquerait clairement que toute tentative de collusion serait instable ». (Tribunal, arrêt du 6 juin 2022, §134, cas T-342/99)

va également ainsi des outils de fixation des prix mis en œuvre par des vendeurs indépendants sur des places de marché (Johnson et al., 2023).

Les outils fournis par les opérateurs de plateformes conduisent à des ajustements automatiques aux variations baissières de prix des concurrents mais ouvrent également la possibilité de redéfinir le prix périodiquement. C'est par exemple le cas sur la place de marché d'Amazon avec l'API MWS qui permet de mettre en place des règles de réponse automatique aux variations baissières des prix des concurrents mais qui permet un retour automatique à un niveau donné quand un seuil est atteint. Cela donne économiquement un mécanisme de tâtonnement de type déviation/sanction qui conduit à un retour à un point d'équilibre dans le cadre d'une interaction oligopolistique (Green and Porter, 1984 et Musolff, 2023). Cet équilibre peut relever d'un apprentissage spontané des algorithmes ou d'une logique de signal : en effet les mécanismes de 'resetting' peuvent en d'autres termes signaler aux autres membres de l'oligopole quel est le prix d'équilibre souhaité. Cette hypothèse est en partie confirmée par l'analyse faite par Musolff (2023) des outils algorithmiques proposés aux firmes lesquels insistent sur l'intérêt de mettre en œuvre de telles redéfinition de prix à la hausse à des moments où les ventes sont faibles.

Nous allons successivement considérer deux dimensions : une portant réponses réglementaires et une autre relative à la discussion de la significativité sur les marchés de ce risque de collusion.

- ***Quelles réponses concurrentielles au scénario de la bot-led collusion ?***

Le problème induit par ces éventuels équilibres collusifs est qu'ils sont très difficiles à caractériser comme anticoncurrentiels. On ne peut sanctionner le parallélisme de comportement *per se*. On ne peut reprocher à une firme de s'ajuster le plus intelligemment possible aux informations (publiques) qu'elle peut acquérir en interprétant les signaux de marché. Le droit de la concurrence n'oblige pas les firmes à s'engager dans une guerre des prix. Sans pratique facilitatrice (communication, transparence artificielle, choix d'utiliser le même algorithme), la sanction est impossible.

Un paradoxe est cependant à relever : ces équilibres sont plus aisés à détecter par les autorités de concurrence que cela était le cas par le passé. Il suffit d'utiliser des outils d'IA pour détecter des *patterns* de prix anormaux. Ces méthodes existaient avant l'IA avec des méthodes économétriques permettant de mettre en évidence des offres de couverture dans les marchés publics mais la fiabilité de la détection est maintenant plus forte et le coût de la supervision bien moindre (notamment dans la mesure où elle a moins besoin d'être sélective). Il est donc plus

aisément possible que par le passé de détecter de tels équilibres suspects mais toujours aussi difficile de sanctionner sauf à inverser la charge de la preuve en la faisant peser sur les entreprises mises en cause (De Cooman, 2023), ce qui poserait un problème, en retour, en matière de procès équitable.

Que pourrait-il se passer si toutes les firmes utilisent ces outils du fait de leurs performances ? On risquerait peut-être d'avoir une concurrence horizontale neutralisée dès lors que les firmes anticiperaient parfaitement les stratégies de concurrents. Des équilibres stables de collusion tacite pourraient apparaître dans certains marchés sans qu'on puisse les sanctionner. De la même façon des ententes qui auraient nécessité la mise en place d'accords de cartels pourraient simplement passer par des interactions algorithmiques. En effet, pour l'OCDE, le recours aux algorithmes pourrait « expand the grey area between unlawful explicit collusion and lawful tacit collusion » et ainsi « may enable firms to replace explicit collusion with tacit co-ordination », (OECD, 2017, p.25).

Le risque est alors celui d'une défaillance structurelle de la concurrence contre laquelle les règles de concurrence ne pourraient rien en matière de dissuasion et de remédiation. La solution serait alors de nature réglementaire comme semblait l'indiquer le Nouvel Instrument Concurrentiel de juin 2020 dans sa partie relative aux ententes qui n'a pas été reprise dans le Règlement sur les marchés numériques présenté en décembre 2020. Celle-ci visait notamment « les structures de marché oligopolistiques présentant un risque accru de collusion tacite, y compris les marchés caractérisés par une transparence accrue en raison de solutions technologiques basées sur des algorithmes »³⁹. Cette notion de défaillance structurelle de marché est d'ailleurs connue de longue date en matière économique. Elle correspond à la controverse sur le 'problème de l'oligopole' entre Richard Posner et Donald Turner dans les années 1960 (Mendelsohn, 2020).

Une collusion tacite peut en effet être le produit de décisions unilatérales rationnelles de firmes, lesquelles pourraient, dans une situation d'interdépendance stratégique, en interprétant leur environnement identifier une stratégie mutuellement profitable et donc stable mais défavorable aux intérêts des consommateurs. Si l'environnement est très simple – un marché mature sans

³⁹ “Structural lack of competition refers to a scenario where a market is not working well and not delivering competitive outcomes due to its structure (i.e. a structural market failure). These include (i) markets displaying systemic failures going beyond the conduct of a particular company with market power due to certain structural features, such as high concentration and entry barriers, consumer lock-in, lack of access to data or data accumulation, and (ii) oligopolistic market structures with an increased risk for tacit collusion, including markets featuring increased transparency due to algorithm-based technological solutions (which are becoming increasingly prevalent across sectors)” (EU Commission, inception impact assessment, New Competition Tool, June 2020, Ref. Ares(2020)2877634).

rupture technologique ou concurrentielle, relativement transparent, ... - les entreprises peuvent progressivement parvenir à un tel équilibre sans aucun échange d'information ni communication unilatérale. Les firmes peuvent donc 'comprendre' leur environnement et l'équilibre qui en résulte peut s'avérer aussi préjudiciable pour le consommateur que celui qui résulterait d'un accord de cartel. Richard Posner (1968) et Donald Turner (1962) s'opposèrent dans les années 1960 sur les réponses à y apporter (Lianos et Wagner von Papp, 2022). Richard Posner avait initialement défendu un assouplissement des règles de concurrence et avait été critiqué⁴⁰ par Donald Turner pour lequel une approche moins exigeante en termes de standard de preuve juridique risquait de muer le juge appliquant les règles antitrust en régulateur des prix.

Le problème des solutions régulatrices tient au fait qu'elles impliquent de renoncer à des gains d'efficience. Dans notre cas, elles pourraient conduire à ralentir l'apprentissage des algorithmes, à interdire aux firmes d'utiliser certains types d'algorithmes, voire de choisir les algorithmes de firmes en développant également d'autres pour leurs concurrents. Ces éventuelles mesures *ex ante* ont un coût collectif en termes de désoptimisation des algorithmes et un coût individuel pour les entreprises qui y sont soumises. Cela revient aux arbitrages habituels que mettent en évidence les économistes dès lors qu'il est question de régulation : quels sont les coûts potentiels qui seront associés à la réglementation et quels seront les dommages allégués qu'elle permettra de prévenir ?

De tels raisonnements s'appliquent non seulement au jeu des algorithmes d'intelligence artificielle mais pourraient également être de mise dès lors qu'une entreprise choisit le même développeur que ses concurrents ou adopte, sous certaines conditions, la même plateforme que ces derniers. Le nombre d'interactions et la capacité prédictive des algorithmes jouent alors, tout comme la nature des données sur la base desquelles ils sont entraînés.

- ***Un risque avéré ?***

Suivant Calvano et al. (2020), le risque de collusion algorithmique est d'autant plus élevé que les algorithmes de Q-learning *malgré* leur simplicité apprendraient aisément à entrer dans un jeu de tâtonnement et de riposte graduée qui leur permettrait d'atteindre au fil de leurs

⁴⁰ Les deux positions peuvent apparaître à front renversé si l'on considère la présentation habituelle de la controverse entre écoles de Harvard et de Chicago. La position de Richard Posner était cependant cohérente en termes chicogoëens : ce qui est important dans une pratique ne tient pas à sa forme mais à son impact sur le bien-être du consommateur. Les vues de Donald Turner étaient également sous certains aspects très alignées avec l'approche de Harvard dans la mesure où ce risque oligopolistique s'expliquait pour lui par les structures mêmes des marchés considérés.

interactions un équilibre de collusion tacite se traduisant par l'établissement de prix *supra* concurrentiels et ce de façon résiliente vis-à-vis de chocs externes (venant d'une déviation de l'un des membres de l'oligopole ou d'un aléa). Cet équilibre serait de surcroît possible sans communication directe entre algorithmes et sans que ces derniers aient besoin d'une connaissance préalable de l'environnement dans lequel ils interagissent⁴¹.

Dans le cas des collusions initiées par les algorithmes les dommages sont difficiles à estimer.

Premièrement, dans les simulations de Calvano et al., (2020), la convergence se fait après un nombre très élevé d'interactions⁴². Un tel résultat ne plaide pas en soi pour écarter toute possibilité de collusion algorithmique par apprentissage autorenforçant dans des contextes de nombreuses révisions des prix en ligne mais pourrait en réduire la probabilité d'occurrence de tels équilibres dès lors que des algorithmes différents sont utilisés et que les prix sont particulièrement foisonnants. Suivant Eschenbaum et al. (2022), l'origine des apprentissages à la base ententes algorithmique est plus à rechercher dans le développement des algorithmes que dans leur utilisation⁴³. Notons qu'à l'inverse, pour Calvano et al. (2020, p.3295), le recours à des algorithmes plus performants peut au contraire accélérer la vitesse de convergence.

Deuxièmement, dans les simulations de Calvano et al., (2024), les algorithmes sont remis à jours de façon synchrone, les résultats peuvent être discutés dès lors que le fonctionnement est supposé asynchrone (Asker et al.,2024). L'apprentissage asynchrone correspond à un modèle dans lequel l'IA n'apprend que le résultat de l'action qu'elle a entreprise. A l'inverse dans un apprentissage synchrone, l'IA effectue des contrefactuels pour connaître les rendements qu'elle aurait obtenus si elle avait entrepris une autre action

⁴¹ "The results indicate that, indeed, relatively simple pricing algorithms systematically learn to play collusive strategies. The algorithms typically coordinate on prices that are somewhat below the monopoly level but substantially above the static Bertrand equilibrium. The strategies that generate these outcomes crucially involve punishments of defections. Such punishments are finite in duration, with a gradual return to the pre-deviation prices. The algorithms learn these strategies purely by trial and error. They are not designed or instructed to collude, they do not communicate with one another, and they have no prior knowledge of the environment in which they operate" (Calvano et al., 2020, p.3268)

⁴² "So far we have focused on limit outcomes and strategies; that is, on what the algorithms do once they have attained stable behavior. But convergence requires a very large number of periods, on the order of hundreds of thousands. Even if a "period" lasted just a few minutes, this would correspond to several years or more". (Calvano et al., 2020, p. 3292).

⁴³ Eschenbaum et al. (2022, p.13) montrent dans le cadre de leurs simulations qu'un choc dans un équilibre collusif est absorbé après plusieurs centaines de milliers d'itérations. Ce point est à mettre en perspective avec les simulations de Calvano et al. (2020, p.3282) pour lesquels le mécanisme de *tit for tat* fonctionne effectivement : « Clearly, the deviation gets punished. As Table 3 shows, in more than 95 percent of the cases the punishment makes the deviation unprofitable; that is, "incentive compatibility" is verified. The dynamic structure of the punishment is very interesting. After an initial price war, the algorithms gradually return to their predeviation behavior. This pattern looks very different from the one that would be implied, for instance, by grim-trigger strategies".

Troisièmement, dans le travail d'Assad et al., (2024), une corrélation est observée et non une causalité. En outre n'était-on pas dans un marché où un équilibre de collusion tacite pouvait déjà exister avant la mise en œuvre des algorithmes ? Le marché peut en effet être décrit comme un oligopole étroit avec barrières à l'entrée, avec des produits et structures de coûts exceptionnellement homogène et très forte transparence. De surcroît, l'observation porte sur l'élévation des prix après l'adoption et non directement sur une collusion⁴⁴.

La question peut se poser dès lors que des firmes choisissent des algorithmes qui peuvent conduire à l'établissement de prix supra-concurrentiels sans que cette fixation ne s'accompagne de tout échange d'information ou de transparence vis-à-vis des concurrents. Non seulement cet équilibre ne répond pas aux critères de qualification des pratiques concertées mais l'élévation des prix peut correspondre à une meilleure compréhension des données du marché par chacun des algorithmes sans que ces derniers ne colludent *stricto sensu* (Harrington, 2018). En d'autres termes, l'élévation des prix et la capacité des firmes à dégager un surplus additionnel ne signifient pas en soi qu'une entente anticoncurrentielle soit en cause. Les capacités additionnelles en matière de tarification personnalisée et de tarification dynamique pourraient expliquer ce phénomène (Brown et MacKay, 2021).

La collusion tacite ne pourrait être retenue que dès lors que les algorithmes apprendraient d'eux-mêmes à entrer dans un mécanisme de *tit for tat* c'est-à-dire de récompenses et sanctions venant construire une coopération (Axelrod and Hamilton, 1981) au fil de leurs décisions d'exploration et d'exploitation ou au contraire, paradoxalement, qu'elle résulte d'algorithmes volontairement peu performants.

Une telle hypothèse est défendue par Abada et al. (2022) pour lesquels des équilibres de prix supra concurrentiels obtenus par Q-learning à l'instar de Calvano et al., (2020) n'ont que peu de chances de résulter d'une collusion tacite et d'un processus de tâtonnement. La tendance observée dans les simulations numériques basées sur des algorithmes de Q-learning serait, selon eux, propre au mode d'apprentissage de ces derniers. Ces derniers réduiraient progressivement la part des décisions d'exploration au fil du temps. La plus forte part des décisions d'exploitation au fil du temps expliquerait le phénomène de hausse parallèle des prix⁴⁵. La convergence tiendrait alors d'une illusion d'optique : « what we call a mirage effect: when their

⁴⁴ "These results show that market-wide algorithmic-pricing adoption raises margins, suggesting that algorithms reduce competition" (Assad et al., 2024)

⁴⁵ Une analyse comparable peut être trouvée dans Banchio et Mantegazza (2023) : si les décisions d'exploration décroissent au fil du temps au profit des décisions d'exploitation, un équilibre de prix *supra* concurrentiel peut émerger sans collusion.

exploration rates decrease too rapidly, the algorithms remain trapped in a seemingly-collusive path”. A l’inverse des algorithmes plus performants ne présenteraient pas un tel profil d’apprentissage. C’est le cas des algorithmes de Q-learning synchrones tels que présentés ci-avant (Asker et al., 2022) et d’autres algorithmes d’apprentissage auto-renforçant tels les CAC (*continuous actor-critic*). En d’autres termes, l’équilibre défavorable aux consommateurs, i.e. les prix *supra* concurrentiels qui seraient à tort assimilés au résultat d’un schéma collusif (Deng, 2024), serait plus le fruit d’algorithmes peu performants que la résultante d’algorithmes sophistiqués, comme l’avait noté Crandall et al., (2018). Les algorithmes plus avancés ne seraient pas caractérisés par ces tendances apparemment collusives (Abada et al., 2022).

Une autre approche convergente est celle défendue par Cho et Williams (2024). Un équilibre ‘collusif’, c’est-à-dire caractérisé par des prix s’établissant de façon stable et résiliente en cas de choc exogène à un niveau *supra* concurrentiel peut être observé avec des firmes *myopes*, i.e. maximisant leur profit de court terme, sans aucune pratique facilitatrice, et avec des algorithmes indépendants et distincts. Les algorithmes en question prennent des décisions d’exploration et d’exploitation sur la seule base des données observées sans faire d’inférence sur le fonctionnement des algorithmes du concurrent (dans un modèle de duopole). Ils arbitrent donc entre des réactions au travers desquelles les prix ne sont pas révisés et d’autres où le niveau prix est une fonction linéaire du prix du concurrent. En fonction des observations, les firmes peuvent ajuster les paramètres de leurs algorithmes. Malgré toutes ces contraintes (choix et paramétrisation des algorithmes endogènes⁴⁶) et absence de communication, Cho et Williams (2024) observe une convergence vers des niveaux de prix *supra* concurrentiel sans que les critères constitutifs de la collusion tacite ne puissent être satisfaits.

III. Discussion

Ainsi, les algorithmes les plus simples augmentent la probabilité et l’efficacité d’ententes qui existeraient sans eux. On peut les nommer, en s’inspirant d’Ohlausen (2017), « Bob le facilitateur ». Ils ne créent pas de ruptures dans la mise en œuvre des règles de concurrence. Pour autant, ils accroissent les risques concurrentiels et complexifient leur sanction.

⁴⁶ Relevons que dès lors que le rythme de révision des algorithmes est relativement lent et asymétrique, une possibilité d’apprentissage existe au travers de la transparence artificielle ainsi créée, laquelle est comme vu *supra*, un moyen de communication.

Ce point a été à nouveau souligné par le DoJ dans son statement of interest dans l'affaire *Real Page* (Case No. 3:23-MD-3071, 28 March 2024) : “It makes no difference that prices are fixed through joint use of an algorithm instead of by a person, just as sharing information through an algorithmic service should be treated the same as sharing information through email, fax machine, or face-to-face conversation. Put another way, whether firms effectuate a price-fixing scheme through a software algorithm or through human-to-human interaction should be of no legal significance. Automating an anticompetitive scheme does not make it less anticompetitive ».

Ce faisant nous ne considèrerons dans notre discussion que les enjeux posés par des algorithmes plus complexes. Si les algorithmes d'apprentissage autonome peuvent effectivement permettre d'initier des collusions, comment prévenir « efficacement » les dommages potentiels si la régulation devait être la solution retenue ? De surcroît ne doit-on pas considérer des formes de collusions algorithmiques plus subtiles encore que celles relevant de l'interaction d'algorithmes de Q-learning ? Par exemple, qu'en est-il des risques de collusions par intelligence artificielle générative et de collusions agonistiques ?

- ***Comment prévenir « efficacement » les dommages potentiels si la régulation devait être la solution retenue ?***

La sanction des pratiques de collusion tacite sur la base des règles de concurrence ne va pas d'elle-même dès lors qu'il est difficile d'identifier des pratiques facilitatrices (Marty, 2017). C'est particulièrement le cas dès lors qu'il s'agit de mettre en évidence des pratiques relevant de la catégorie d'échanges d'informations qui sont plus furtives (voir les collusions par signaux) ou qui peuvent se dérouler en amont (dans le cadre de l'entraînement des algorithmes) et non plus seulement dans les interactions de marché.

Dès lors que les firmes pourraient adopter des comportements parallèles en s'ajustant de mieux en mieux aux signaux de marché grâce aux algorithmes à leurs dispositions, il serait possible de craindre une défaillance structurelle de la concurrence appelant la mise en place de mesures de régulation *ex ante*. Mendelsohn (2020, p.251) brosse un large tableau des solutions réglementaires possibles lesquelles se distribuent en fonction de leur rigidité et des risques de pertes d'efficience qui en résultent. L'avantage des règles antitrust par rapport aux réglementations *ex ante* tient principalement à leur plasticité et à leur capacité à être neutres en matière de technologie de collusion (Mekki, 2023).

Les solutions de régulation, quant à elles, peuvent aller de l'interdiction de mise en œuvre des algorithmes les plus susceptibles de colluder à des logiques de conformité (régulation procédurale, co-régulation ou encore utilisation de bacs à sable réglementaires). Une solution intermédiaire peut résider en une adaptation des règles de concurrence pour leur permettre de caractériser plus aisément une stratégie comme anticoncurrentielle et en une mise en place d'une réglementation conduisant les firmes à mettre en place des politiques de conformité (voir notamment van Cleynenbreugel, 2020). De façon quelque peu paradoxale, il serait possible en suivant Abada et al. (2024) de considérer que le choix d'algorithmes peu élaborés dans le cadre d'environnements complexes serait de nature à favoriser l'établissement de prix *supra* concurrentiels et pourraient être tenu, toute proportion gardée, comme relevant de pratiques facilitatrices.

De la même façon, Eschenbaum et al., (2022) relève que les interventions *ex ante* qui viendraient restreindre la marge d'ajustement et d'évolution des algorithmes pourraient produire des résultats contreproductifs dans la mesure où ils simplifient les fonctions de réaction possibles. Les résultats présentés par Eschenbaum et al., (2022) vont plus dans le sens d'une conformité par conception basée sur le contrôle des paramètres d'entraînement des algorithmes concurrents⁴⁷. Comme nous l'avons vu *supra*, l'entraînement des algorithmes bien plus que leur contexte d'utilisation pourrait être à l'origine d'une forte propension à converger et d'une plus forte capacité à revenir à l'équilibre collusif après un choc extérieur⁴⁸. Plus l'entraînement se fait sur des données spécifiques à un marché, plus la propension à colluder sera forte.

Cependant les obligations *ex ante* sur la conception des algorithmes ne sont pas les seuls types d'exigences qui devraient être mis en place pour prévenir la collusion algorithmique. La firme qui met en œuvre un algorithme doit avoir la responsabilité de superviser son fonctionnement et de s'assurer que son résultat ne conduise pas à des effets anticoncurrentiels. La délégation des décisions à un algorithme n'affranchit pas la firme de ses responsabilités⁴⁹. Il en est ainsi des outils de tarifications algorithmiques sur les places de marché lesquels proposent des modèles

⁴⁷ "Our findings suggest that the main policy challenge is to detect or prevent coordination of algorithm design, implying that the actual danger of algorithmic collusion may not necessarily be in the market interaction itself, but in coordinative moves beforehand" (Eschenbaum et al., 2022, p.4). Notons également que de telles exigences en termes de conformité par conception devraient également être celles des places de marché si elles sont incitées à contrecarrer les collusions entre vendeurs indépendants (Johnson et al., 2023).

⁴⁸ "Our analysis suggests that a key driving force of algorithmic collusion in practice is coordination of algorithm design. Firms in practice may be able to successfully achieve algorithmic (tacit) collusion by coordinating on high-level ideas for the implementation of learning algorithms" (Eschenbaum et al., 2022, p.22)

⁴⁹ Afin de détecter d'éventuels équilibres collusifs ou même des effets liés à des stratégies de manipulation des algorithmes par des tiers comme nous le verrons dans notre dernière sous-section.

d'ajustements automatiques des prix qui peuvent effectivement conduire à de tels équilibres collusifs. Notons de surcroît que ces mêmes outils algorithmiques peuvent tout autant être à l'origine de collusion par signal dès lors qu'ils procèdent à intervalle donné à des 'price resets' qui peuvent être interprétés comme une proposition de point focal par les concurrents (Musolff, 2024, p.20).

Comme présenté ci-avant, des contentieux en cours aux Etats-Unis sur des équilibres de type *hub-and-spoke* illustrent ces risques juridiques pour les firmes utilisatrices des algorithmes. Si des firmes concurrentes confient leurs décisions de prix à un même algorithme, elles abandonnent leur autonomie stratégique et entrent donc dans une pratique concertée. En d'autres termes, pour l'antitrust américain : "[...] concerted action includes any conduct that joins together otherwise-separate decisionmaking and thus deprives the market of independent centers of decisionmaking". Ainsi, "Jointly delegating any part of the decision-making process reflects concerted action".

Ainsi, les mesures que devraient mettre en œuvre les firmes utilisatrices d'algorithmes, notamment de prix, relèvent de logiques proches de celles mises en œuvre dans les domaines bancaires et financiers (Teller, 2019). Elles répondent à une logique de conformité reposant sur des mesures *ex ante* de *due diligence* quant aux risques posés par les algorithmes que la firme va mettre en œuvre et sur des mesures de supervision *ex post* quant au contrôle des effets du fonctionnement des algorithmes en situation. Cela passe par des audits internes et politiques de documentation des paramètres intégrés aux décisions algorithmiques lesquelles ne peuvent donc être laissées en 'pilote automatique' ou maintenues dans une logique de boîte noire. Les mesures *ex ante* doivent être particulièrement strictes en matière du choix du développeur (et éventuellement de l'entité qui met en œuvre) l'algorithmique de prix. Il s'agit d'exercer une sorte de devoir de vigilance quant aux agissements du développeur : quelles sont les données qu'il utilise pour entraîner son algorithme, s'agit-il de données en provenance des concurrents, tous les concurrents utilisent-ils le même algorithme prédictif... ?

- ***Nouveaux algorithmes et nouveaux risques concurrentiels***

Nous n'avons considéré ici l'intelligence artificielle en matière de prédiction au travers d'outils d'apprentissage machine auto-renforçant. Qu'en est-il pour l'intelligence artificielle générative ? Déjà une littérature se développe en la matière : il serait possible de colluder via des prompts. En outre, comment traiter des cas dans lesquels l'entente procède d'une stratégie de manipulation unilatérale mise en œuvre par un des acteurs de marché ?

Nous considérons ces deux cas, l'entente par IA générative et l'entente par algorithmes agonistiques dans cette dernière sous-section.

Un premier scénario est celui de l'entente prenant pour base des intelligences artificielles génératives. Des entreprises concurrentes pourraient au travers de leurs utilisations d'un même service partager des informations privées et obtenir des réponses convergentes (Motwani et al., 2024). L'échange serait alors particulièrement difficile à détecter pour les autorités de concurrence (Roger et Greenblat, 2023). Retracer de tels échanges est en effet d'autant plus difficile que l'intelligence artificielle générative a toutes les caractéristiques d'une boîte noire. De nombreux travaux sont actuellement publiés sur la propension des algorithmes d'IA à générer de telles collusions. Leurs caractéristiques se prêtent en effet sur le principe encore plus à de tels équilibres que les algorithmes prédictifs à apprentissage auto-renforçant (Fish et al., 2024). Ils peuvent tout d'abord interagir avec d'autres algorithmes. Ils sont ensuite dotés d'une plus large marge d'interprétation que les autres algorithmes. Ils se caractérisent enfin par une très difficile interprétabilité algorithmique *ex post* du fait de leur fonctionnement intrinsèque de leur constant processus d'apprentissage.

Les *prompts* qui sont adressés aux IA génératives peuvent porter sur la politique de prix des entreprises. Les développeurs de langages fondamentaux proposent d'ailleurs sur leurs magasins d'applications des outils dédiés à cette tâche⁵⁰. Fish et al. (2024) montre que certains modèles fondamentaux ont la même propension à conduire à des niveaux de prix supra-concurrentiels au fil des interactions que les algorithmes de Q-learning analysés par Calvano et al., (2020). Un algorithme mis en œuvre par une firme en position de monopole peut converger vers un prix optimal pour elle et si l'on donne l'instruction à deux algorithmes de firmes en duopole de définir un prix susceptible de maximiser leur profit à long terme, les prix peuvent s'établir à un niveau extra-concurrentiel et stable.

Des IA génératives faisant l'objet de demandes successives pourraient à nouveau dans un tel scénario initier des mécanismes de sanctions et récompenses conduisant à une convergence vers un point focal collusif. Fish et al. (2024) montre que des IA génératives classiques telles Chat GPT 4.0 peuvent conduire à des schémas proches de ceux définis par Calvano et al., (2020) pour des algorithmes de Q-Learning mais à une vitesse supérieure⁵¹. Cette convergence existe

⁵⁰ Coder un outil de *pricing* sur la même base (en d'autres termes déployer un outil de *pricing* fine-tuné) peut d'ailleurs accroître le risque de comportement convergent des algorithmes.

⁵¹ Le processus est le suivant deux IA génératives (A, B) sont alimentés par des prompts (a, b) donnant les plans et les intuitions respectives des deux firmes et par l'observation commune de données de marché). En période 1, les données observées sont celles de la période 0. En période 2, les deux IA prennent en compte les instructions

même si les demandes sont asymétriques, même si l'information est bruitée ou si les algorithmes des différents joueurs sont de nature différente. Les instructions données n'ont pas à spécifier une quelconque indication quant l'intérêt à colluder. Cependant, le contenu même des *prompts* peut jouer sur la vitesse des algorithmes à atteindre l'équilibre de collusion tacite. La prévention de ces risques passe par la régulation (même sous forme de régulation déléguée dans le cadre d'une politique de conformité) des *prompts* mais pas seulement pendant la phase d'utilisation de l'IA générative mais également et peut-être surtout pendant sa phase de développement et de déploiement.

Un second scénario de collusion algorithmique qui a été récemment mis en lumière par Rochet et al. (2023), celui de la collusion *adversariale* ou antagoniste (nous préférons agonistique). L'entente est ici le produit de la manipulation de l'algorithme d'un ou plusieurs concurrents par un autre concurrent sur le marché. Il va essayer de donner des signaux de nature à conduire les algorithmes des concurrents à s'ajuster dans le sens d'un équilibre mutuellement profitable duquel ils n'auront pas d'incitations à s'écarter. En d'autres termes, une firme apprend à décrypter les algorithmes de ses concurrents pour les amener progressivement vers un point qui augmente à la fois ses profits mais également ceux de ses concurrents de façon à ce que ces derniers ne soient pas incités à modifier les instructions données à leurs algorithmes dans la mesure où leurs marges s'accroissent. Le résultat paradoxal de cette action unilatérale est qu'un équilibre de type 'collusif' s'établit de façon durable conduisant à des prix *supra* concurrentiels⁵².

Il ne s'agit plus ici d'algorithmes lesquels au gré de leurs interactions dans un jeu non coopératif découvrirait une trajectoire coopérative. Il s'agit d'une stratégie consciemment mise en œuvre par une seule des firmes en cause qui vise à conduire les algorithmes des concurrents à agir dans son intérêt sous contrainte que ces derniers ne soient pas révisés. La littérature pertinente est alors celle développée en sciences computationnelles sur les manipulations d'algorithmes d'apprentissage machine par des tiers (Rochet al., 2023). Il s'agit de parvenir à ses fins sans produire d'incitations à modifier les algorithmes pour les firmes sujettes à

(a2 et b2) et les données de marché de la période 1 qui résultent en partie des conditions de départ communes à la période 0 et des résultats des décisions prises par chaque algorithme à la période 1.

⁵² "Continued policy updating allows algorithms to overcome this breakdown in collusion, but requires many iterations and is unlikely to be feasible in market environments. We then show that restricting algorithms' strategy space by only allowing them to condition on their own past price, but not competitors' prices, can make algorithmic collusion robust for a set of parameterizations, because it forces them to learn collusive policies based on simpler patterns that are not too specific to the training context and can thus be successfully extrapolated" (Eschenbaum et al., 2022, p.2)

l'attaque. Une réaction génèrerait une baisse des profits pour l'assaillant. Il s'agit donc pour lui d'augmenter à la fois ses profits et ceux des firmes dont il manipule l'algorithme. Le prix s'élève donc à un niveau supra-concurrentiel duquel nulle firme a intérêt à s'écarter.

Comment sanctionner ces pratiques sur la base des règles de concurrence ? Rochet et al. (2023) donne deux pistes intéressantes. Premièrement, si le manipulateur est en position dominante, il serait possible de considérer que sa démarche est abusive en ce qu'elle empêche les concurrents d'agir de façon efficiente sur le marché (i.e. d'une façon qui maximise leur profit personnel). Deuxièmement, une absence de réaction de la part de firmes dont l'algorithme serait manipulé pourrait être qualifiée comme participant d'une pratique concertée si toutes les mesures de prévention et détection ne sont pas mis en place *ex ante* et si le cas échéant nulle correction est mise en œuvre *ex post*. La logique serait alors celle d'une régulation procédurale (Kirat et Marty, 2015).

Références

Abada I., Lambin X. and Tchakarov N., (2022), "Collusion by Mistake: Does Algorithmic Sophistication Drive Supra-Competitive Profits?", *ESSEC Business School Research Paper*, n°2023-01.

Agrawal A.K., Gans J.S. and Goldfarb A., (2018), "Economic Policy for Artificial Intelligence", *NBER Working Paper*, n° 24690, June.

Asker J., Fershtman C. and Pakes A., (2024), "The impact of artificial intelligence design on pricing", *Journal of Economics and Management Strategy*, 33(2), pp.276-304.

Assad, S., Clark R., Ershov D., and Xu L., (2020), "Algorithmic Pricing and Competition: Empirical Evidence from the German Retail Gasoline Market", *Journal of Political Economy*, 132-3, March.

Autorité de la concurrence and Bundeskartellamt, (2019), *Algorithms and Competition*

Axelrod R., and Hamilton W.D., (1981), "The Evolution of Cooperation", *Science*, 211 (4489): 1390-96. <https://doi.org/10.1126/science.7466396>

Biancho M. and Mantegazza G., (2023), "Artificial Intelligence and Spontaneous Collusion", <https://arxiv.org/abs/2202.05946>

Brown D.P. and Eckert A., (2022), “Pricing Patterns in Wholesale Electricity Markets: Unilateral Market Power or Coordinated Behavior?”, *Journal of Industrial Economics*, 70(1), pp.168-216.

Brown D.P., Cajueiro D.O., Eckert A. and Silveira D., (2023), “Information and Transparency; Using Machine Learning to Detect Communication”, University of Alberta, Department of Economics, *Working Paper* n° 2023-06, May.

Brown Z. Y. and MacKay A.J., (2021), “Competition in Pricing Algorithms”, *American Economic Journal: Microeconomics*, 15(2), pp.109-156.

Calvano E., G. Calzolari, V. Denicolo, and S. Pastorello, (2020), “Artificial Intelligence, Algorithmic Pricing, and Collusion”, *American Economic Review*, 110 (10), pp.3267–3297.

Cho I-K. and Williams N., (2024), “Collusive Outcomes Without Collusion”, <https://arxiv.org/abs/2403.07177>

Crandall J.W. et al., (2018), “Cooperating with Machines”, *Nature Communications*, 9, art.233, <https://www.nature.com/articles/s41467-017-02597-8>

De Cooman J., (2023), “Outsmarting Pac-Man with artificial intelligence, or why Ai-driven cartel screening is not a silver-bullet”, *Journal of European Competition Law and Practice*, 14(4), pp.186-202.

Deng A., (2024), “What Do We Know About Algorithmic Collusion Now? New Insights from the Latest Academic Research”, https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=4521959

Ellison G. and Fisher-Ellison S., (2009), “Search, Obfuscation, and Price Elasticities on the Internet”, *Econometrica*, 77(2), pp.427-452.

Eschenbaum N., Mellgren F. and Zahn P., (2022), “Robust Algorithmic Collusion”, <https://arxiv.org/abs/2201.00345>

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

Fabra N. and Motta M., (2018), “Assessing coordinated effects in merger cases”, in Corchón L.C. and Marini M.A., eds, *Handbook of Game Theory and Industrial Organization*, tome 2, chapter 5, Edwar Elgar, pp.91-122. <https://doi.org/10.4337/9781788112789.00011>

Fish S., Gonczarowski Y.A. and Shorrer R., (2024), “Algorithmic Collusion by Large Language Models”, <https://arxiv.org/abs/2404.00806>

Fltecher A., (2024), “The Role of Behavioural Economics in Competition Policy”, in *Cambridge Handbook on the Theoretical Foundations of Antitrust and Competition Law*, forthcoming, Cambridge University Press.

Green E. J. and Porter R. H., (1984), “Noncooperative Collusion under Imperfect Price Information”, *Econometrica*, 52 (1), p.87 et s.

Harrington J., (2018), “Developing competition law for collusion by autonomous artificial agents”, *Journal of Competition Law and Economics*,14, pp.331–363.

Harrington J.E., (2022), “The Effect of Outsourcing Pricing Algorithms on Market Competition”, *Management Science*, 68(9), pp.6355-7064.

Ittoo A. and Petit, N, (2017), “Algorithmic Pricing Agents and Tacit Collusion: A Technological Perspective », in Jaquemin H. and de Streel A. (eds.), *L’intelligence artificielle et le droit* (pp. 241-256). Larcier.

Johnson J.P., Rhodes A. and Wildenbeest M., (2023), “Platform Design When Sellers Use Pricing Algorithms”, *Econometrica*, 91(5), pp.1841-1879.

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*, 4(4), pp.441-450.

Lianos I. and Wagner von Papp F., (2022), “Tackling Invitations to Collude and Unilateral Disclosure: The Moving Frontiers of Competition Law”, *Journal of European Competition Law & Practice*, 13(4), pp.249-253.

Marty F., (2007), « La notion de position dominante collective dans les politiques de concurrence : incertitudes économiques et insécurité juridique », *Economie et Institutions*, n° 10-11/ 2007, pp.185-218.

Marty F., (2017), « Algorithmes de prix, intelligence artificielle et équilibres collusifs », *Revue Internationale de Droit Economique*, 2017-2, tome XXXI, pp.83-116

Marty F., (2019), « Plateformes numériques, algorithmes et discrimination », *Revue de l'OFCE*, volume 164, 2019-4, pp.91-118.

Marty F. and Warin T., (2023), “Coordinated Anticompetitive Practices Based on Algorithms”, in Marciano A. and Ramello G.B., eds, *Encyclopaedia of Law and Economics*, Springer, New York, https://doi.org/10.1007/978-1-4614-7883-6_818-1

Mekki D., (2023), *Principal Deputy Assistant Attorney General Doha Mekki of the Antitrust Division Delivers Remarks at GCR Live: Law Leaders Global 2023*, February 2, <https://www.justice.gov/opa/speech/principal-deputy-assistant-attorney-general-doha-mekki-antitrust-division-delivers-0>

Motwani S.R. et al., (2024), “Secret Collusion among Generative AI Agents”, <https://arxiv.org/abs/2402.07510>

Musolff L., (2023), “Algorithmic Pricing Facilitates Tacit Collusion: Evidences from E-Commerce”, *23rd ACM conference Economics and Computation*, available at https://lmusolff.github.io/papers/Algorithmic_Pricing.pdf

OECD, (2017), *Algorithms and Collusion: Competition Policy in the Digital Age*, <http://www.oecd.org/competition/algorithms-collusion-competition-policy-in-the-digital-age.htm>

OECD, (2023), *Algorithmic Competition – Note by Brazil*, DAF/COMP/WD(2023)18, 14 June

Ohlausen M.K., (2017), “Should We Fear the Things That Go Beep in the Night? Some Initial Thoughts on the Intersection of Antitrust Law and Algorithmic Pricing”, *FTC*

Posner R., (1968), “Oligopoly and the Antitrust Laws: A Suggested Approach”, *Stanford Law Review*, (21), pp.1562-1606.

Rochet L., Tournier A.J. and de Montjoye Y.-A., (2023), “Adversarial Competition and Collusion in Algorithmic Markets”, *Nature Machine Intelligence*, 5, pp.497-504.

Roger F. and Greenblatt R., (2023), “Preventing Language Models from Hiding Their Reasoning”, <https://arxiv.org/abs/2310.18512>

Salcedo B., (2015), *Pricing Algorithms and Tacit Collusion*, Pennsylvania State University, Working Paper, <http://brunosalcedo.com/docs/collusion.pdf>

Schwalbe U., (2018), “Algorithms, Machine Learning, and Collusion”, *Journal of Competition Law & Economics*, 14(4), 568-607.

Teller M., (2019), « La régulation des marchés financiers entre pouvoirs privés économiques et ordre public économique », *Revue Internationale de Droit Economique*, 2019/1, tome XXXIII, pp.91-103.

Tomas S., (2019), “Harmful Signals: Cartel Prohibition and Oligopoly Theory in the Age of Machine Learning”, *Journal of Competition Law and Economics*, 15(2-3), pp.159-203.

Turner D.F., (1962), “The Definition of Agreement Under the Sherman Act: Conscious Parallelism and Refusals to Deal”, *Harvard Law Review*, 75(4), pp. 655-706.

van Bos R. P. and Pot E, (2017), “Competition versus collusion: The impact of consumer inertia,” *International Journal of Economic Theory*, 13, pp.387-400.

van Cleynenbreugel P., (2020), “Article 101 TFEU’s Association of Undertakings Notion and Its Surprising Potential to Help Distinguish Acceptable from Unacceptable Algorithmic Collusion”, *The Antitrust Bulletin*, 65(3), pp. 423-444.



SciencesPo

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