

---

**DIRECTION DES AFFAIRES FINANCIÈRES ET DES ENTREPRISES  
COMITÉ DE LA CONCURRENCE****Algorithmes et ententes - Note d'information du Secrétariat****21 23 juin 2017**

*Ce document a été préparé par le Secrétariat de l'OCDE pour servir de note d'information sur le point 10 de l'ordre du jour de la 127<sup>e</sup> réunion du Comité de la concurrence qui se tiendra du 21 au 23 juin 2017.*

*Les opinions exprimées et les arguments avancés dans cette note ne reflètent pas nécessairement les vues de l'Organisation ou des gouvernements de ses pays membres.*

*Pour consulter des documents supplémentaires sur cette question, voir :*

*<http://www.oecd.org/daf/competition/algorithms-and-collusion.htm>*

Pour toute question au sujet de ce document, merci de prendre contact avec M. Antonio Capobianco [Courriel : [Antonio.Capobianco@oecd.org](mailto:Antonio.Capobianco@oecd.org)]

**JT03416236**

## Algorithmes et ententes

### Note d'information du Secrétariat\*

#### Résumé

*Les données massives et les outils technologiques de pointe tels que les algorithmes de calcul des prix sont de plus en plus présents dans notre vie quotidienne et cela modifie le paysage concurrentiel à l'intérieur duquel opèrent de nombreuses entreprises et la manière dont elles prennent leurs décisions commerciales et stratégiques. Bien que l'on ignore encore pour l'essentiel l'étendue du phénomène, un nombre croissant d'entreprises se servent d'algorithmes informatiques pour améliorer leurs modèles de fixation des prix, adapter ou personnaliser leurs services et prévoir l'évolution du marché. Le développement de ce phénomène est évidemment associé à des gains d'efficacité importants, tant pour les entreprises que pour les consommateurs, sous la forme de produits et de services nouveaux, meilleurs et mieux adaptés.*

*Néanmoins, l'extension de l'usage des algorithmes suscite des inquiétudes car elle pourrait ouvrir la voie à des comportements anticoncurrentiels, ces outils facilitant l'établissement et le maintien d'ententes sans qu'un accord formel ou une interaction humaine soit nécessaire. Le présent document examine en particulier la question de savoir si les algorithmes facilitent les ententes tacites non seulement sur les marchés oligopolistiques mais aussi sur les marchés qui ne présentent pas les caractéristiques structurelles généralement associées au risque d'entente.*

*Cette note d'information analyse quelques-uns des défis associés aux algorithmes, à la fois du point de vue de l'application de la législation sur la concurrence et de la régulation du marché. Elle aborde en particulier la question de savoir si les autorités de la concurrence devraient réviser les notions classiques d'accord et d'entente tacite aux fins de la lutte contre les ententes, puis examine les moyens d'utiliser les outils antitrust traditionnels pour combattre certaines formes d'entente algorithmique. Reconnaissant les nombreux risques que les algorithmes et l'apprentissage automatique font courir à la société, ce document s'interroge également sur la nécessité ou non de réglementer les algorithmes et sur les conséquences éventuelles d'un tel choix politique en termes de concurrence et d'innovation.*

---

\* Ce document a été préparé par Antonio Capobianco, Pedro Gonzaga et Anita Nyesó de la Division de la concurrence de l'OCDE.

## *Table des matières*

<b>Algorithmes et ententes.....</b>	<b>2</b>
<b>1. 1. Introduction .....</b>	<b>5</b>
<b>2. 2. Comment fonctionnent les algorithmes et à quoi servent-ils ? .....</b>	<b>6</b>
2.1. 2.1 Concepts et définitions.....	6
2.2. 2.2 Utilisation des algorithmes par les entreprises.....	10
2.3. 2.3 Utilisation des algorithmes par les gouvernements.....	13
<b>3. 3. Les algorithmes peuvent-ils avoir des effets favorables sur la concurrence ? .....</b>	<b>15</b>
3.1. 3.1 Gains d'efficacité du côté de l'offre.....	15
3.2. 3.2 Gains d'efficacité du côté de la demande .....	18
<b>4. 4. Les algorithmes et le risque d'entente .....</b>	<b>20</b>
4.1. 4.1 Entente : concepts et définitions .....	21
4.2. 4.2 Impact de l'utilisation des algorithmes sur les facteurs propices à l'entente .....	22
4.2.1. 4.2.1 Caractéristiques structurelles du secteur .....	23
4.2.2. 4.2.2 Caractéristiques de la demande et de l'offre .....	25
4.2.3. 4.2.3 Impact des algorithmes sur la probabilité d'une entente .....	26
4.3. 4.3 Facilitation des ententes par les algorithmes.....	29
4.3.1. 4.3.1 Algorithmes de surveillance.....	29
4.3.2. 4.3.2 Algorithmes parallèles.....	31
4.3.3. 4.3.3 Algorithmes de signalisation.....	33
4.3.4. 4.3.4 Algorithmes d'apprentissage automatique .....	36
<b>5. 5. Problèmes nouveaux soulevés par les algorithmes pour l'application du droit de la concurrence.....</b>	<b>38</b>
5.1. 5.1 Algorithmes et entente tacite .....	40
5.2. 5.2 Faut-il revoir la notion d'accord ?.....	43
5.3. 5.3 Champ d'application de la responsabilité relative aux comportements anticoncurrentiels ..	46
5.4. 5.4 Autres approches possibles de l'entente algorithmique .....	47
5.4.1. 5.4.1 Études de marché et enquêtes sectorielles.....	48
5.4.2. 5.4.2 Contrôle ex ante des concentrations.....	49
5.4.3. 5.4.3 Engagements et mesures correctives possibles .....	50
<b>6. 6. Algorithmes et réglementation du marché.....</b>	<b>50</b>
6.1. 6.1 Arguments en faveur de la réglementation des algorithmes .....	51
6.1.1. 6.1.1 Risques de « sélection algorithmique » .....	51
6.1.2. 6.1.2 Défaillances du marché .....	54
6.2. 6.2 Interventions réglementaires possibles .....	55
6.2.1. 6.2.1 Possibilités institutionnelles de contrôle des algorithmes .....	55
6.2.2. 6.2.2 Mesures visant à assurer la transparence et la responsabilité algorithmique.....	56

6.2.3. 6.2.3 Mesures réglementaires visant à empêcher l'entente algorithmique.....	59
<b>7. 7. Conclusions .....</b>	<b>61</b>
<b>9. Notes .....</b>	<b>63</b>
<b>10. Références .....</b>	<b>69</b>
<b>11. Annexe .....</b>	<b>78</b>

## Tableaux

Tableau 1. Indices d'entente et éléments correspondants à prendre en compte dans l'ingénierie des caractéristiques .....	15
Tableau 2. Impact des algorithmes sur la probabilité d'une entente .....	26
Tableau 3. Rôle des algorithmes dans la mise en place d'une entente .....	38
Tableau 4. Catégories de risques de sélection algorithmique.....	53

## Graphiques

Graphique 1. Algorithmes d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond .....	8
Graphique 2. Relations entre l'IA, l'AA et l'AP .....	10
Graphique 3. Exemple d'algorithme de surveillance .....	31
Graphique 4. Exemple d'algorithmes parallèles.....	33
Graphique 5. Exemple d'algorithme de signalisation .....	36
Graphique 6. Schéma d'une entente résultant du fonctionnement d'un algorithme d'apprentissage profond .....	38

## Encadrés

Encadré 1. Libratus, le robot qui joue au poker.....	9
Encadré 2. Applications modernes de l'apprentissage profond.....	12
Encadré 3. Le système coréen d'analyse des indices de soumissions concertées dans les appels d'offres publics (BRIAS) .....	14
Encadré 4. L'utilisation de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'assurance .....	17
Encadré 5. Algorithmes de calcul des prix et fixation dynamique des prix .....	18
Encadré 6. Les sites de comparaison des prix .....	20
Encadré 7. Le « Flash Crash ».....	28
Encadré 8. Surveillance des prix du carburant à l'aide d'algorithmes de vision artificielle .....	30
Encadré 9. Entente algorithmique sur le marché d'Amazon .....	32
Encadré 10. L'affaire des compagnies aériennes américaines .....	35
Encadré 11. Prix personnalisés et outils standards du droit de la concurrence .....	40
Encadré 12. Le « problème des oligopoles ».....	42
Encadré 13. La notion d'« accord » dans le droit de la concurrence.....	44
Encadré 14. Normes de concurrence déloyale : l'article 5 de la loi sur la Commission fédérale du commerce des États-Unis .....	46
Encadré 15. Enquête sectorielle de la Commission européenne sur le commerce électronique : conclusions relatives aux logiciels de tarification .....	48
Encadré 16. Principes de transparence et de responsabilité algorithmique de l'USACM.....	58
Encadré 17. Responsabilité et « droit d'obtenir des informations » dans le RGPD européen .....	59

## 1. 1. Introduction

1. On ne saurait exagérer le rôle des algorithmes dans la vie quotidienne aujourd'hui. Certains scientifiques affirment que les algorithmes sont omniprésents dans l'environnement moderne et permettent de suivre de près, de prédire et d'influencer le comportement des individus dans pratiquement tous les domaines de la vie<sup>1</sup>. Bien que peu d'individus contestent les grands avantages offerts par les algorithmes, notamment du point de vue des progrès de l'automatisation, de l'efficacité et de la qualité, aussi bien pour les entreprises que pour leurs clients, des questions se posent sur le degré auquel la prise de décision humaine peut être soutenue (ou même remplacée dans certains cas) par des machines et sur les conséquences de l'automatisation des processus de décision pour la concurrence.

2. Les scientifiques sont tout à fait conscients de ces problèmes. En 2015, plus de 70 scientifiques et spécialistes de l'intelligence artificielle (IA) ont signé une lettre ouverte appelant à développer la recherche sur les impacts sociétaux de ces nouvelles technologies<sup>2</sup>. Les signataires de ce texte sont convaincus que l'IA est une source potentielle d'avantages énormes pour la société, notamment pour éradiquer les maladies et la pauvreté, mais ils soulignent le besoin d'étudier concrètement les moyens d'éviter certains écueils potentiels : la recherche ne doit pas aboutir à la création de machines incontrôlables. Ils appellent à développer la recherche interdisciplinaire à ce sujet, avec la participation d'économistes, de juristes, de philosophes, de spécialistes de la sécurité informatique et, bien évidemment, de chercheurs travaillant dans les divers domaines de l'IA.

3. L'OCDE a signalé à plusieurs reprises l'impact de l'innovation à base de données sur la concurrence et le bien-être social<sup>3</sup>. Dans certaines de ses discussions récentes sur les politiques, l'OCDE a examiné, par exemple, les avantages des innovations de rupture obtenues à partir des données dans les marchés financiers<sup>4</sup>, les transports terrestres<sup>5</sup> et le secteur juridique<sup>6</sup>, en reconnaissant les risques de dommages qui pourraient en résulter pour le consommateur en l'absence d'un cadre de concurrence apte à discipliner ces nouveaux outils commerciaux. En 2016, le Comité de la concurrence de l'OCDE<sup>7</sup> a tenu une audition sur les données massives afin de cerner les implications générales des modèles commerciaux à base de données pour l'application du droit de la concurrence et la régulation du marché. L'une des préoccupations soulevées à cette occasion concernait le risque que l'utilisation des données et des algorithmes informatiques rende possibles de nouveaux types d'ententes, question examinée plus en détail dans le présent document<sup>8</sup>.

4. Cette note d'information décrit la manière dont les algorithmes modifient le paysage concurrentiel en donnant aux entreprises la possibilité d'atteindre des résultats collusoires par des voies nouvelles, qui n'exigent pas nécessairement l'établissement d'une entente au sens de la législation antitrust classique, ni même une quelconque interaction humaine. La théorie économique suggère qu'un risque très important existe que les algorithmes, en améliorant la transparence du marché et en rendant possibles les transactions à haute fréquence, contribuent à accroître la probabilité des ententes dans des structures de marché qui, autrement, se caractériseraient par une concurrence très intense. L'analyse présentée dans ce document montre que les algorithmes peuvent faciliter la coordination tacite, c'est-à-dire une configuration de marché non envisagée par le droit de la concurrence, en mettant à la disposition des entreprises des mécanismes automatisés pour signaler certains comportements, mettre en œuvre des politiques communes, ainsi que contrôler et punir les déviations. Elle montre également de quelle façon les algorithmes facilitent les ententes non seulement sur les marchés oligopolistiques, qui se

caractérisent par d'importants obstacles à l'entrée et un haut niveau de transparence, mais aussi dans des marchés où il serait normalement difficile d'établir et de maintenir dans le temps une entente tacite, ce qui élargit le champs de ce qu'on appelle le « problème des oligopoles ».

5. À la lumière de ces conclusions, ce document examine quelques-unes des mesures auxquelles pourraient recourir les organes chargés de l'application du droit de la concurrence face à ce nouveau phénomène, en particulier : (1) réaliser des études de marché et des enquêtes sectorielles pour déterminer si les algorithmes posent effectivement un problème important en termes de concurrence ; (2) mettre à profit la révision du contrôle des fusions pour y intégrer la prise en compte des incidences des algorithmes sur la probabilité d'effets de coordination ; et (3) concevoir des méthodes pour empêcher la programmation par les entreprises de certains codes particuliers connus pour faciliter les pratiques d'entente tacite. Reconnaissant les limites des outils antitrust existants, il réfléchit également à la nécessité de revoir certains concepts classiques, en définissant plus clairement la notion d'accord aux fins de l'application du droit de la concurrence, ou même en réexaminant la politique de la concurrence à l'égard de l'entente tacite, y compris les arguments pour et contre la réglementation. Enfin, bien que le risque accru d'entente tacite et d'autres défaillances du marché puisse justifier certaines interventions réglementaires, ce document met en garde contre l'impact négatif que la réglementation des algorithmes pourrait avoir sur la concurrence et l'innovation.

6. La note d'information est organisée comme suit : le **chapitre 2** présente un bref aperçu des principaux concepts sur lesquels reposent les algorithmes et leurs principes de programmation, en particulier l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond ; il fournit aussi un aperçu général de l'utilisation des algorithmes par les entreprises et les gouvernements. Le **chapitre 3** examine les avantages qui sont associés aux algorithmes et les gains d'efficacité que ceux-ci rendent possibles. Le **chapitre 4** aborde certains des risques anti-concurrentiels d'entente liés aux algorithmes, qui modifient les conditions du marché en fournissant aux entreprises de nouveaux moyens de coordonner leurs stratégies commerciales. Le **chapitre 5** se penche sur les défis qui peuvent en résulter en termes d'application du droit de la concurrence dans le contexte juridique et économique actuel et réfléchit aux solutions possibles, en soulignant la difficulté d'identifier le niveau d'intervention adéquat. Le **chapitre 6** recense les avantages et risques potentiels d'autres formes d'intervention réglementaire. Enfin, le **chapitre 7** formule un certain nombre de conclusions.

## 2. 2. Comment fonctionnent les algorithmes et à quoi servent-ils ?

7. Ce chapitre décrit brièvement les concepts fondamentaux et les principes de programmation sur lesquels reposent les algorithmes, en présentant aussi la manière dont ils peuvent être utilisés par les entreprises et les gouvernements. L'utilisation d'algorithmes par les consommateurs et les avantages qui en résultent du côté de la demande seront examinés dans le chapitre 3.

### 2.1. 2.1 Concepts et définitions

8. Bien que la notion d'« algorithme » soit assez ancienne, et de beaucoup antérieure à la création des premiers ordinateurs, il n'en existe toujours pas de définition universellement acceptée<sup>9</sup>. Un **algorithme** désigne en un sens intuitif une série de règles à

appliquer dans un ordre précis pour accomplir une tâche particulière. Un algorithme, par conséquent, est une séquence logique permettant d'obtenir un certain résultat à partir d'un intrant donné ; il peut s'agir aussi bien d'une méthode de résolution d'un problème mathématique, d'une recette de cuisine ou d'une partition. Cependant, ces exemples intuitifs manquent de précision et il n'est donc pas inutile de citer une définition formelle tirée de la littérature spécialisée :

Un algorithme est une liste d'opérations simples, précises et univoques appliquées de manière automatique et systématique à une série de signes ou d'objets (par exemple, des chiffres, les pièces d'un échiquier ou les ingrédients d'un gâteau). L'état initial des signes ou objets constitue l'intrant ; leur état final est le résultat ou l'extrait (Wilson et Keil, 1999).

9. Un algorithme peut être représenté de nombreuses façons différentes, par exemple au moyen du langage ordinaire ou bien sous la forme d'un diagramme, d'un code ou même d'un programme pouvant être lu et exécuté par une machine. Les progrès de l'informatique ont permis de mettre au point des algorithmes pour l'exécution automatique de tâches répétitives impliquant le traitement de données et des calculs complexes, qui seraient trop coûteuses à exécuter par des êtres humains. Les développements récents de l'intelligence artificielle et de l'apprentissage automatique ont porté les algorithmes à un niveau supérieur permettant aux ordinateurs de résoudre des problèmes complexes, de faire des prévisions et de prendre des décisions de manière plus efficiente que les êtres humains, en rendant possible souvent la réalisation d'objectifs de politique générale souhaitables pour la société.

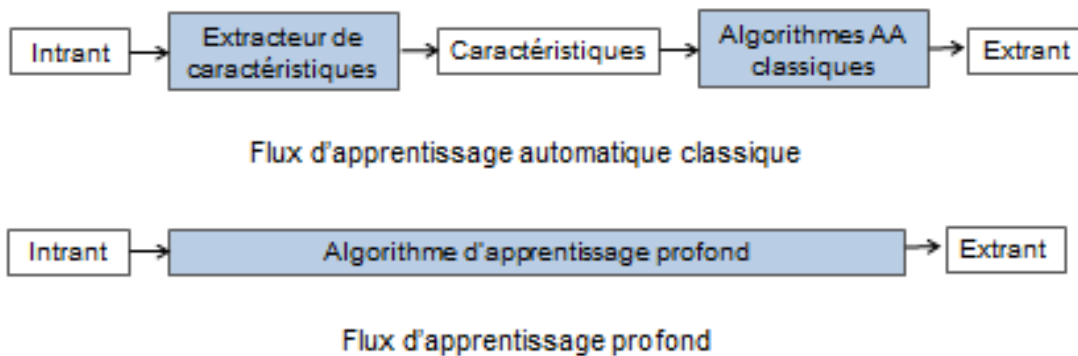
10. L'**intelligence artificielle** désigne le domaine général de l'informatique consacré à l'étude et à la conception des agents intelligents, c'est-à-dire capables d'exécuter des tâches d'un certain degré de complexité d'une manière perçue comme « intelligente »<sup>10</sup>. John McCarthy, qui a le premier formulé cette notion en 1956, la définit comme « la science et l'ingénierie des machines intelligentes ». Pendant la phase initiale de l'IA, la programmation des machines reposait sur de longues listes d'instructions détaillées cherchant à reproduire le fonctionnement de la pensée humaine, ce qui entraînait dans bien des cas un processus fastidieux. L'efficacité de l'IA en tant qu'outil a fait un grand pas en avant avec le développement d'algorithmes qui ont rendu possible l'apprentissage des machines, notion issue de l'étude de la reconnaissance des formes et de la théorie de l'apprentissage qui a conduit à la création d'un domaine nouveau, celui de l'apprentissage automatique.

11. L'**apprentissage automatique** (AA) est un sous-domaine de l'IA consacré à la création de machines intelligentes reposant sur l'utilisation d'algorithmes capables d'apprendre de façon itérative à partir des données et de l'expérience. Selon Samuel (1959), l'apprentissage automatique donne « aux ordinateurs la capacité d'apprendre sans être explicitement programmés ». Les algorithmes d'apprentissage automatique peuvent être regroupés en trois grandes catégories selon le mode d'apprentissage<sup>11</sup>, à savoir :

1. l'**apprentissage supervisé**, dans lequel l'algorithme se sert d'un échantillon de données étiquetées pour apprendre une règle générale de réaffectation des intrants en extrants ;
2. l'**apprentissage non supervisé**, dans lequel l'algorithme doit identifier par lui-même la structure cachée et les motifs permettant de regrouper des données non étiquetées ;

3. **l'apprentissage par renforcement**, grâce auquel l'algorithme peut exécuter une tâche dans un environnement dynamique, par exemple la conduite d'un véhicule ou la participation à un jeu (encadré 1), et apprendre par essai et erreur.
12. Quelle que soit la méthode d'apprentissage, l'aptitude des systèmes d'apprentissage automatique conventionnels à traiter des données brutes est quelque peu limitée<sup>12</sup>. En effet, les bases de données brutes peuvent être d'un volume tel qu'avant de pouvoir leur appliquer un algorithme d'apprentissage automatique, il est souvent nécessaire d'en extraire les caractéristiques pertinentes pour le problème à traiter, processus que l'on appelle l'« ingénierie des caractéristiques ». Ces caractéristiques peuvent être des variables numériques ou des chaînes de données constituant un sous-ensemble de l'ensemble original de données, ou encore un artefact reposant sur certaines combinaisons des variables originelles. Le processus d'identification et d'élaboration des caractéristiques pertinentes est long et coûteux car il doit être effectué manuellement par des êtres humains. Cependant, l'extraction des caractéristiques peut aussi être effectuée de manière automatique en se servant de modèles d'apprentissage profond (graphique 1).

**Graphique 1. Algorithmes d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond**



Source : Adapté de Moujahid (2016).

### Encadré 1. Libratus, le robot qui joue au poker<sup>13</sup>

**Libratus** est un programme d'apprentissage automatique conçu par Tuomas Sandholm et Noam Brown de l'Université Carnegie-Mellon (CMU) pour jouer une version complexe du poker, le ramponneau sans limites (ou *no limit Texas hold'em*). Afin de maîtriser la stratégie du poker, l'algorithme sur lequel repose Libratus s'appuie sur une méthode d'apprentissage par renforcement que l'on peut décomposer en trois étapes :

1. Dans une première étape, une fois introduites les règles du jeu dans le programme, Libratus joue contre lui-même plusieurs trillions de mains de poker. Il joue les premières mains de manière randomisée puis commence à améliorer très rapidement l'algorithme par essai et erreur. Libratus, par conséquent, ne s'appuie pas en fait sur les données observées pour apprendre.
2. Dans une deuxième étape, Libratus joue contre des êtres humains et, prenant en compte leurs actions et conduites particulières, sélectionne les stratégies apprises pendant la première étape qui sont les mieux adaptées pour battre ses opposants.
3. Enfin, dans une troisième étape, alors que les autres joueurs commencent à discerner certaines régularités dans le comportement de la machine, en adaptant leurs stratégies en conséquence, Libratus change de méthode en randomisant certaines de ses décisions de jeu. Autrement dit, Libratus apprend à bluffer.

Libratus a été testé en janvier 2017 dans un tournoi où il a joué en tout 120 000 mains de poker contre les premiers joueurs mondiaux. Tout au long de ce tournoi, la machine jouait contre des adversaires humains pendant la journée puis, mettant à profit les nouvelles données recueillies, améliorait sa stratégie pendant la nuit en corrigeant les faiblesses détectées par les autres joueurs. La machine a obtenu un succès sans précédent, l'emportant avec un total de 1.776.250 USD en jetons contre tous les autres joueurs, qui étaient dans le rouge à la fin du tournoi<sup>14</sup>. La grande blind avait été fixée à 100 USD et Libratus a obtenu un taux de gain de 14.7 grandes blinds par centaine de mains, ce qui représente un score très élevé et significatif d'un point de vue statistique.

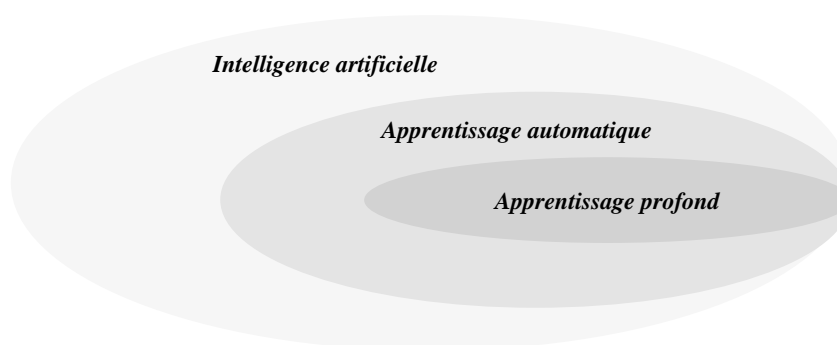
Les jeux sont depuis longtemps utilisés pour améliorer et mesurer les nouveaux résultats obtenus dans le domaine de l'intelligence artificielle. Cependant, l'application de l'IA au poker pourrait ouvrir la voie à de nouvelles utilisations. En tant que jeu dynamique présentant des imperfections informationnelles et des millions de combinaisons de cartes possibles, le poker reflète partiellement la complexité et l'incertitude des problèmes du monde réel. La capacité de Libratus à procéder à des raisonnements complexes dans des situations aléatoires, à interpréter les informations reçues mais susceptibles de l'induire intentionnellement en erreur et à anticiper les conséquences de ses actes sur les décisions des autres joueurs suggère en particulier que l'IA pourra être utilisée dans le contexte d'interactions « humaines » plus complexes, ainsi que dans des processus décisionnels.

13. L'**apprentissage profond** est un sous-domaine de l'apprentissage automatique (graphique 2) visant à permettre aux systèmes informatiques d'apprendre au moyen de logiciels complexes qui tentent de reproduire l'activité des neurones humains en créant un réseau de neurones artificiels. Goodfellow *et al.* (2016) indiquent que l'apprentissage profond parvient à modéliser de puissantes abstractions à partir des données. Alors que les algorithmes d'apprentissage automatique classiques sont des algorithmes linéaires, les algorithmes d'apprentissage profond sont organisés hiérarchiquement selon un ordre croissant de complexité et d'abstraction. En conséquence, l'apprentissage profond permet

aux ordinateurs d'apprendre plus rapidement et avec une plus grande exactitude que l'apprentissage automatique conventionnel.

14. Malgré les progrès obtenus récemment en ce domaine et l'énorme capacité potentielle de l'apprentissage profond à résoudre les problèmes les plus complexes, en l'absence d'extraction de caractéristiques, il est impossible de savoir quels critères ou quelles informations ont été utilisés par l'algorithme pour convertir les intrants en extrants. Autrement dit, quelle que soit la qualité des résultats obtenus, les algorithmes d'apprentissage profond ne permettent pas aux programmeurs de connaître les modalités du processus de décision ayant conduit à ces résultats<sup>15</sup>.

**Graphique 2. Relations entre l'IA, l'AA et l'AP**



### 2.2. 2.2 Utilisation des algorithmes par les entreprises

15. Le rôle croissant que jouent les algorithmes dans la société est la conséquence directe de leur adoption systématique par les entreprises, non seulement dans les marchés en ligne mais aussi dans de nombreux secteurs high-tech. Stucke et Ezrachi (2016) ont développé à cet égard la notion d'« entreprise algorithmique », qui désigne l'utilisation d'algorithmes complexes pour améliorer les décisions commerciales et automatiser les processus de différenciation concurrentielle. Bien que l'adoption d'algorithmes en soit encore à ses débuts dans certaines entreprises, un nombre croissant de firmes s'appuient sur eux pour l'analyse prédictive et l'optimisation des processus commerciaux.

- L'**analyse prédictive** repose sur la mise au point d'algorithmes capables de mesurer la probabilité de résultats futurs à partir des données historiques. Des modèles prédictifs peuvent être utilisés pour évaluer la demande, prévoir l'évolution des prix, prédire le comportement et les préférences des consommateurs, évaluer les risques et anticiper les événements endogènes ou exogènes susceptibles d'affecter l'environnement commercial comme, par exemple, l'entrée de nouvelles entreprises sur le marché, les variations des taux de change ou même les catastrophes naturelles. Toutes ces informations sont extrêmement utiles pour améliorer la prise de décision, permettre aux entreprises de développer des stratégies commerciales plus efficaces et concevoir des services innovants et sur mesure, qui ne pourraient être envisagés autrement.
- Les algorithmes servent aussi à l'**optimisation des processus commerciaux** et donnent aux entreprises la possibilité d'obtenir un avantage concurrentiel en réduisant les coûts de production et de transaction, en répartissant les consommateurs en différentes catégories ou en fixant des prix optimaux, effectivement conformes à la situation du marché. Les algorithmes sont

particulièrement aptes à optimiser les processus à cause de leur caractère automatisé et de leur grande puissance de calcul qui leur permet de traiter de grands ensembles de données et de réagir rapidement, à un coût moindre que si ces tâches étaient exécutées par des êtres humains.

16. Les algorithmes d'analyse prédictive et d'optimisation des processus commerciaux ont de multiples applications pratiques dans de nombreux secteurs d'activité, notamment la prévention de la fraude, l'optimisation des chaînes d'approvisionnement, le ciblage de la publicité, la recommandation de produits, la sécurité des entreprises et la fixation dynamique des prix. À cela s'ajoutent des applications sectorielles spécifiques qui, en particulier lorsqu'elles s'appuient sur l'apprentissage automatisé et l'apprentissage profond, rendent possibles des innovations capitales fondées sur les données et révolutionnent les marchés existants (encadré 2).

### Encadré 2. Applications modernes de l'apprentissage profond

Les premières tentatives de mise au point d'algorithmes d'apprentissage profond datent du milieu du vingtième siècle<sup>16</sup> mais, pendant plusieurs décennies, les applications pratiques de l'apprentissage profond sont restées très limitées, sans doute à cause de la vitesse de traitement insuffisante des ordinateurs et du manque de financement de la recherche en ce domaine. Cependant, avec les progrès de la numérisation, qui ont permis d'augmenter la vitesse des ordinateurs, et de l'accès aux données, les informaticiens ont réussi pendant les dernières années à mettre au point des algorithmes plus performants que les êtres humains dans l'exécution de certaines tâches dont on pensait auparavant qu'elles ne pouvaient être effectuées par une machine. On trouvera ci-dessous quelques exemples de domaines dans lesquels ont été développées des applications de pointe de l'apprentissage profond :

- **Santé** : dans le secteur de la santé, des algorithmes de reconnaissance de formes ont été créés pour la détection précoce du mélanome à partir de l'analyse des grains de beauté et des lésions, ainsi que pour l'aide à la détection des cellules à éliminer dans la chirurgie du cancer du cerveau<sup>17</sup>. Parmi d'autres applications dans ce secteur, on peut citer l'analyse des échographies fœtales dans les soins prénataux<sup>18</sup> et l'examen des radiographies pour évaluer la gravité de l'arthrose du genou<sup>19</sup>.
- **Génie civil et mécanique** : des réseaux de neurones artificiels sont utilisés dans ce secteur à de nombreuses fins, par exemple pour prévoir la dispersion des poussières lors des forages<sup>20</sup>, le comportement structurel d'un bâtiment en cas de tremblement de terre<sup>21</sup> ou la vitesse de la circulation routière<sup>22</sup>.
- **Secteur financier** : des réseaux de neurones artificiels et des algorithmes génétiques sont utilisés sur les marchés financiers pour générer des signaux d'achat et de vente aux fins de la gestion de portefeuilles d'actions<sup>23</sup> et pour prédire les faillites<sup>24</sup>, car il est apparu que ces outils sont plus précis et parfois plus faciles à utiliser que les techniques d'analyse traditionnelles.
- **Biologie** : certains scientifiques ont déployé et testé des algorithmes complexes, par exemple pour automatiser la détection et la classification de la faune benthique<sup>25</sup> ou évaluer la teneur en chlorophylle des feuilles de plantes médicinales ou aromatiques<sup>26</sup>.
- **Traitement de l'image et sonorisation** : les principes de l'apprentissage profond peuvent être appliqués à la reconnaissance des objets et de leur environnement en vue de la colorisation automatique d'images noir et blanc ou, plus étonnant encore, pour sonoriser un film muet en analysant le contenu de scènes cinématographiques<sup>27</sup>.

17. L'adoption à grande échelle des algorithmes par les entreprises non seulement modifie leurs modes de fonctionnement et d'interaction mutuelle, mais stimule fortement l'évolution des marchés dans le sens d'une numérisation globale, en provoquant des effets en cascade qui intensifient l'utilisation des algorithmes dans tous les secteurs d'activité. Comme l'indiquent Stucke et Ezrachi (2016), au fur et à mesure que des entreprises recourent à des algorithmes pour améliorer leur efficacité, d'autres entreprises éprouvent le besoin de numériser leurs activités et de développer leurs propres algorithmes pour un usage similaire. De même, avec l'augmentation du nombre d'entreprises reposant sur des systèmes automatisés, les informaticiens sont incités à développer de nouveaux principes

de programmation technologiquement avancés et les entreprises sont, à leur tour, fortement encouragées à imaginer de nouvelles applications commerciales pour les algorithmes.

### 2.3. 2.3 Utilisation des algorithmes par les gouvernements

18. Parallèlement à la diffusion rapide des algorithmes dans le monde des entreprises, on observe un intérêt croissant pour leur utilisation au sein des organes gouvernementaux, notamment aux fins de la détection des infractions pénales. Dans certains pays comme les États-Unis, une approche très fortement basée sur les données pour la détection de divers types de comportements criminels gagne du terrain<sup>28</sup>. Dans un projet récent, des étudiants en doctorat du MIT ont travaillé en collaboration avec des criminologues à l'élaboration d'un algorithme d'apprentissage automatique appelé « Series Finder », qui s'appuie sur les séries chronologiques de données criminelles pour identifier les caractéristiques des cambriolages et déterminer leur *modus operandi*<sup>29</sup>. Cet algorithme est considéré comme un puissant outil d'aide à la détection des infractions répétées et à l'identification de leurs auteurs par la police.

19. De même que dans la lutte contre la criminalité, des outils à base de données ont été proposés et parfois appliqués pour mettre à jour les ententes, notamment à l'aide de techniques de détection. Les autorités de la concurrence recourent généralement à des méthodes de détection après-coup – par exemple des programmes de clémence – pour identifier les ententes et enquêter sur elles mais l'association de mesures de détection proactives et réactives, y compris l'utilisation de filtres, est jugée plus efficace<sup>30</sup>. Plusieurs autorités de la concurrence ont déclaré avoir déjà utilisé des filtres pour détecter les soumissions concertées, ce qui a été rendu possible uniquement par l'accès à des données détaillées fiables sur les appels d'offre publics et par l'utilisation d'algorithmes capables de détecter les anomalies et les comportements suspects dans de grands ensembles de données sur les procédures d'appel d'offres<sup>31</sup>. C'est le cas, par exemple, de la Commission coréenne pour le commerce loyal (KFTC) qui, à plusieurs occasions, a réussi à détecter des ententes pour la manipulation des offres en filtrant les données sur des appels d'offres publics (encadré 3).

**Encadré 3. Le système coréen d'analyse des indices de soumissions concertées dans les appels d'offres publics (BRIAS)<sup>32</sup>**

Le BRIAS est un système automatisé d'analyse quantitative permettant de prédire les probabilités de manipulation des appels d'offres en analysant de grandes quantités de données provenant des organes publics coréens. Depuis 2013, le système a recueilli des données sur les soumissions aux appels d'offres auprès de 51 administrations publiques centrales, 246 gouvernements locaux et 26 entreprises publiques. Il permet de quantifier les risques de manipulation des appels d'offres en pondérant différents types d'informations comme le taux de soumissions acceptées, le nombre d'entreprises participant à la procédure d'adjudication et les prix soumissionnés. Le travail d'analyse du BRIAS s'effectue en trois étapes, depuis la collecte des données et des intrants jusqu'à la délivrance des résultats :

1. Dans une première étape, le BRIAS recueille l'ensemble des données relatives à un appel d'offres et des informations concernant les contrats importants qui ont été délivrés par adjudication par les administrations centrales et locales. Ces données et informations sont toutes recueillies dans les 30 jours qui précèdent l'adjudication du marché.
2. Dans une deuxième étape, le système analyse les données recueillies et produit automatiquement une évaluation des probabilités de manipulation de l'appel d'offres au regard de chacun des critères pertinents. Une valeur pondérée est attribuée à chacun de ces critères et les résultats de chaque évaluation sont ensuite additionnés.
3. Dans la dernière étape, le BRIAS procède au classement des soumissionnaires sur la base de la note finale d'évaluation. Les soumissionnaires dont la note d'évaluation dépasse un certain seuil sont signalés par le système en vue d'un examen approfondi par la Commission coréenne pour le commerce loyal (KFTC).

Pour mettre au point le système et sélectionner les critères à prendre en compte en vue de la détection des soumissions concertées, la KFTC s'est appuyée sur son expérience d'application de la réglementation, en retenant comme éléments comparatifs certains indices d'entente prédéterminés. Le système attribue une note d'évaluation plus haute, sur la base de ces marqueurs, lorsque : (1) le taux de soumissions acceptées d'une entreprise est élevé ; (2) le nombre de soumissionnaires participant à la procédure d'appel d'offres est faible ; (3) les offres de plusieurs soumissionnaires contiennent un prix supérieur au prix estimé ; (4) la procédure d'appel d'offres utilisée est de type non concurrentiel ; et (5) un écart important existe entre l'offre qui l'emporte et les autres. L'efficacité du système, cependant, dépend entièrement de la bonne pondération des valeurs prises en compte.

20. En dépit de certaines difficultés, il est probable qu'avec les progrès de l'accessibilité des données et des outils technologiques de filtrage, on observera d'importants développements en ce domaine dans un avenir proche. Akhgar *et al.* (2016) décrivent, par exemple, comment des algorithmes d'apprentissage automatique pourront être utilisés pour identifier des relations cachées, en tant qu'indice possible de soumissions concertées dans les appels d'offres publics. Ils soutiennent que l'ingénierie des caractéristiques permettra de disposer d'ensembles suffisamment riches d'attributs pour détecter, à l'aide de méthodes d'apprentissage automatique, les formes les plus sophistiquées d'entente entre soumissionnaires. Pour ce faire, on étiquètera certains

indices de soumissions concertées, en associant à chacun d'eux une série de caractéristiques propres (tableau 1) se prêtant à l'utilisation et au calcul par l'algorithme d'apprentissage automatique. L'emploi d'algorithmes pour détecter les soumissions concertées et, plus généralement, les comportements d'entente ouvrira des possibilités sans précédent d'utilisation des technologies dans l'application du droit de la concurrence.

**Tableau 1. Indices d'entente et éléments correspondants à prendre en compte dans l'ingénierie des caractéristiques**

Indice d'entente	Caractéristique numérique ou nominale
La même entreprise l'emporte souvent	Nombre et pourcentage de contrats obtenus par région, secteur, etc.
Rotation des offres	Descripteurs des soumissionnaires gagnants par séries chronologiques
Aucun ou peu de soumissionnaires nouveaux	Histogramme montrant la répartition des soumissionnaires
Les offres sont sans effet sur le prix cible	Statistiques sur les soumissions correspondant à la mise à prix
Retrait d'un soumissionnaire	Nombre de retraits par appel d'offres et par soumissionnaire

Source : Akhgar *et al.* (2016).

### 3.3. Les algorithmes peuvent-ils avoir des effets favorables sur la concurrence ?

21. Les marchés à base de données se caractérisent généralement par un fort degré d'efficacité, tant du côté de l'offre que du côté de la demande. Les algorithmes ne font pas exception à cet égard.

22. Sur le **versant de l'offre**, les algorithmes contribuent à accroître la transparence, à améliorer les produits existants ou à susciter le développement de produits nouveaux. Le travail de l'OCDE sur les innovations de rupture<sup>33</sup> a montré que la capacité des entreprises à développer de nouvelles offres reposant sur des algorithmes favorise leur entrée sur le marché. Il en résulte un cycle vertueux grâce auquel les entreprises sont constamment incitées à innover, ce qui entraîne des gains d'efficacité dynamique<sup>34</sup>. Le développement des algorithmes du côté de l'offre favorise aussi les gains d'efficacité statique en réduisant le coût de la production, en améliorant la qualité et l'utilisation des ressources, et en permettant de rationaliser les processus commerciaux.

23. Sur le **versant de la demande**, les algorithmes affectent fortement la dynamique du marché car ils facilitent les décisions des consommateurs : (1) en permettant de leur fournir une information mieux structurée et donc accessible plus rapidement et de façon plus efficace ; et (2) en rendant possible la diffusion d'informations nouvelles sur d'autres aspects de la concurrence que les prix, notamment la qualité, en tenant compte des préférences des consommateurs. Les algorithmes, par conséquent, pourraient avoir un impact positif sur les consommateurs et le bien-être social.

#### 3.1. 3.1 Gains d'efficacité du côté de l'offre

24. Les gains d'efficacité du côté de l'offre permettent aux entreprises de réduire leurs coûts de production en améliorant l'allocation des ressources. Il en résulte une baisse des prix pour le consommateur. En effet, identifier certaines régularités et créer des séries de données afin de pouvoir optimiser les décisions demandait auparavant beaucoup de temps. Aujourd'hui, les algorithmes peuvent effectuer ces tâches en quelques

secondes. Les techniques d'apprentissage profond permettent aux entreprises d'optimiser instantanément leurs stratégies commerciales après des essais et un retour d'information. Les algorithmes d'apprentissage automatique connaissent des progrès rapides et pourront être appliqués dans pratiquement tous les secteurs de l'activité des entreprises, en particulier la planification, le commerce et la logistique (encadré 4).

25. Certains algorithmes présentent de nombreux avantages du point de vue de la qualité. Ils facilitent de diverses façons le développement, l'amélioration et le perfectionnement des produits et des services. Les moteurs de recherche, par exemple, se servent des données pour fournir des résultats de recherche pertinents et de haute qualité. En apprenant à partir des questions de recherche et des sites visités par leurs utilisateurs, les moteurs de recherche sélectionnent les résultats les mieux ciblés en réponse à de nouvelles questions. Ils exploitent également les données pour proposer des services supplémentaires « à valeur ajoutée ». Certains sites cybercommerciaux se servent des données antérieures d'achat et de l'historique de navigation pour faire des recommandations d'achat personnalisées aux usagers. Les organes de média en ligne s'appuient aussi sur l'historique de navigation et l'information personnelle pour recommander d'autres articles susceptibles d'intéresser leurs lecteurs.

#### Encadré 4. L'utilisation de l'intelligence artificielle dans le secteur de l'assurance

Pendant de nombreuses années, le marché de l'assurance est resté à la traîne des développements technologiques<sup>35</sup>, en étant souvent perçu comme un secteur où d'anciennes pratiques commerciales continuaient à prévaloir. En effet, selon une enquête de Willis Towers Watson (2017), « près des trois quarts des assureurs mondiaux (74 %) pensent que leur secteur n'a pas réussi à faire preuve de l'initiative nécessaire en matière d'innovation numérique ». L'absence d'innovation, ainsi que les risques moraux traditionnellement associés aux modèles commerciaux de l'assurance, se traduisent parfois par des primes élevés et une certaine lenteur et lourdeur administrative des procédures de réclamation de dommages. Toutefois, il semble que, depuis peu, la numérisation commence à atteindre le secteur de l'assurance, notamment sous l'effet de la création de nouvelles start-ups, qui cherchent à secouer le marché et contraignent les entreprises en place à investir fortement dans la recherche et le développement<sup>36</sup>.

Lemonade, une de ces nouvelles start-ups en ligne, tente de transformer le secteur en fournissant des services d'assurance exclusivement via une application mobile et un site internet et elle a réussi à introduire avec succès l'IA à plusieurs niveaux de son modèle d'entreprise. Cela lui permet d'économiser des ressources et de gérer ses activités de manière plus efficace. Pour acquérir une police d'assurance, un nouveau client entre en contact avec un agent conversationnel et lui fournit ses informations personnelles, tandis qu'à l'arrière-plan, des algorithmes vérifient les informations recueillies en les confrontant à d'autres bases de données, évaluent le niveau de risque du client et produisent automatiquement une offre. En cas de réclamation de dommages, le dossier est traité rapidement par un autre interlocuteur IA ou, s'il s'agit d'un dossier complexe, par un être humain. Si les dossiers peuvent être traités si rapidement, c'est parce que Lemonade fait payer à ses clients une redevance forfaitaire et fait don des sommes non réclamées à des organisations philanthropiques, en supprimant ainsi toute incitation pour l'entreprise à retarder ou à refuser le versement d'indemnités<sup>37</sup>.

L'année dernière, un client nommé Brandon a déposé une demande de remboursement d'un manteau qui lui avait été volé. Après avoir répondu à quelques questions au moyen de l'application, il a enregistré une déclaration sur son iPhone. Trois secondes plus tard, sa demande était satisfaite – ce qui, d'après Lemonade, constitue un record mondial. Pendant ces trois secondes, « A.I. Jim », l'agent de traitement automatisé de l'entreprise, a examiné la demande en la confrontant à la police d'assurance du client, exécuté dix-huit algorithmes anti-fraude, approuvé la demande, transmis les données de virement à la banque et annoncé la nouvelle à Brandon. Le vrai Jim (Hageman), le Responsable sinistres de Lemonade, était alors au volant de sa voiture car il rentrait chez lui pour Noël (*The Economist*, 2017).

26. Les avantages que présentent les algorithmes sont aussi liés au développement rapide de méthodes de **fixation dynamique des prix**, qui permettent aux consommateurs et aux fournisseurs d'agir en fonction de prix qui évoluent très rapidement dans de nombreux secteurs commerciaux comme, par exemple, le transport taxi, les événements sportifs ou l'hôtellerie. Les algorithmes de calcul des prix rendent possible à tout moment l'ajustement et l'optimisation des prix individuels au regard de nombreux facteurs, notamment les stocks disponibles et la demande prévue (encadré 5). Les algorithmes de calcul des prix apprennent par essai et erreur et, en identifiant des tendances à partir d'une

grande quantité de données très diverses, parviennent à la fixation de prix optimaux. Au fur et à mesure que les entreprises recueillent des données plus nombreuses sur leurs clients, les algorithmes acquièrent de plus grandes possibilités d'expérimenter (par exemple en présentant des échantillons et en suggérant d'autres achats) et les prix deviennent à la fois plus dynamiques, plus différenciés et mieux personnalisés<sup>38</sup>.

#### **Encadré 5. Algorithmes de calcul des prix et fixation dynamique des prix**

Les algorithmes de calcul des prix désignent généralement les codes qu'utilisent des vendeurs pour fixer automatiquement leurs prix et maximiser leurs profits<sup>39</sup>. Ils sont particulièrement répandus dans le secteur aérien, les services de réservation hôtelière, le transport routier, le secteur de l'électricité et le commerce de détail. Comparés aux méthodes classiques de fixation des prix, les algorithmes de calcul des prix présentent l'avantage de pouvoir traiter de grandes quantités de données, qui sont ainsi prises en compte dans le processus d'optimisation des prix, et ils sont donc capables de réagir rapidement à tout changement des conditions du marché. Étant automatisés, ces algorithmes rendent possibles en particulier la modification continue des prix dans le temps (fixation dynamique des prix) ou l'imposition de prix différents aux consommateurs en fonction de leurs caractéristiques personnelles (discrimination par les prix).

On a pu établir que les algorithmes de calcul des prix améliorent l'efficacité du marché<sup>40</sup> en permettant aux entreprises de réagir instantanément à toute modification des conditions de l'offre – par exemple, les stocks disponibles, les contraintes de capacité ou les prix pratiqués par les concurrents –, ainsi qu'aux fluctuations de la demande sur le marché. En assurant ainsi l'équilibre constant du marché, la fixation dynamique des prix, non seulement empêche à la fois le maintien d'une demande non satisfaite et d'un excédent de l'offre mais, dans certaines situations de concurrence, garantit également l'exhaustion de toutes les transactions mutuellement avantageuses entre consommateurs et fournisseurs. Les algorithmes de fixation dynamique des prix sont d'ailleurs parfois si efficaces pour les vendeurs qui les utilisent qu'on leur reproche de bloquer la concurrence des vendeurs qui n'emploient pas cette technologie et de compliquer la prise de décision des consommateurs à cause de la fluctuation constante des prix – à moins que ceux-ci ne se servent, eux aussi, d'algorithmes pour faciliter leurs décisions<sup>41</sup>.

L'utilisation d'algorithmes dans les marchés numériques faciliterait également la discrimination du premier degré (ou discrimination « parfaite ») par les prix, en donnant la possibilité aux entreprises de fixer leurs prix en fonction de la localisation du consommateur, de son historique de navigation, de ses achats antérieurs et d'autres informations personnelles<sup>42</sup>. Il est établi que la discrimination du premier degré par les prix améliore l'efficacité en permettant aux entreprises d'offrir des services à des prix moins élevés aux consommateurs mal desservis dont le consentement à payer est faible. Cependant, des préoccupations se sont aussi exprimées sur le risque que l'introduction à grande échelle de la discrimination algorithmique par les prix ne conduise à une baisse globale de la rente du consommateur, ainsi qu'à des formes non souhaitables de discrimination sur la base du sexe ou de la race<sup>43</sup>.

### **3.2. 3.2 Gains d'efficacité du côté de la demande**

27. Les algorithmes aident non seulement les entreprises à améliorer leurs processus commerciaux mais aussi les consommateurs à prendre leurs décisions d'achat, entraînant ainsi d'importants gains d'efficacité du côté de la demande. Gal et Elkin-Koren (2017)

ont introduit la notion de « consommateur algorithmique » pour décrire l'évolution du processus décisionnel amenant les consommateurs vivant dans des écosystèmes numériques à confier leurs décisions d'achat à des algorithmes. Puisqu'ils peuvent être utilisés pour comparer les prix et la qualité, prédire l'évolution du marché et prendre rapidement des décisions, les algorithmes réduisent de manière significative les coûts de recherche et de transaction, aident les consommateurs à surmonter leurs préjugés et à faire des choix plus rationnels, en renforçant par conséquent leur puissance d'achat. Il existe une grande variété d'algorithmes d'aide à la décision d'achat mais une nouvelle génération d'algorithmes, appelés « compagnons numériques » ou « majordomes numériques », est aujourd'hui capable de prendre et d'exécuter des décisions pour le consommateur en communiquant directement avec d'autres systèmes via l'internet. Dans ce cas, l'algorithme identifie automatiquement un besoin, recherche une offre optimale et exécute la transaction.

28. La vitesse, le niveau d'information et le degré de sophistication analytique des majordomes numériques dépendent aussi d'autres paramètres que les prix ; leur aptitude à prendre en compte des variables concurrentielles supplémentaires peut jouer un rôle très important dans le processus de prise de décision des consommateurs. Ces algorithmes permettent aux consommateurs d'avoir accès non seulement à des données comparatives sur les prix (encadré 6) mais aussi à de nombreux autres critères de qualité sur les offres à comparer dans un but concurrentiel. Gal et Elkin-Koren (2017) notent également qu'en ignorant les préjugés des consommateurs, qui pourraient les amener à prendre des décisions non optimales, les algorithmes les protègent de l'impact de certaines techniques de marketing par trop manipulatrices. Grâce à leur fonctionnement autonome, les algorithmes renforcent aussi l'égalité entre les consommateurs : ceux d'entre eux qui ne savent pas se servir des outils d'achat en ligne peuvent en effet recourir très facilement à un majordome numérique qui se chargera d'optimiser leurs stratégies d'achat à leur place.

29. Outre ces purs gains d'efficacité du côté de la demande, la « consommation algorithmique » ne peut qu'inciter les fournisseurs à innover et à devenir plus compétitifs. En permettant aux consommateurs de comparer de très nombreuses offres, les algorithmes les amèneront à changer plus facilement de produit, en intensifiant ainsi la pression concurrentielle qui s'exerce sur les fournisseurs. En outre, les algorithmes étendront le champ des variables sur lesquelles porte la concurrence, puisqu'ils peuvent contrôler et comparer des variables beaucoup plus nombreuses. Ils sont capables, par exemple, de prendre en compte des facteurs comme l'impact sur l'organisation du marché ou certains domaines d'action collective ; ils peuvent aussi détecter certaines formes de coordination entre fournisseurs (y compris en identifiant potentiellement les cas d'entente sur les prix) et diversifier le volume des achats afin de favoriser l'entrée sur le marché de nouveaux acteurs (y compris en les parrainant directement). Ils pourront aussi faciliter l'agrégation de la demande via le regroupement des consommateurs et la création de plateformes d'achat, en augmentant ainsi la puissance d'achat de chaque consommateur et en créant certaines possibilités d'action collective du côté de la demande.

### Encadré 6. Les sites de comparaison des prix

Le développement des algorithmes permet de plus en plus d'offrir des services de comparaison des prix au moyen de moteurs de recherche ou de plateformes de comparaison. Les sites de comparaison des prix donnent la possibilité aux consommateurs de comparer facilement les offres existantes et de faire le meilleur choix. Ils contribuent également à égaliser le champ de la concurrence en intensifiant la pression concurrentielle. Pour que de tels avantages se réalisent, il est nécessaire que les consommateurs soient informés de l'existence d'autres options, comprennent leurs besoins, puissent changer de produit ou de fournisseur à peu de frais et soient incités à faire des recherches dans ce but. Lorsque ces conditions sont réunies, les sites de comparaison des prix favorisent la transparence de l'environnement de marché, en fournissant aux consommateurs des informations comparables sur les offres existantes. En recueillant et en regroupant les données relatives aux produits et aux services, ces sites réduisent l'asymétrie informationnelle et améliorent les flux d'information. Ils rendent aussi plus difficile pour les fournisseurs de tirer avantage du manque d'information des consommateurs. Les sites de comparaison réduisent également l'aptitude des vendeurs à segmenter le marché et à pratiquer la discrimination par les prix.

Les sites de comparaison des prix abaissent fortement les coûts de recherche d'un produit ou d'un service. En cas de changement de fournisseur, l'utilisation d'outils interactifs permettant de comparer les offres se traduit aussi par des économies appréciables. Une enquête réalisée par la Financial Conduct Authority au Royaume-Uni a montré que, depuis quelques années, l'utilisation de sites de comparaison des prix a fortement augmenté dans le secteur de l'immobilier, l'industrie touristique et le secteur de l'assurance automobile<sup>44</sup>. Outre la facilité et la rapidité de l'accès à l'information et les économies de coûts, les consommateurs signalent, parmi les avantages significatifs de l'utilisation de ces sites, la possibilité de prendre connaissance de nouvelles marques ou de nouveaux fournisseurs<sup>45</sup>.

En réduisant les coûts de recherche du meilleur produit ou service possible, les sites de comparaison des prix pourraient conduire à une augmentation non négligeable de la rente du consommateur. De plus, l'accès à l'information sur les produits ou services existants et leurs caractéristiques – notamment en termes de prix et de qualité – permet aux consommateurs de prendre des décisions d'achat informées, qui pourront entraîner une intensification de la concurrence entre fournisseurs<sup>46</sup>.

## 4. 4. Les algorithmes et le risque d'entente

30. Il est indubitable que les algorithmes informatiques automatisés constituent un puissant outil d'extraction de valeur à partir des données collectées dans l'économie numérique, dont le volume ne cesse de croître. Ils sont aussi potentiellement aptes à promouvoir l'efficacité, l'innovation et même la concurrence. Cependant, lorsque de nouveaux outils technologiques révolutionnent en profondeur le mode de fonctionnement et d'interaction des entreprises, le danger existe que certains acteurs du marché utilisent leur pouvoir accru au service d'intérêts privés qui ne sont pas en harmonie avec certains buts sociétaux. Les pages qui suivent examinent les risques que font naître les algorithmes pour la concurrence, sans pour autant ignorer les grands avantages qu'ils apportent à la société. La question n'est pas de savoir si les algorithmes devraient être

interdits mais plutôt de comprendre le risque qu'ils posent au regard du processus de la concurrence et d'identifier des solutions compatibles avec le maintien des incitations en faveur de l'innovation.

31. Bien que les algorithmes puissent être utilisés à l'appui de pratiquement tous les types de conduites anticoncurrentielles observés en général sur les marchés traditionnels, la littérature spécialisée insiste particulièrement sur le risque qu'ils facilitent les ententes, en rendant possibles de nouvelles formes de coordination non connues ou même non concevables auparavant. C'est ce que désigne l'expression « entente algorithmique ».

32. Ce chapitre commence par présenter les définitions classiques de l'entente, qui sont indispensables pour la discussion. Il s'efforce ensuite d'évaluer l'impact des algorithmes sur les conditions du marché décrites dans la littérature économique comme de nature à accroître la probabilité des ententes. Enfin, il examine plusieurs moyens grâce auxquels les algorithmes pourraient être utilisés pour faciliter l'application effective d'un accord anticoncurrentiel.

#### 4.1. 4.1 Entente : concepts et définitions

33. Le terme d'« entente » désigne couramment dans la littérature spécialisée toute forme de coordination ou d'accord établie entre des firmes concurrentes dans l'objectif de porter les profits à un niveau supérieur que celui permis par l'équilibre non coopératif<sup>47</sup> et se traduisant par un effet d'aubaine. Autrement dit, l'entente est une stratégie conjointe de maximisation des profits adoptée par des entreprises concurrentes et susceptible de nuire aux consommateurs. Pour parvenir à un équilibre collusoire et le maintenir dans le temps, les firmes concurrentes doivent mettre en place une structure chargée de régir leurs relations en leur permettant de : (1) se mettre d'accord sur une « politique commune » ; (2) contrôler son application ; et (3) la faire respecter en sanctionnant toute déviation<sup>48</sup>.

34. Les économistes distinguent généralement deux formes d'entente<sup>49</sup> :

- L'**entente explicite** désigne les conduites anticoncurrentielles établies et maintenues au moyen d'accords explicites, aussi bien écrits qu'oraux. L'interaction directe et la fixation conjointe d'un niveau optimal de prix ou de production sont le moyen le plus simple pour des entreprises de parvenir à un résultat collusoire explicite.
- L'**entente tacite** désigne, en revanche, les formes de coordination anticoncurrentielle qui peuvent être obtenues sans qu'un accord explicite soit nécessaire mais que des firmes concurrentes peuvent maintenir en reconnaissant leur interdépendance mutuelle. Dans un contexte d'entente tacite, la fixation par chaque entreprise de sa propre stratégie de maximisation des profits, indépendamment de ses concurrents, permet d'atteindre l'objectif non concurrentiel. Cette situation se produit généralement sur les marchés transparents où les acteurs sont peu nombreux, les entreprises réussissant à tirer parti de leur pouvoir de marché collectif sans entrer explicitement en communication<sup>50</sup>.

35. Contrairement à l'approche économique, qui envisage l'entente comme un **résultat** du marché, l'approche juridique s'intéresse avant tout aux **moyens** utilisés par des entreprises concurrentes pour parvenir à un résultat collusoire. C'est la raison pour laquelle, en général, le droit de la concurrence n'interdit pas l'entente en tant que telle mais interdit les accords anticoncurrentiels. Lorsque l'entente résulte d'un tel accord, il est possible d'établir avec succès l'infraction à la loi. L'interprétation de la notion d'accord anticoncurrentiel varie énormément d'un pays à l'autre mais la preuve d'un

contact direct ou indirect – à savoir l’existence d’un « esprit anticoncurrentiel » ou d’un « esprit de partage des marchés » – montrant que les entreprises n’ont pas agi indépendamment l’une de l’autre est généralement requise.

36. La distinction entre entente explicite et entente tacite met en évidence le fait que, sous certaines conditions de marché (par exemple, dans le cas de marchés transparents avec des vendeurs peu nombreux et des produits homogènes), des stratégies de prix supraconcurrentielles peuvent être le résultat normal du comportement économique rationnel de chacune des entreprises présentes sur le marché. C’est pourquoi l’entente tacite ou les comportements parallèles conscients ne sont pas pris en compte dans les dispositions du droit de la concurrence qui visent les accords entre concurrents. Néanmoins, du point de vue de la politique de la concurrence, un résultat tacitement collusoire n’est pas nécessairement souhaitable, car il confère aux entreprises une capacité significative de réduire leur production ou d’augmenter leurs prix au détriment des consommateurs, tout comme le ferait un accord explicite<sup>51</sup>.

37. La réglementation relative aux accords anticoncurrentiels n’est pas, en général, conçue pour s’appliquer aux stratégies rationnelles de marché d’une seule entreprise, même si le résultat global de stratégies individuelles similaires est équivalent à une entente. Néanmoins, entre l’entente explicite (qui est toujours considérée comme illicite dans le droit de la concurrence) et le simple parallélisme conscient (qui tombe hors du champ du droit de la concurrence puisqu’il n’implique aucune forme de coordination entre concurrents), il existe une zone grise où le comportement des entreprises excède le parallélisme conscient mais sans aller jusqu’à un accord explicite entre concurrents. Cette situation peut se produire en particulier dans les marchés oligopolistiques où les concurrents parviennent à coordonner leurs prix, les probabilités d’entente tacite augmentant dès lors qu’ils recourent à des moyens pratiques pour optimiser la coordination (par ex. en facilitant les communications) et la rendre plus efficace (par ex. en facilitant la détection des cas de tricherie et l’imposition de sanctions en cas d’écart des prix)<sup>52</sup>.

38. Pour couvrir ces formes intermédiaires de coordination, certains pays ont élargi la notion d’« accord » aux fins du droit de la concurrence, en exigeant que l’on détermine s’il est possible d’inférer un accord à partir d’éléments suggérant que les concurrents n’ont pas agi indépendamment l’un de l’autre. Même en l’absence d’un accord explicite, par exemple, des tribunaux ont conclu à une violation du droit de la concurrence lorsque les preuves de comportements parallèles s’accompagnaient d’autres éléments (dits « éléments incriminants ») indiquant que le parallélisme ne pouvait être attribué à des décisions unilatérales mais résultait d’une coordination entre les parties. Les communications révélant une volonté d’entente ou le recours à des moyens pratiques pour faciliter, entre autres, l’échange d’information constituent des exemples d’éléments incriminants. Certaines juridictions, en particulier celle de l’Union européenne, appliquent aussi la notion de « pratique concertée » qui leur permet de prendre en compte les pratiques qui, sans atteindre le niveau d’une entente, ont néanmoins pour effet de substituer à une concurrence efficace une coopération de fait entre concurrents.

#### 4.2. 4.2 Impact de l’utilisation des algorithmes sur les facteurs propices à l’entente

39. Quelles que soient la méthode employée par les entreprises, le point préoccupant est que les algorithmes pourraient faciliter l’obtention et le maintien de résultats assimilables à une entente et accroître la probabilité de tels résultats sur les marchés numériques. Dans les pages qui suivent, nous examinons la manière dont l’utilisation des

algorithmes et la disponibilité croissante des données commerciales en ligne modifient les conditions du marché et pourraient renforcer la probabilité de résultats collusoires. Dans le chapitre suivant, nous verrons ce que cela signifie pour les autorités de la concurrence et l'application du droit de la concurrence et le défi que représentent les algorithmes pour le cadre juridique servant dans la plupart des pays à évaluer la coopération entre concurrents.

40. Des économistes ont identifié les facteurs les plus à même d'accroître la probabilité d'une entente sur un marché donné<sup>53</sup>. Ces facteurs peuvent être regroupés sous trois rubriques : les caractéristiques structurelles, les caractéristiques de la demande et les caractéristiques de l'offre. Nous examinons ci-dessous comment les algorithmes informatiques modifient en particulier les caractéristiques structurelles et les caractéristiques de l'offre, en augmentant le risque d'entente sur les marchés numériques et certains marchés traditionnels.

#### *4.2.1. 4.2.1 Caractéristiques structurelles du secteur*

41. On admet généralement que le **nombre d'entreprises** et les **obstacles à l'entrée** sont les deux caractéristiques structurelles les plus importantes au regard du risque d'entente. Un nombre élevé d'entreprises non seulement rend plus difficile l'identification d'un « point focal » pour la coordination mais réduit aussi les incitations à l'entente, car chacun des acteurs recueillerait une part plus faible des gains supraconcurrentiels qu'une entente explicite ou tacite serait en mesure de recueillir. De même, en l'absence d'obstacles à l'entrée, une entente est difficile à maintenir dans le temps, car toute augmentation des profits aura pour effet d'accroître les incitations à rompre l'équilibre collusoire en attirant de nouveaux entrants. Il en résultera donc rapidement une érosion des profits supraconcurrentiels.

42. L'impact des algorithmes sur ces deux caractéristiques structurelles n'est pas tout à fait clair.

- Les secteurs typiques dans lesquels des algorithmes sont utilisés pour la fixation dynamique des prix, la segmentation des consommateurs ou l'amélioration de la qualité des produits ne comprennent qu'un petit nombre de grands acteurs. C'est le cas, par exemple, des moteurs de recherche, des marchés en ligne, des sites d'achat à prix réduits, des agences de réservation, du secteur aérien, du transport routier et des réseaux sociaux. Nombre de ces secteurs, cependant, se caractérisent aussi par des obstacles naturels à l'entrée comme les économies d'échelle, les économies de gamme et les effets de réseau, qui permettent aux entreprises de croître, de recueillir de grandes quantités de données et de développer des algorithmes plus précis. Il est donc difficile de déterminer si les algorithmes sont la cause ou l'effet des obstacles à l'entrée.
- L'impact des algorithmes sur les probabilités d'entrée n'est pas non plus univoque. D'un côté, comme on l'a vu dans un document antérieur (OCDE, 2016a), les algorithmes permettent d'identifier très rapidement les menaces apparaissant sur le marché, par exemple à l'aide de ce qu'on appelle la « prévision immédiate », donnant ainsi la possibilité aux acteurs en place d'acquiescer de façon préventive tout concurrent potentiel ou de réagir par des moyens agressifs à son entrée sur le marché. D'un autre côté, l'accessibilité croissante des données en ligne liée à l'utilisation des algorithmes permet aux entrants potentiels d'obtenir des informations utiles sur le marché, en leur fournissant davantage de certitude et en réduisant ainsi les coûts d'entrée.

- Enfin, les algorithmes ont l'effet singulier de réduire l'importance du nombre de concurrents sur le marché en tant que facteur déterminant la création d'ententes. Dans les marchés traditionnels, une entente est plus facile à maintenir lorsque les concurrents sont peu nombreux, car il est plus facile de définir les modalités de coordination, de contrôler les écarts et de mettre en œuvre des mécanismes de sanction efficaces entre un petit nombre de firmes. Les algorithmes rendent possibles la coordination, le contrôle et la mise en œuvre de sanctions à l'intérieur de marchés moins concentrés ; du fait de leur aptitude à recueillir et analyser rapidement les données, le nombre d'entreprises à surveiller et avec lesquelles s'accorder est moins décisif. Autrement dit, un petit nombre d'entreprises est une condition importante mais non nécessaire de l'entente algorithmique.

43. La **transparence du marché** et la **fréquence des interactions** sont deux autres caractéristiques structurelles importantes favorisant les ententes dans un secteur. Dans un marché transparent, les entreprises peuvent se surveiller mutuellement sans difficultés et détecter les écarts par rapport à ce qu'elles ont convenu, et des interactions fréquentes leur permettent de réagir rapidement et de punir agressivement les entreprises déviantes. Contrairement au nombre d'entreprises et aux obstacles à l'entrée, il est très probable que les algorithmes contribuent à accroître l'importance de ces deux facteurs au regard des ententes, en mettant par conséquent la concurrence en danger.

44. En ce qui concerne tout d'abord la transparence du marché, l'application effective d'un algorithme, en tant qu'élément essentiel d'un modèle commercial, exige la collecte en temps réel de données détaillées pouvant être analysées et traduites automatiquement en mesures concrètes. Par conséquent, pour pouvoir tirer profit des fortes capacités prévisionnelles et des critères de décision efficaces des algorithmes, les entreprises sont très fortement incitées, non seulement à recueillir des informations sur le marché, mais aussi à mettre au point effectivement des méthodes automatisées de collecte et de stockage de données prêtes à être traitées, sans intervention humaine, dans des systèmes informatiques. Elles peuvent utiliser pour ce faire des cookies en ligne, des cartes à puce, des codes-barres, des logiciels de reconnaissance vocale, ainsi que l'identification par radiofréquence et d'autres technologies.

45. Cependant, dès que quelques acteurs du marché investissent dans une technologie pour bénéficier d'un « avantage concurrentiel algorithmique », les autres entreprises du secteur sont fortement incitées à leur emprunter le pas, car elles risqueraient autrement d'être évincées du marché. Le secteur se transforme ainsi en un secteur où tous les acteurs du marché recueillent en permanence des données et surveillent en temps réel le comportement de leurs rivaux, les décisions des consommateurs et l'évolution des conditions du marché, ce qui crée un environnement transparent propice à l'entente. En outre, comme le suggèrent Ezrachi et Stucke (2016), les entreprises, prenant conscience de cette réalité, peuvent être encouragées à partager leurs flux de données en ligne, en permettant ainsi à tous les acteurs d'avoir accès au même ensemble d'informations.

46. La transparence accrue du marché résulte non seulement de l'augmentation des données disponibles mais aussi de la capacité des algorithmes à faire des prévisions, en réduisant l'incertitude stratégique. En effet, des algorithmes complexes dotés de puissantes capacités d'exploitation des données sont mieux à même de distinguer le non-respect délibéré d'un accord d'entente d'une réaction normale à l'évolution des conditions du marché ou même d'une erreur, en permettant ainsi d'éviter des représailles inutiles.

47. En ce qui concerne maintenant la fréquence des interactions, l'avènement de l'économie numérique a révolutionné la vitesse de décision des entreprises. Contrairement à l'environnement commercial traditionnel où les ajustements de prix sont coûteux et longs à mettre en œuvre, dans les marchés en ligne, les prix peuvent en principe être modifiés aussi fréquemment que le souhaite un dirigeant d'entreprise. Si l'on ajoute à la numérisation l'automatisation grâce aux algorithmes de calcul des prix, les prix peuvent être actualisés en temps réel, en réagissant immédiatement aux déviations par rapport à un accord d'entente. L'apprentissage automatique sur la base des données du marché permet en fait aux algorithmes de prévoir exactement les décisions des concurrents et d'anticiper les déviations avant même qu'elles se produisent

48. Le rapport conjoint des autorités de la concurrence française et allemande identifie clairement les risques qu'entraînent pour la concurrence le renforcement artificiel de la transparence du marché et de la fréquence des interactions rendu possible grâce aux algorithmes :

Même si la transparence du marché, en tant que facteur de facilitation de la collusion, est l'objet de débats depuis maintenant plusieurs décennies, les développements techniques en particulier dans le domaine des algorithmes informatiques rendent ces débats encore plus pertinents. C'est ainsi, par exemple, qu'en traitant toutes les informations disponibles et en contrôlant, analysant ou en anticipant les réponses de la concurrence aux prix actuels et futurs, des concurrents peuvent plus facilement mettre en œuvre un équilibre tarifaire supraconcurrentiel durable (Autorité de la concurrence et Bundeskartellamt, 2016).

#### 4.2.2. 4.2.2 *Caractéristiques de la demande et de l'offre*

49. Les caractéristiques de la demande peuvent aussi agir sur les probabilités d'entente dans un secteur donné. La stagnation du marché, marquée par une baisse de la demande et la consécution de cycles économiques, peut empêcher la formation d'une entente. Les entreprises, en effet, sont fortement incitées à diverger avec profit les unes des autres lorsque la demande est élevée, en réduisant les coûts de rétorsion dans les périodes ultérieures où la demande est faible.

50. En utilisant des algorithmes, les consommateurs peuvent améliorer leur prise de décision et acheter des produits dans les périodes de faible demande (où ils sont généralement moins chers). Toutefois, dans cette section, nous examinons spécifiquement les risques associés à l'utilisation d'algorithmes par les entreprises, qui ne devrait pas avoir d'effets directs sur la demande du marché. C'est pourquoi nous considérons ici que l'utilisation d'algorithmes dans les pratiques commerciales ne favorise pas de manière significative l'entente par le biais des caractéristiques de la demande.

51. En revanche, les caractéristiques de l'offre peuvent jouer un rôle majeur dans la durabilité des dispositifs d'entente. L'**innovation** est l'une des caractéristiques les plus pertinentes de l'offre à cet égard. Le caractère innovant du marché réduit l'intérêt actuel des accords d'entente, ainsi que la capacité des firmes moins innovantes à riposter. Les algorithmes constituent évidemment de ce point de vue une importante source d'innovation, en permettant aux entreprises de développer des modèles commerciaux non traditionnels et d'extraire plus d'information des données en vue d'améliorer la qualité et la personnalisation des produits. Dans les secteurs où l'algorithme est une source d'avantage concurrentiel, comme les moteurs de recherche, les applications de navigation

et les plateformes d'échange, les entreprises sont en fait soumises à une plus forte pression concurrentielle de développer l'algorithme le plus performant.

52. De même, si les algorithmes permettent aux entreprises de différencier leurs services ou le processus de production d'une manière conduisant à des **asymétries de coûts**, une entente sera, ici encore, plus difficile à maintenir à cause de la difficulté intrinsèque à trouver le point focal de la coordination et du fait des incitations moindres pour les entreprises à faibles coûts à y participer. Cela suggère que, dans les marchés numériques, certaines caractéristiques de l'offre contrecarrent quelque peu le risque accru d'entente résultant de la plus grande transparence de ces marchés où les entreprises peuvent réagir rapidement.

#### 4.2.3. 4.2.3 Impact des algorithmes sur la probabilité d'une entente

53. L'analyse qui précède laisse à penser qu'il est sans doute assez difficile de déterminer si les algorithmes augmentent ou réduisent les probabilités d'entente, car ils modifient les conditions structurelles du marché et certaines caractéristiques de l'offre qui, conjointement, pourraient avoir un impact positif, négatif ou ambigu sur le maintien durable d'une entente. Le tableau 2 présente sous une forme synthétique les facteurs les plus importants au regard des ententes, en indiquant pour chacun d'eux l'effet attendu des algorithmes.

**Tableau 2. Impact des algorithmes sur la probabilité d'une entente**

Facteurs pertinents		Impact des algorithmes sur la probabilité d'une entente
Caractéristiques structurelles	Nombre d'entreprises	±
	Obstacles à l'entrée	±
	Transparence du marché	+
	Fréquence des interactions	+
Variables de la demande	Croissance de la demande	0
	Fluctuations de la demande	0
Variables de l'offre	Innovation	-
	Asymétries de coûts	-

Note : + impact positif ; - impact négatif ; 0 impact neutre ; ± impact ambigu.

54. D'autres éléments contribuent à l'incertitude de l'impact des algorithmes sur la probabilité d'une entente. En particulier, sur les marchés extrêmement dynamiques où les entreprises sont de tailles différentes, vendent des produits différenciés et appliquent des stratégies commerciales hétérogènes, une entente tacite sera très difficile à établir à cause de l'absence d'un point focal évident. Les algorithmes n'ont aucun impact sur d'autres facteurs reconnus dans la littérature économique comme augmentant le risque d'entente sur un marché, à savoir la nature du produit, les caractéristiques des entreprises et l'existence d'autres pressions concurrentielles. Par exemple, l'entente a plus de chances de se produire non seulement sur les marchés concentrés mais aussi sur les marchés de produits homogènes. Lorsque les produits sont bien différenciés, la coordination des prix et d'autres conditions essentielles de vente est sans doute assez difficile à obtenir, même si les entreprises se servent d'algorithmes. De même, lorsque les entreprises concurrentes ont des parts de marché, des niveaux de coût, des taux d'utilisation des capacités et des degrés de fidélisation des clients différents, un accord d'entente est plus difficile à atteindre et à maintenir dans le temps, indépendamment du fait de savoir si les entreprises

utilisent des algorithmes. Enfin, l'existence de concurrents secondaires et d'acheteurs disposant d'un puissant pouvoir d'achat, qui tous utilisent peut-être leurs propres algorithmes de calcul des prix pour empêcher toute tentative de coordination, contribuent à réduire les probabilités d'entente algorithmique.

55. Malgré ces effets apparemment ambigus, les algorithmes semblent avoir modifié plus profondément les caractéristiques structurelles qui suscitent des préoccupations au regard de la concurrence – à savoir la transparence du marché et la fréquence des interactions – que d'autres caractéristiques structurelles, ou encore les caractéristiques de la demande et de l'offre. L'annexe 1 présente un raisonnement simple dans lequel, en partant de la modélisation standard de l'entente dans la littérature économique, nous démontrons mathématiquement que, dans un marché parfaitement transparent où les entreprises ont des interactions répétées, lorsque le délai de rétorsion se rapproche de zéro, l'entente peut toujours être maintenue comme stratégie d'équilibre.

56. La conséquence de cet exercice de modélisation est la suivante : lorsqu'un marché est suffisamment transparent et que les entreprises sont capables d'ajuster leurs décisions très rapidement, par exemple en modifiant les prix en temps réel, le maintien de l'entente est toujours possible, quel que soit l'effet potentiel inverse d'autres facteurs comme le nombre d'entreprises du secteur ou le risque que des innovations perturbent le marché à l'avenir. L'explication de ce résultat est simple : l'existence conjointe d'une transparence parfaite du marché et d'interactions fréquentes supprime entièrement la rentabilité des déviations car celles-ci sont facilement détectées et donnent lieu à des mesures de rétorsion immédiates.

57. Cette démonstration, bien entendu, repose sur des hypothèses fortes, qui ne se laissent pas nécessairement vérifier dans la réalité car il est sans doute difficile d'observer une situation de transparence parfaite du marché et de représailles instantanées. En outre, le fait que l'entente puisse être maintenue comme stratégie d'équilibre n'implique pas nécessairement qu'elle le soit. Comme l'a montré Selten (1973), dans les secteurs où existe un nombre élevé d'entreprises, chacun des acteurs a intérêt à rester en dehors de l'entente, en bénéficiant de ce qu'on appelle l'« effet parapluie ». Cela peut inciter certaines firmes à attendre que d'autres prennent l'initiative d'un accord d'entente qui, ultimement, se traduira par un échec de la coordination.

58. Il est clair néanmoins qu'un risque existe que les changements actuels des conditions de marché facilitent les stratégies anticoncurrentielles telles que l'entente et d'autres formes de manipulation des marchés. Le marché boursier est un bon exemple : les prix des valeurs sont transparents et les transactions effectuées à un rythme très rapide et l'on a pu observer de ce fait des manipulations, malgré l'existence de puissantes instances de régulation (encadré 7).

### Encadré 7. Le « Flash Crash »

Le 6 mai 2010, les marchés financiers ont subi l'une des secousses les plus fortes et les plus courtes de leur histoire, appelée ensuite « Flash Crash », au cours de laquelle plusieurs indices boursiers comme le S&P 500, le Nasdaq 100 et le Dow Jones se sont gravement effondrés avant de rebondir après un intervalle de 36 minutes<sup>54</sup>. Pendant cette demi-heure, plus de 8 000 valeurs ont chuté temporairement de 5 % à 15 %, et 300 autres valeurs ont été négociées à des prix s'écartant de plus de 60 % de leur prix original ; à la fermeture du marché, le niveau des pertes atteignait environ 3 % par rapport au jour précédent<sup>55</sup>. La cause exacte de cet événement boursier est encore vivement débattue mais la plupart des interprétations suggèrent que le trading algorithmique et les programmes d'exécution automatisés ont joué un rôle déterminant, en créant les conditions qui ont permis le crash.

Selon un rapport conjoint de la Commission fédérale de surveillance des marchés à terme (CFTC) et de la Commission fédérale de contrôle des opérations de Bourse (SEC) des États-Unis<sup>56</sup>, le Flash Crash a été déclenché par l'utilisation par une société de fonds communs de placement d'un algorithme d'exécution automatisé pour vendre 75 000 contrats E-Mini S&P 500 d'une valeur de près de 4.1 milliards USD, dans un contexte de forte volatilité des prix et de baisse des liquidités au cours de la crise de la dette européenne. L'algorithme d'exécution était programmé pour vendre les contrats E-Mini à un taux d'exécution proportionnel au volume des échanges sur le marché, indépendamment du prix ou de l'heure des transactions. La plupart des ordres de vente ont été absorbés par des traders haute fréquence qui, utilisant eux-mêmes des algorithmes automatisés, ont rapidement accumulé des contrats E-Mini qu'ils ont commencé à se revendre et à se racheter agressivement entre eux. Avec l'augmentation du volume des échanges sur le marché, le nombre d'ordres de vente introduits par l'algorithme du fonds de placement a lui aussi augmenté, provoquant une crise de liquidité jusqu'à ce qu'un dispositif automatique du marché boursier interrompe les transactions pendant cinq secondes, en permettant semble-t-il la réinitialisation des algorithmes et le rétablissement des prix.

Cinq ans plus tard, le ministère de la Justice des États-Unis a inculpé un trader britannique indépendant, Navinder Singh Sarao, qui avait sans doute contribué au déclenchement du Flash Crash en élaborant des algorithmes « mystificateurs » pour manipuler le marché<sup>57</sup>. Selon un communiqué de presse du ministère de la Justice<sup>58</sup>, Sarao s'est servi du programme automatisé d'échange pour introduire sur le marché des ordres de vente importants de contrats E-Mini et les annuler juste avant leur exécution, en envoyant ainsi un signal pessimiste au marché pour provoquer une baisse temporaire des prix. En achetant les contrats E-Mini à bas prix et en les revendant une fois leur prix rétabli, Sarao a empoché 900 000 USD pendant le Flash Crash et, en utilisant des méthodes illégales comparables, accumulé des profits d'environ 40 millions USD sur une période de quatre ans<sup>59</sup>.

Il n'existe toujours pas de consensus sur la cause effective du Flash Crash mais une étude empirique réalisée par Kirilenko *et al.* (2010) conclut que l'événement a été au minimum facilité par le trading à haute fréquence, qui « contribue au déclenchement d'événements comme le Flash Crash en exploitant les déséquilibres à court terme du marché » et constitue une cause fondamentale de la fragilité des marchés automatisés. L'exemple du Flash Crash montre clairement que, sous certaines conditions de marché comme le trading à haute fréquence, des algorithmes d'exécution automatisés peuvent entraîner une distorsion et une manipulation des marchés.

### 4.3. 4.3 Facilitation des ententes par les algorithmes

59. Compte tenu de l'évolution récente de l'économie numérique et de l'expérience passée de certains marchés, les autorités de la concurrence devraient au minimum être conscientes de l'augmentation du risque d'entente et du fait qu'une entente est plus facile à maintenir lorsque des algorithmes sont en jeu. Dès lors que l'on affirme qu'une entente est plus facile à maintenir dans un marché numérique se caractérisant par une forte transparence et des interactions fréquentes, la question qui se pose immédiatement est de savoir comment les entreprises s'y prennent effectivement pour établir une entente et mettre en place les structures nécessaires pour coordonner leurs stratégies, allouer les bénéfices et assurer le respect de l'accord.

60. L'un des risques principaux associés aux algorithmes est qu'ils contribuent à élargir la zone grise entre entente explicite illégale et entente tacite légale, en permettant aux entreprises de maintenir plus facilement leurs profits à un niveau supraconcurrentiel sans avoir nécessairement à établir un accord. Par exemple, dans les situations où une communication explicite serait requise pour parvenir à une entente, les algorithmes peuvent créer de nouveaux mécanismes automatisés facilitant l'application d'une politique commune et la surveillance du comportement des autres firmes, sans qu'il soit nécessaire de passer par une interaction humaine. Autrement dit, les algorithmes permettent aux entreprises de substituer à l'entente explicite une coordination tacite.

61. Dans les pages qui suivent, nous examinons plus en détail comment l'utilisation d'algorithmes accroît le risque d'entente tacite et nous présentons une liste non exhaustive des rôles que peuvent jouer les algorithmes dans la gestion de dispositifs d'entente tacite et le maintien d'un résultat collusoire<sup>60</sup>.

#### 4.3.1. 4.3.1 Algorithmes de surveillance

62. La manière la plus évidente et la plus simple dont les algorithmes facilitent les ententes est en surveillant le comportement des concurrents pour assurer le respect d'un accord. Cela peut inclure la collecte d'informations au sujet des décisions commerciales des concurrents, le filtrage de données afin de détecter les déviations possibles par rapport à la politique convenue et, éventuellement, la programmation de mesures de rétorsion immédiates.

63. La collecte de données constitue sans doute l'étape la plus difficile de ce processus. En effet, même lorsque les données de prix sont publiquement accessibles, cela ne signifie pas nécessairement qu'un marché est transparent. Les entreprises qui participent à une entente ont encore besoin d'agrégier les données de tous leurs concurrents sous une forme facile à manier et régulièrement mise à jour. C'est ce que font déjà certains sites de comparaison des prix, appelés aussi parfois « agrégateurs », qui reçoivent directement des données d'entreprises en ligne ou bien utilisent le « web scraping », une méthode automatique d'extraction de données de sites web s'appuyant sur des applications logicielles comme les bots internet. Au fur et à mesure qu'apparaîtront de nouvelles méthodes automatiques de collecte de données, l'utilisation de ces outils technologiques cessera d'être limitée au secteur du commerce électronique et se répandra dans les marchés classiques (encadré 8). En conséquence, les entreprises participant à une entente auront de plus en plus la possibilité de surveiller leur comportement réciproque en se servant d'algorithmes sophistiqués.

### Encadré 8. Surveillance des prix du carburant à l'aide d'algorithmes de vision artificielle

Le secteur pétrolier est un exemple typique de marché très étudié où, bien que les transactions des entreprises portent sur un produit relativement homogène, on observe généralement une dispersion des prix entre stations d'essence concurrentes<sup>61</sup>. Des sites de comparaison des prix du carburant existent déjà dans de nombreux pays mais ces agrégateurs encourent fréquemment de fortes dépenses pour recueillir manuellement les données de prix des stations d'essence. C'est pourquoi Dong *et al.* (2008) ont proposé et testé une nouvelle application des technologies de réseaux de capteurs sans fil (WSN) pouvant être utilisée pour créer un système automatique de collecte des données, qui permettra aux consommateurs et aux entreprises de suivre quasiment en temps réel l'évolution des prix du carburant.

Les réseaux de capteurs sans fil se composent d'un grand nombre de nœuds ou d'appareils distribués équipés de capteurs pouvant percevoir des phénomènes physiques tels que la lumière ou la chaleur<sup>62</sup>. Le système envisagé par Dong *et al.* (2008) repose sur l'utilisation d'un réseau de téléphones mobiles équipés de puces GPS et de caméras vidéo appartenant à des individus qui partageraient volontairement des informations via une application mobile. Dans ce but, Dong *et al.* (2008) ont développé un prototype d'algorithme de vision artificielle qui est automatiquement activé lorsqu'un téléphone mobile se trouve à proximité d'une station d'essence et qui est capable de reconnaître et de lire les prix du carburant à partir des images des panneaux d'affichage enregistrées par la caméra du téléphone mobile. Les tests de l'algorithme de vision artificielle avec 52 images ont montré que le système parvenait à isoler les prix affichés de l'arrière-plan dans 92.3 % des cas et à lire correctement les prix dans 87.7 % des cas.

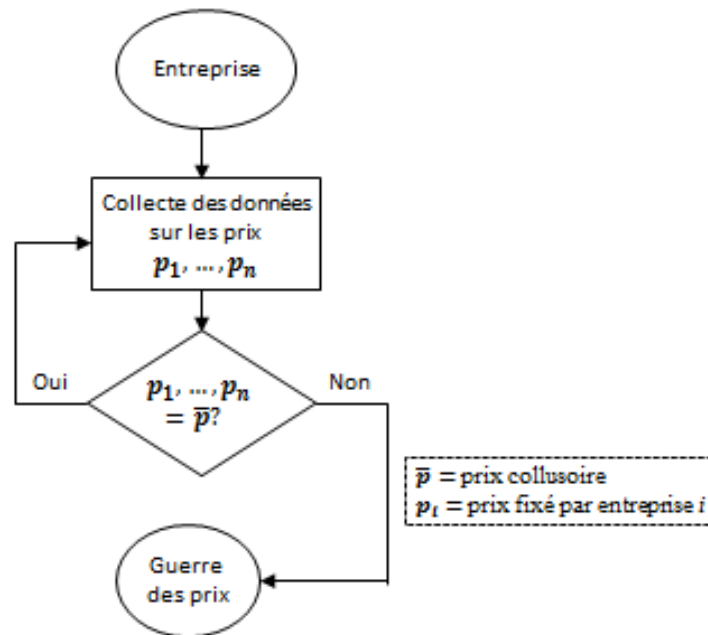
Bien que le système conçu par Dong *et al.* (2008) exige en définitive qu'un nombre suffisant d'utilisateurs accepte de donner accès à leur caméra mobile et à leurs signaux GPS, des algorithmes similaires pourront être développés à l'avenir pour mettre à profit les réseaux d'appareils existants, par exemple les réseaux de caméras dans les lieux publics. Avec le développement des réseaux de capteurs sans fil, il deviendra possible – comme jamais auparavant – d'utiliser des algorithmes pour surveiller l'évolution des prix, y compris dans les secteurs les plus traditionnels.

64. Les données recueillies à l'aide de méthodes de collecte automatiques peuvent ensuite être analysées et associées à un algorithme de calcul des prix qui déclenche une réponse automatique en cas d'écarts par rapport au prix convenu. Les entreprises ont la possibilité, par exemple, de programmer leurs algorithmes de calcul des prix de façon à maintenir effectivement les prix au niveau convenu tant que leurs concurrents font de même mais à déclencher de nouveau la guerre des prix dès que les prix pratiqués par une firme s'éloignent du niveau convenu (voir graphique 3). Étant donné la rapidité avec laquelle les algorithmes peuvent détecter et sanctionner tout écart, les entreprises n'ont bien entendu aucun intérêt à dévier de l'accord d'entente. C'est pourquoi, contrairement à ce que l'on observe dans les ententes classiques, il est fort peu probable que se produisent des guerres des prix entre algorithmes, sauf en cas d'erreur algorithmique :

Récemment, l'un des algorithmes a mal fonctionné. Le processus d'appariement des données a déclenché une guerre des prix, alimentée par les algorithmes et évoluant à une vitesse folle. Avant que l'erreur soit détectée, certains vendeurs avaient perdu plusieurs milliers de dollars.

Heureusement, certains d'entre eux ont fini par réaliser l'énorme augmentation du trafic, de nombreux consommateurs cherchant à acheter des téléviseurs à grand écran valant des milliers de dollars à un prix ridiculement bas (Love, 2015).

**Graphique 3. Exemple d'algorithme de surveillance**



65. En conclusion, les algorithmes de surveillance peuvent faciliter les ententes illicites et en accroître l'efficacité en empêchant le déclenchement de guerres des prix inutiles. Toutefois, ils ne suppriment pas le besoin de communication explicite au cours de l'établissement et de la mise en œuvre de l'entente. Par conséquent, même s'il est bien entendu nécessaire que les autorités de la concurrence soient conscientes du rôle des algorithmes de surveillance et fassent preuve de vigilance à cet égard, tant que les prix et d'autres critères commerciaux devront faire l'objet de décisions concertées entre des êtres humains, les outils classiques du droit de la concurrence resteront pertinents pour empêcher ce type de comportement anticoncurrentiel.

#### 4.3.2. 4.3.2 Algorithmes parallèles

66. L'une des difficultés que pose le maintien d'une entente dans un marché hautement dynamique tient au fait que l'évolution constante de l'offre et de la demande exige de fréquents ajustements des prix, de la production et d'autres conditions commerciales. En conséquence, les entreprises sont obligées de renégocier fréquemment l'accord d'entente au moyen de réunions, d'appels téléphoniques et de courriers électroniques ou en recourant à des tiers, ce qui entraîne dans tous les cas un risque de détection. Une autre possibilité pour les entreprises de connivence consiste à automatiser leurs processus de décision afin que leurs prix réagissent simultanément à toute modification des conditions de marché, en appliquant ainsi une forme de parallélisme conscient.

67. Comme indiqué précédemment, des algorithmes de fixation dynamique des prix sont aujourd'hui utilisés, en particulier par des compagnies aériennes, des services de

réservation hôtelière et des entreprises de réseaux de transport, pour ajuster de manière efficiente l'offre aux fluctuations de la demande, et il en résulte des effets favorables à la concurrence. Néanmoins, un problème pourrait apparaître si plusieurs entreprises se mettaient à utiliser un même algorithme de fixation dynamique des prix, en le programmant de manière à éviter la concurrence entre elles et à établir les prix à un niveau anticoncurrentiel (encadré 9). Un tel algorithme permettrait aux entreprises concernées non seulement d'agir de connivence mais aussi d'assurer que leurs prix réagissent automatiquement à l'évolution du marché, sans aucun besoin de communication nouvelle.

#### **Encadré 9. Entente algorithmique sur le marché d'Amazon**

En 2015, le ministère de la Justice des États-Unis a inculpé David Topkins, un vendeur sur le marché d'Amazon, pour coordination des prix de posters vendus en ligne avec d'autres vendeurs entre septembre 2013 et janvier 2014. D'après les informations publiées sur l'enquête par le ministère de la Justice, David Topkins et les autres accusés avaient conçu et échangé entre eux des algorithmes de fixation dynamique des prix programmés pour agir conformément à un accord d'entente. Bill Baer, adjoint au ministre de la Justice a déclaré à cette occasion :

Les poursuites annoncées aujourd'hui constituent la première procédure pénale initiée par la Division antitrust contre une entente, spécifiquement dans le domaine du cybercommerce (...) Nous ne tolérerons aucune conduite anticoncurrentielle, qu'elle soit décidée par des personnes en chair et en os dans une pièce enfumée ou mise en œuvre sur l'internet à l'aide d'algorithmes complexes de calcul des prix. Les consommateurs américains doivent avoir accès en ligne à un marché aussi libre et équitable qu'entre les entreprises traditionnelles en dur (DOJ, 2015a).

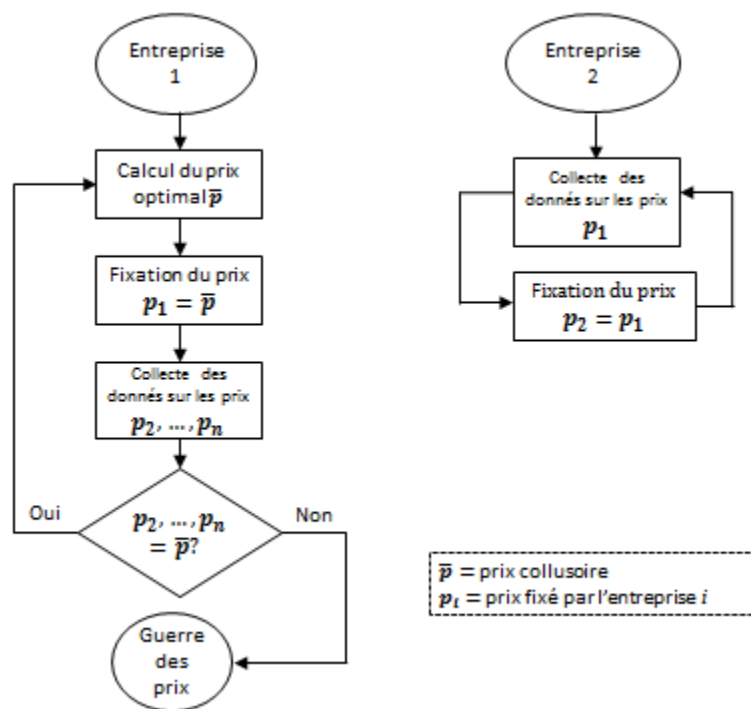
Le calcul algorithmique des prix n'est pas illégal et il s'agit même d'une pratique courante dans certains secteurs ; le noyau de l'affaire pour le ministère de la Justice était l'existence d'un accord d'utilisation conjointe de l'algorithme. Depuis, des chercheurs ont identifié de nombreux autres vendeurs algorithmiques sur le marché d'Amazon en analysant des séries chronologiques de prix cibles<sup>63</sup>, mais aucun autre cas d'entente n'a été détecté. L'affaire Topkins reste en effet, à notre connaissance, le seul cas d'entente algorithmique détecté par une autorité de la concurrence et ayant donné lieu à des poursuites pénales ; c'est pourquoi elle joue un rôle clé dans l'intérêt croissant des universitaires et des praticiens pour les risques qu'entraîne l'utilisation d'algorithmes pour la concurrence.

68. Le partage d'algorithmes de calcul des prix avec des concurrents constitue une violation manifeste des règles de la concurrence mais il existe sans doute des moyens plus sophistiqués de coordonner des comportements parallèles sans avoir à entrer dans une communication explicite. Par exemple, la sous-traitance par des entreprises de la création d'algorithmes, en la confiant à des sociétés et programmeurs informatiques identiques, pourrait susciter des soupçons de coordination. Une telle situation pourrait conduire au développement d'un réseau en étoile où la coordination résulterait, volontairement ou non, de l'utilisation par des firmes concurrentes d'une même plateforme pour développer leurs algorithmes de calcul des prix, ces firmes finissant par employer les mêmes algorithmes, ou des versions très proches des mêmes algorithmes, dans leurs stratégies de

fixation des prix<sup>64</sup>. Une autre situation, dans laquelle la plupart des entreprises utiliseraient des algorithmes de calcul des prix pour suivre en temps réel le comportement d'une entreprise en position de leader sur le marché (stratégie « donnant-donnant »), tandis que cette dernière programmerait son algorithme de fixation dynamique des prix à un niveau supraconcurrentiel, pourrait également aboutir à un résultat collusoire (voir graphique 4 où l'entreprise 1 est le leader et l'entreprise 2 le suiveur).

69. En dépit de leur simplicité, les stratégies du type donnant-donnant sont très efficaces pour résoudre la version itérée du dilemme du prisonnier dans laquelle les détenus doivent choisir de manière répétée, à chacune de leurs décisions, entre un comportement coopératif ou non coopératif. Dans un tournoi informatique organisé par Axelrod (1984), des spécialistes de la théorie des jeux ont été invités à écrire un algorithme capable de l'emporter, dans le jeu du prisonnier itéré, contre tous les autres algorithmes présentés et contre son propre jumeau. Le gagnant de ce tournoi, qui a réussi à obtenir le plus fréquemment la coopération, appliquait précisément une version simple de la stratégie donnant-donnant. Et, ce qui est plus important, cet algorithme l'a emporté en dépit du fait que les participants au tournoi n'ont ni communiqué entre eux, ni établi entre eux une forme quelconque de coordination au regard des règles de décision programmées.

Graphique 4. Exemple d'algorithmes parallèles



#### 4.3.3. 4.3.3 Algorithmes de signalisation

70. Sur les marchés fortement dynamiques où les entreprises sont de taille distincte, vendent des produits différenciés et poursuivent des stratégies commerciales hétérogènes, l'entente tacite est très difficile à atteindre à cause de l'absence de point focal évident. Pour éviter toute communication explicite, les entreprises peuvent faire connaître leur désir de parvenir à une entente ou de mettre en place une méthode de coordination plus

complexe par des envois de signaux ou des annonces unilatérales de prix<sup>65</sup>. Comme indiqué par le juge Posner dans une affaire d'entente anticoncurrentielle :

Lorsqu'une entreprise augmente ses prix en prévoyant que ses concurrents feront de même, et que cette prévision se réalise, le comportement de l'entreprise peut être considéré comme une offre de contrat unilatéral que les entreprises à qui cette offre s'adresse acceptent en augmentant leurs prix<sup>66</sup>.

71. Il est difficile de définir clairement l'attitude à adopter, du point de vue du droit de la concurrence, à l'égard des pratiques de signalisation, dont les effets potentiels peuvent être favorables ou défavorables à la concurrence, ce qui oblige les autorités de la concurrence à déterminer si, tout compte fait, les effets anticoncurrentiels de la divulgation unilatérale d'information l'emportent sur d'éventuels gains d'efficacité<sup>67</sup>. Une transparence plus grande du marché conduit généralement à une meilleure efficacité et c'est pourquoi les autorités de la concurrence l'accueillent d'un œil positif. Cependant, elle peut aussi avoir des effets anticoncurrentiels, en facilitant les ententes ou en donnant aux entreprises un point focal autour duquel harmoniser leur comportement, notamment lorsque la transparence bénéficie uniquement aux fournisseurs.

72. La signalisation est une pratique que l'on peut observer dans pratiquement tous les marchés mais qui, souvent, entraîne certains coûts. Lorsqu'une entreprise augmente ses prix pour signaler son intention de parvenir à une entente, si la plupart de ses concurrents ne reçoivent pas ce signal ou bien décident délibérément de l'ignorer, il en résulte pour cette entreprise une baisse de ses ventes et de ses profits. Ce risque peut inciter les entreprises à attendre que leurs concurrents émettent un signal les premiers, en retardant ou même en rendant impossible la coordination<sup>68</sup>. Des algorithmes peuvent réduire ou même supprimer entièrement le coût de la signalisation, en permettant aux entreprises de déclencher automatiquement et très vite des mesures itératives qui ne pourront être mises à profit par les consommateurs mais qui pourront néanmoins être perçues par leurs concurrents dotés d'algorithmes d'analyse performants. Plusieurs méthodes peuvent être employées à cette fin. Une entreprise peut, par exemple, programmer pendant la nuit des modifications instantanées de prix qui n'auront aucun impact sur les ventes mais pourront être identifiées comme un signal par les algorithmes de ses concurrents. Alternativement, une entreprise peut se servir d'algorithmes pour divulguer un grand nombre de données détaillées, qui constituent en fait une manière codée de proposer et de négocier des augmentations de prix, comme on l'a vu dans l'affaire des compagnies aériennes américaines (encadré 10).

### Encadré 10. L'affaire des compagnies aériennes américaines<sup>69</sup>

Au début des années 1990, le ministère de la Justice des États-Unis a enquêté sur des pratiques de fixation des tarifs dans le secteur des compagnies aériennes, grâce auxquelles les parties à une entente étaient en mesure de coordonner implicitement les tarifs de leurs billets d'avion par l'intermédiaire d'un centre tiers et de mécanismes de signalement élaborés. Cette affaire est décrite en détail par Borenstein (1999).

Aux États-Unis, les compagnies aériennes transmettent quotidiennement leurs données tarifaires à la Société américaine de diffusion des tarifs aériens (Airline Tariff Publishing Company, ou ATPCO), centre d'échange qui compile l'ensemble des données reçues et les communique en temps réel aux agents de voyages, aux systèmes de réservation informatiques, aux consommateurs et aux compagnies aériennes elles-mêmes. La base de données tenue par ATPCO comprend, entre autres, des informations sur les prix, les dates des vols, les aéroports de départ et d'arrivée, les restrictions applicables aux billets, ainsi que les dates de début et de fin de la période de validité de chaque tarif.

Selon le dossier présenté par le ministère de la Justice des États-Unis, des compagnies aériennes annonçaient une hausse du tarif de certains de leurs billets d'avion de nombreuses semaines avant la date de début de validité de ce tarif. Si la concurrence s'alignait sur cette annonce, lorsque la date de début de validité du tarif arrivait, toutes les compagnies augmentaient simultanément leurs tarifs. Certaines des stratégies de coordination étaient plus complexes, consistant notamment à utiliser des codes de tarification et des notes relatives à la date des billets pour l'envoi de signaux ou la négociation d'une coordination sur plusieurs marchés.

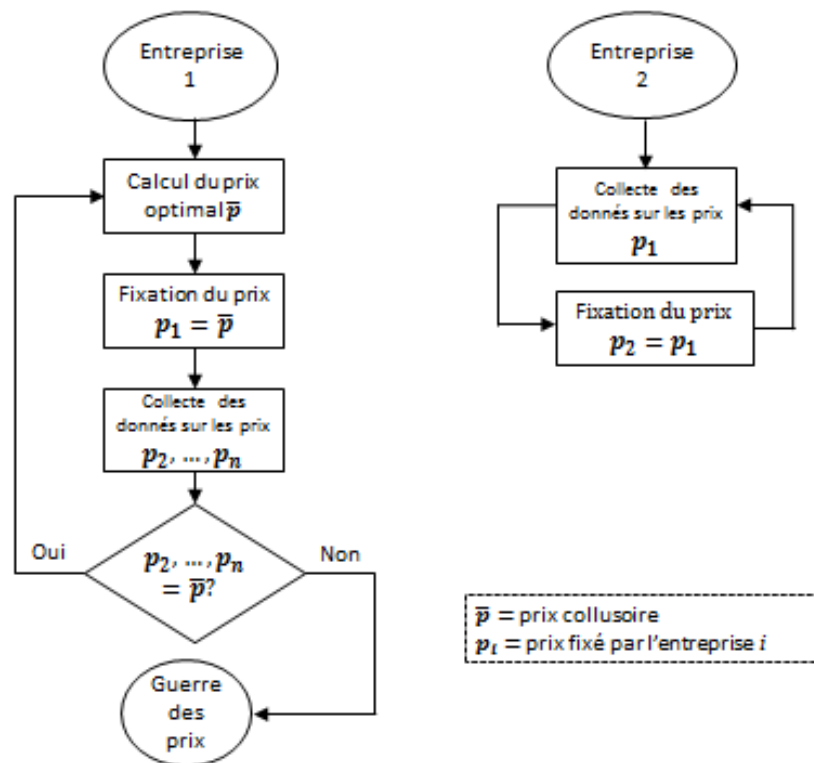
Le ministère de la Justice a estimé que c'était grâce à l'existence d'un mécanisme d'échange rapide de données permettant de suivre les tarifs et de réagir rapidement aux évolutions de prix que des entreprises avaient pu s'entendre sans communiquer de manière explicite. Étant donné que la collusion tacite n'est pas interdite par le droit de la concurrence et que toute coordination formelle est très difficile à prouver dans une affaire pénale, le ministère de la Justice est finalement parvenu à un accord de règlement avec les compagnies aériennes, aux termes duquel ces dernières ont accepté de ne plus annoncer à l'avance leurs hausses de tarifs, sauf dans quelques cas où une annonce anticipée pourrait servir les intérêts des consommateurs<sup>70</sup>. L'ensemble des tarifs appliqués aux billets d'avion des compagnies aériennes accusées devaient être proposés en même temps aux consommateurs.

73. Les détails de cette affaire montrent que la signalisation peut être très efficace, non seulement pour établir une entente informelle, mais surtout pour soutenir le processus de négociation entre des entreprises dont les intérêts ne coïncident pas nécessairement. En s'appuyant sur des algorithmes technologiquement très avancés, le processus informel de négociation peut être accéléré et rendu plus efficace. Comme dans l'étude réalisée par Axelrod (1984), Henderson *et al.* (2003) ont utilisé la méthode des tournois pour évaluer les performances de plusieurs algorithmes de négociation, dont certains fonctionnaient de manière autonome pour obtenir le meilleur résultat tout en prenant en compte les intérêts de l'autre partie.

74. Le graphique 5 montre comment un algorithme général de signalisation peut être utilisé pour définir et négocier les termes d'une entente avant de commencer la coordination effective des prix. Comme on le voit, chaque firme envoie constamment de

nouveaux signaux (par exemple, des propositions d'augmentation des prix) et surveille les signaux envoyés par ses concurrents. Une fois que tous les participants parviennent à un accord et envoient le même signal, le prix convenu est maintenu jusqu'à ce qu'une prochaine négociation ait lieu et aboutisse à un nouveau résultat.

Graphique 5. Exemple d'algorithme de signalisation



#### 4.3.4. 4.3.4 Algorithmes d'apprentissage automatique

75. Enfin, le moyen le plus complexe et le plus sophistiqué de parvenir à des résultats collusoires en se servant d'algorithmes est de recourir aux technologies d'apprentissage automatique et d'apprentissage profond, qui permettent potentiellement d'atteindre un résultat monopolistique, sans même que les concurrents aient à programmer explicitement des algorithmes pour ce faire. Autrement dit, le risque existe que certains algorithmes dotés de puissantes capacités prédictives, en apprenant et en se réadaptant constamment aux décisions prises par les autres acteurs du marché (qui peuvent être aussi bien des êtres humains que des agents artificiels), parviennent à établir des ententes sans qu'aucune intervention humaine soit nécessaire.

76. La manière dont des algorithmes d'apprentissage automatique réussiront effectivement à atteindre un résultat collusoire n'est pas encore tout à fait claire. Cependant, dès lors que des conditions de marché sont propices à l'entente, il est probable que des algorithmes apprenant plus rapidement que les êtres humains parviendront, par essais et erreurs répétés à un rythme accéléré, à atteindre un équilibre collusoire. Il est probable aussi que, même dans les situations où un nombre infini de prix anticoncurrentiels est possible, les algorithmes d'apprentissage automatique

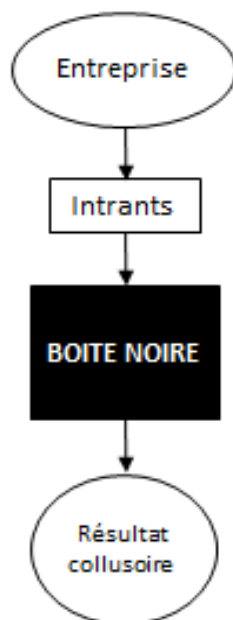
détermineront facilement le prix le mieux apte à maximiser conjointement les profits des entreprises et à léser le plus les consommateurs.

77. La théorie des jeux a été appliquée pour analyser l'aptitude de l'apprentissage automatique à obtenir des résultats coopératifs. Hingston et Kendall (2004), en particulier, ont conçu un scénario de jeu évolutif dans lequel un groupe d'agents adaptatifs et non adaptatifs modélisés joue au jeu du prisonnier itéré. Dans cet exercice de simulation, les agents adaptatifs qui apprennent vite obtiennent un score meilleur que les agents non adaptatifs. Plus récemment, Agrawal et Jaiswal (2012) ont également proposé d'utiliser un algorithme d'apprentissage automatique dans la version itérée du dilemme du prisonnier et ils montrent qu'avec cet algorithme, on obtient des résultats nettement supérieurs à ceux obtenus avec la stratégie donnant-donnant évoquée plus haut.

78. Il est difficile de déterminer si les algorithmes d'apprentissage automatique conduisent déjà à des résultats collusoires dans les marchés numériques ou de détecter lorsque cela se produit, car l'apprentissage automatique peut aboutir à un résultat assimilable en substance à une entente par les effets mais non par la forme – c'est-à-dire à une « entente virtuelle ». Car, en s'appuyant sur l'apprentissage automatique pour transférer certaines décisions commerciales des êtres humains aux ordinateurs, les gestionnaires des entreprises non seulement évitent toute communication explicite pendant les étapes d'initiation et de mise en œuvre d'une entente, mais ils se libèrent aussi de l'obligation de mettre en place une structure quelconque – par exemple un dispositif de signalisation – susceptible d'être perçue par les autorités de la concurrence comme facilitant les pratiques d'entente<sup>71</sup>.

79. Si, faisant un pas de plus, les entreprises recourent à des algorithmes d'apprentissage profond pour fixer automatiquement les prix et d'autres variables décisionnelles, l'entente devient encore plus difficile à prévenir à l'aide des outils traditionnels du droit de la concurrence. Le mode de fonctionnement d'un algorithme d'apprentissage profond peut être décrit de façon simpliste à l'aide du concept de « boîte noire » (voir graphique 6), car il traite des données brutes d'une manière à la fois complexe, exacte et rapide, qui n'est pas sans ressemblances avec le cerveau humain, et parvient à un résultat optimal sans révéler les critères pertinents qui sous-tendent le processus de décision. C'est pourquoi en recourant à l'apprentissage profond, les entreprises pourront effectivement aboutir à des résultats collusoires sans en être conscientes, ce qui soulève de difficiles problèmes d'imputation de la responsabilité en cas d'infractions à la loi qui résulteraient du fonctionnement d'un algorithme d'apprentissage profond.

**Graphique 6. Schéma d'une entente résultant du fonctionnement d'un algorithme d'apprentissage profond**



80. En conclusion, nous avons présenté dans cette section une liste non exhaustive d'algorithmes posant de nombreux risques différents au regard de la concurrence de marché. Le tableau 3 rappelle succinctement les principales caractéristiques de chaque type d'algorithme et leur rôle éventuel dans la mise en place d'un dispositif d'entente. Dans le chapitre suivant, nous abordons plus en détail les défis associés à ces algorithmes et leurs conséquences possibles pour les politiques de la concurrence à l'avenir.

**Tableau 3. Rôle des algorithmes dans la mise en place d'une entente**

Rôle de chaque type d'algorithme dans la mise en place d'une entente	
<b>Algorithmes de surveillance</b>	Collecte et traitement d'informations sur les concurrents et punition éventuelle des écarts par rapport à ce qui a été convenu.
<b>Algorithmes parallèles</b>	Coordination des comportements parallèles, par exemple en programmant les prix de manière à suivre le leader de marché ; partage d'algorithmes de calcul des prix ; ou utilisation commune de l'algorithme d'une tierce partie.
<b>Algorithmes de signalisation</b>	Divulgation et diffusion d'informations afin de signaler le désir de parvenir à une entente en négociant une politique commune.
<b>Algorithmes d'apprentissage automatique</b>	Maximisation des profits, en reconnaissant l'interdépendance mutuelle et en adaptant les comportements en fonction des décisions des autres acteurs du marché.

## 5. 5. Problèmes nouveaux soulevés par les algorithmes pour l'application du droit de la concurrence

81. Le développement actuel de l'utilisation des algorithmes, associé aux progrès de l'apprentissage automatique, est à l'origine de nombreux changements sur les marchés numériques et alimente un large débat sur les conséquences qui en résultent pour les autorités de la concurrence et leurs activités de contrôle de l'application du droit de la concurrence<sup>72</sup>. Sans ignorer les nombreux gains d'efficacité pro concurrentiels qui sont

généralement liés à l'automatisation, comme la baisse des coûts, l'amélioration de la qualité et une meilleure allocation des ressources, l'analyse présentée dans le chapitre précédent montre le risque de distorsion des marchés numériques qui peut résulter de l'utilisation des algorithmes, ces outils pouvant créer de nouvelles incitations à l'entente et donner naissance à des dispositifs d'entente qui n'existaient pas auparavant. Ce risque concerne non seulement les marchés oligopolistiques où les algorithmes peuvent accroître la probabilité de résultats collusoires et leur stabilité dans le temps, mais aussi les marchés non oligopolistiques où l'entente n'était pas jusqu'alors considérée comme une forte probabilité dont devrait se soucier le droit de la concurrence.

82. Bien que l'utilisation d'algorithmes soit répandue dans certaines industries, le recours à des algorithmes complexes basés sur les principes de l'apprentissage profond est sans doute encore assez peu fréquent dans les secteurs économiques traditionnels. On ne dispose pas encore de données empiriques montrant l'impact des algorithmes sur le niveau effectif des prix et sur le degré de concurrence sur les marchés réels. Il s'agit d'un domaine où des études seront certainement souhaitables à l'avenir pour informer les décisions de fond que les gouvernements auront à prendre. Avec l'automatisation croissante des processus et la numérisation croissante des transactions, il faut s'attendre à ce que l'utilisation des algorithmes devienne de plus en plus courante à l'avenir. Cette évolution entraînera certains défis pour les autorités de la concurrence dans l'application des outils habituels du droit de la concurrence (encadré 11), ainsi qu'une augmentation des risques associés aux ententes.

83. Avant d'aborder quelques-unes des questions en suspens sur l'application des normes du droit de la concurrence dans un environnement commercial algorithmique, il importe de distinguer deux types de situations : celles où les algorithmes amplifient des comportements déjà couverts par le cadre juridique actuel et celles où ils créent dans une certaine mesure de nouveaux risques en relation avec des comportements qu'ignore encore le droit de la concurrence. Dans les premières, le problème est assez simple, les algorithmes devant être analysés conjointement avec l'infraction principale dont ils facilitent l'exécution. La détection de l'existence d'une infraction<sup>73</sup> et l'établissement de la preuve correspondante seront peut-être compliqués par la présence d'un algorithme, mais les autorités de la concurrence pourront néanmoins s'appuyer sur les normes existantes relatives aux accords anticoncurrentiels, aux pratiques concertées et aux pratiques de facilitation, qui leur fournissent un cadre pour analyser les algorithmes, soit isolément, soit en relation avec l'infraction principale. Le défi pour les autorités de la concurrence est donc de bien comprendre le fonctionnement de cette technologie et la manière dont un algorithme peut faciliter ou soutenir l'infraction principale aux dispositions du droit de la concurrence.

84. Dans le deuxième type de situations, c'est-à-dire celles où les comportements ne sont pas couverts par les normes habituelles du droit de la concurrence visant la coopération entre concurrents, les mesures à prendre par les autorités pour traiter les risques que les algorithmes font courir à la concurrence posent un problème plus complexe. Les algorithmes, en effet, permettent d'atteindre un équilibre tacitement collusoire sans qu'aucun contact ne soit nécessaire entre les concurrents ou sans mettre en place de pratiques facilitantes. Les algorithmes amplifient le « problème des oligopoles » en faisant de l'entente tacite une configuration plus fréquente sur les marchés<sup>74</sup>.

85. Ce chapitre aborde par conséquent les défis plus complexes associés aux algorithmes dans le deuxième type de situations. Après avoir décrit la relation entre algorithmes et entente tacite, il s'interroge sur l'opportunité de revoir la notion d'accord

d'entente (qui ne couvre pas les comportements commerciaux entièrement unilatéraux) et examine le champ d'application de la responsabilité dans le droit de la concurrence. Enfin, il aborde la manière dont les outils du droit de la concurrence pourraient être utilisés pour répondre, au moins partiellement, aux préoccupations que suscitent les algorithmes du point de vue de la concurrence. Il n'apparaît pas encore clairement de quelle façon la politique de la concurrence devra être adaptée pour réprimer l'entente algorithmique ; néanmoins, ce chapitre s'efforce de recadrer le débat en cours en identifiant les enjeux principaux que soulèvent les algorithmes au regard de l'application du droit de la concurrence et en envisageant des solutions possibles aux fins de la poursuite de la discussion.

#### **Encadré 11. Prix personnalisés et outils standards du droit de la concurrence**

Les algorithmes posent aux autorités de la concurrence des difficultés spécifiques, qui ne concernent pas uniquement l'établissement de la preuve d'un accord anticoncurrentiel. L'aptitude des algorithmes de calcul des prix à discriminer entre acheteurs sur la base d'un certain nombre de variables prédéterminées a sans doute aussi d'importantes incidences sur l'application générale des outils de maintien de la concurrence économique dans les marchés où les fournisseurs se servent de ces algorithmes pour personnaliser les prix.

Les procédures antitrust actuelles dépendent largement de la capacité des autorités de la concurrence à observer les prix et à tirer certaines conclusions des pratiques de fixation des prix des biens et des services des entreprises. L'analyse souvent décisive en cas d'infraction au droit de la concurrence consiste à déterminer si le fournisseur a l'incitation et la capacité à porter ses prix au-dessus du niveau concurrentiel ; il s'agit d'un point clé, par exemple lorsque l'on cherche à comprendre un marché en appliquant le test SSNIP (augmentation faible mais significative et non transitoire des prix), à mesurer le pouvoir de marché d'une entreprise ou à évaluer l'impact d'une fusion en employant l'analyse des effets unilatéraux. Cela exige généralement de comparer le prix du marché associé à la conduite examinée avec un hypothétique prix du marché concurrentiel (ou antérieur à la conduite en cause).

On voit mal, cependant, comment ces outils économiques standards pourront servir au contrôle de la concurrence dès lors que les algorithmes de calcul des prix rendent possible des prix personnalisés. Ces systèmes de fixation des prix modifient les prix sur la base de l'offre et de la demande à une vitesse telle, et avec des interactions mutuelles si nombreuses, que la simple comparaison des prix deviendra très difficile. Les difficultés soulevées par ces nouveaux mécanismes de fixation des prix pour les autorités de la concurrence sont encore largement non analysées, car les organes compétents n'ont pas encore été confrontés à cette question, mais il est probable qu'elle se posera plus fréquemment à l'avenir avec le développement de l'utilisation de systèmes automatiques de personnalisation des prix par les entreprises soumises à examen.

### **5.1. 5.1 Algorithmes et entente tacite**

86. Si l'analyse des algorithmes associés à une infraction principale ne pose pas de problème particulier d'un point de vue légal, l'analyse des algorithmes qui échappent au cadre légal traditionnel est plus difficile car ils rendent possible l'entente sans qu'aucune

communication ni aucun contact entre concurrents soit nécessaire. Les algorithmes modifient les caractéristiques des marchés numériques, en contribuant à accroître la transparence, la rapidité des décisions commerciales et la capacité des entreprises à réagir immédiatement aux actions de leurs concurrents. Par conséquent, les algorithmes renforcent l'interdépendance des décisions des entreprises, sans qu'aucune communication ou interaction explicite soit nécessaire, en augmentant ainsi le risque d'entente tacite et en conduisant, par conséquent, à des niveaux de prix plus élevés.

87. Les préoccupations soulevées par les algorithmes ne sont pas sans ressemblance avec celles que pose le problème classique des oligopoles (encadré 12). Il est depuis longtemps admis que, sur les marchés fortement concentrés, stables et transparents, les décisions des entreprises ont un impact significatif sur celles de leurs concurrents. Après une période d'interactions répétées, les entreprises prennent conscience du fait que leurs choix stratégiques respectifs sont interdépendants et que, si elles harmonisent leurs comportements, elles pourront porter les prix à un niveau supraconcurrentiel sans aucune communication effective. Autrement dit, la structure de certains marchés est telle que, sous l'effet de l'interdépendance et de la connaissance réciproque des entreprises, les prix peuvent s'élever tendanciellement vers un niveau monopolistique<sup>75</sup>.

### Encadré 12. Le « problème des oligopoles »<sup>76</sup>

Le « problème des oligopoles », expression parfois attribuée à Posner (1969), désigne le risque qu'à l'intérieur des marchés oligopolistiques, le degré élevé d'interdépendance et de connaissance réciproque entre les acteurs du marché conduise à une entente tacite, résultat socialement non désirable mais hors de portée du droit de la concurrence. Les autorités de la concurrence de certains pays se sont efforcées d'étendre le champ d'application de leurs outils antitrust pour répondre à ce problème, en recourant notamment à deux méthodes distinctes :

- la mise en place de règles de contrôle *ex ante* des concentrations pour empêcher les changements structurels propices à la coordination ;
- l'introduction de règles *ex post* pour empêcher les comportements unilatéraux qui favorisent l'interdépendance oligopolistique, comme les pratiques de facilitation, sous le couvert d'une position dominante conjointe ou collective.

Cependant, certains analystes critiquent l'idée sur laquelle repose le « problème des oligopoles » en soutenant qu'il est assez peu probable que les structures oligopolistiques conduisent inévitablement à l'entente tacite et en contestant, par conséquent, la nécessité d'une intervention des autorités de la concurrence en ce domaine. Whish et Bailey (2012) ont recensé quelques-uns de leurs arguments :

- L'interdépendance des oligopoleurs est fréquemment exagérée. Même dans les oligopoles symétriques, une entreprise peut augmenter ses profits en abaissant les prix car ses concurrents peuvent être lents à réagir ou bien dans l'incapacité d'accroître leurs capacités pour répondre à l'augmentation de la demande.
- Dans de nombreux cas, les oligopoleurs ont des niveaux de coût différents, produisent des marchandises différenciées, détiennent des parts de marché différentes et réussissent à fidéliser leurs clients, ce qui rend l'entente tacite plus difficile.
- Les avantages compétitifs des petits acteurs du marché constituent dans certains cas une contrainte concurrentielle pour les oligopoleurs.
- Même si les oligopoleurs parviennent à maintenir une entente tacite et à obtenir des profits supraconcurrentiels pendant une brève période, cela aura pour effet d'attirer de nouveaux entrants sur le marché et d'accroître la concurrence à long terme, sauf s'il existe des obstacles importants à l'entrée sur le marché.

88. Les politiques de la concurrence n'ont jusqu'ici apporté que des solutions partielles au problème des oligopoles car il est couramment admis que les conditions particulières requises pour le maintien d'une entente tacite s'observent rarement, exception faite de quelques marchés qui se caractérisent par un nombre très faible de concurrents (peut-être même uniquement les situations de duopole), un degré élevé de transparence et d'importants obstacles à l'entrée<sup>77</sup>. Toutefois, il se pourrait que les algorithmes modifient certaines caractéristiques des marchés numériques de telle façon que l'entente tacite devienne plus facile à maintenir dans un éventail de situations plus large, en étendant éventuellement le problème des oligopoles à des structures de marché non oligopolistiques<sup>78</sup>.

89. Outre les préoccupations généralement associées au problème des oligopoles, les algorithmes pourraient faciliter l'établissement direct d'un équilibre non concurrentiel en

supprimant le besoin de communication ou d'interaction explicite entre concurrents. En effet, les algorithmes fonctionnent comme des « intermédiaires » entre les entreprises, en recueillant et en traitant les données relatives au marché et en réagissant rapidement aux mesures prises par les concurrents. Comme le note Mehra (2015), les algorithmes pourraient en fait se révéler plus efficaces que les êtres humains pour gérer des dispositifs d'entente, notamment grâce à : leur plus grande précision dans la détection des modifications de prix, la suppression du facteur d'irrationalité et la réduction du risque que le système d'entente ne soit remis en cause par erreur.

90. Au vu de ces considérations, il convient de se demander si, avec les progrès récents des algorithmes, l'entente tacite va devenir ou non un phénomène plus fréquent sur les marchés numériques. Dans l'affirmative, il en résulterait au final un préjudice grave pour le consommateur, compte tenu de la difficulté à combattre l'entente tacite avec les outils actuels du droit de la concurrence. Si cette hypothèse est confirmée par des travaux futurs, les autorités de la concurrence devront réfléchir à l'opportunité de modifier leur approche légale actuelle de l'entente tacite.

### 5.2. 5.2 Faut-il revoir la notion d'accord ?

91. La conception qui sous-tend le droit de la concurrence a pour conséquence que l'identification d'un « accord » entre concurrents est une condition préalable à l'application de la loi en cas de résultats collusoires. Le plus souvent, le terme d'accord est défini de façon assez large afin d'étendre le plus possible la portée des règles de la concurrence (encadré 13).

92. Toutefois, en pratique, cette définition ne permet pas toujours de déterminer si certaines formes de communication sophistiquées tombent sous le coup des règles de la concurrence. Les envois de signaux – par exemple, l'annonce unilatérale de prix publics – peuvent être considérés comme une invitation à adopter une politique commune mais on peut se demander si, dans la législation de nombreux pays, ils peuvent être qualifiés (et dans quelles circonstances) d'équivalents à un accord. En l'absence de communication et de coordination explicite, l'applicabilité des dispositions relatives aux accords ne va pas de soi. Un simple comportement parallèle comme l'augmentation simultanée de prix par des entreprises concurrentes n'est pas suffisant pour attester l'existence de la coordination, puisqu'il peut être le résultat de décisions rationnelles indépendantes.

93. La question qui se pose est donc de savoir si, pour combattre les ententes algorithmiques, une nouvelle définition de la notion d'accord est requise aux fins du droit de la concurrence. Cette question, qui n'est pas nouvelle pour les spécialistes du droit de la concurrence<sup>79</sup>, est depuis peu réapparue via un « renouveau de la discussion sur la possibilité de poursuivre le comportement oligopolistique classique comme entente illicite »<sup>80</sup>.

### Encadré 13. La notion d'« accord » dans le droit de la concurrence

À l'intérieur de l'UE, l'article 101 du Traité sur le fonctionnement de l'Union européenne (TFUE) s'applique à tous les « accords » et « pratiques concertées », mais le Traité ne fournit pas de définitions bien claires de ces deux notions. Selon la jurisprudence des tribunaux, un accord désigne « une concordance de volontés entre opérateurs économiques sur la mise en pratique d'une politique, de la recherche d'un objectif ou de l'adoption d'un comportement déterminé sur le marché, abstraction faite de la manière dont est exprimée la volonté des parties de se comporter sur le marché conformément aux termes dudit accord »<sup>81</sup>. Autrement dit, la notion d'accord implique à la fois l'existence d'une volonté commune et une forme d'expression, implicite ou explicite, de cette volonté. En l'absence d'un accord formel, la notion de pratiques concertées peut s'appliquer. Cette notion implique, entre autres éléments, l'existence de contacts directs ou indirects visant à influencer délibérément la conduite d'autres firmes.

Aux États-Unis, l'article 1 de la loi Sherman emploie plusieurs termes ou expressions pour désigner un accord, notamment ceux de « contrat », d'« association sous forme de trust » et d'« entente ». La Cour suprême des États-Unis a statué qu'il n'est pas nécessaire que l'accord soit formel ou explicite dès lors qu'il implique « une unité de but ou une entente et un dessein communs, ou une convergence des volontés »<sup>82</sup>, ainsi que la « participation volontaire à un stratagème commun »<sup>83</sup>. Cette définition est par principe très large et pourrait couvrir les comportements parallèles. En pratique, les tribunaux exigent la preuve (« éléments incriminants ») que les comportements parallèles observés résultent effectivement d'une coordination entre les parties, et non simplement de l'interdépendance oligopolistique. La communication par les parties de leur intention d'agir de telle ou telle façon est un exemple d'élément incriminant exigé par les tribunaux.

94. Kaplow (2011) est d'avis que l'approche en vigueur aujourd'hui au sujet des accords horizontaux pêche par excès de formalisme et est inadaptée pour répondre au problème de l'interdépendance nuisible entre firmes. À une définition étroite de la notion d'« accord », il oppose une approche mieux économiquement fondée du droit de la concurrence, en déclarant que « les conséquences économiques d'une coordination interdépendante réussie qui aboutit à des prix supraconcurrentiels sont essentiellement les mêmes, quelles que soient les modalités particulières de l'interaction qui a produit ce résultat ». Il souligne les limites de toute doctrine juridique qui, à l'instar de celle des États-Unis, fait de la communication un élément important de la définition de la notion d'accord, en plaidant pour une interprétation plus large de cette notion. Toutefois, l'idée selon laquelle le droit de la concurrence devrait couvrir les comportements oligopolistiques classiques n'est pas sans opposants, comme le montre une déclaration récente du juge Posner mettant en garde contre le danger d'une législation qui traiterait « l'entente tacite comme s'il s'agissait d'une entente explicite »<sup>84</sup>.

95. L'utilisation des algorithmes soulève des problèmes similaires. Leur diffusion permettant des interactions de plus en plus rapides et complexes entre concurrents, qui peuvent recourir comme « intermédiaires » à des systèmes de signaux sophistiqués pour atteindre un objectif commun, la notion d'accord et son applicabilité à l'économie numérique deviennent toujours plus incertaines ;

Un accord de fixation des prix entre concurrents est illégal mais, avec la technologie informatique qui permet de réagir rapidement à des annonces de

prix, le sens de la notion d'« accord » est devenu flou et il est maintenant difficile pour les autorités de la concurrence de distinguer un accord public d'une conversation entre concurrents (Borenstein, 1997).

96. Compte tenu du rôle que jouent les algorithmes dans l'établissement et l'application d'une politique commune, certains auteurs s'interrogent sur l'opportunité de réviser la notion d'accord afin d'y inclure la « convergence des volontés » résultant de l'utilisation d'algorithmes. Les algorithmes de signalisation décrits plus haut permettent des changements itératifs très rapides des prix, qui convergent éventuellement vers un niveau commun d'une manière assez semblable à un processus réel de négociation entre des dirigeants d'entreprise en vue de l'application d'un accord d'entente. Faut-il en conclure que l'ajustement rapide des prix en réaction aux décisions prises par les concurrents jusqu'à ce que soit atteint un niveau de convergence doit être assimilé à un accord ?

97. Les algorithmes parallèles décrits plus haut pourraient aussi être considérés comme un mécanisme automatique de mise en œuvre d'un accord. Dans une stratégie de suivisme à l'égard du leader du marché, par exemple, une entreprise pourrait proposer une entente en appliquant un algorithme imitant en temps réel les prix pratiqués par le leader du marché, et celui-ci pourrait accepter la proposition en augmentant ses prix en réaction à l'algorithme du concurrent. Une entreprise pourrait également proposer à ses concurrents de former une entente en rendant public un algorithme de calcul des prix, les concurrents indiquant qu'ils acceptent cette proposition en utilisant le même algorithme dans leur stratégie commerciale.

98. Il est encore très difficile à ce stade de se prononcer fermement sur la question de savoir si des interactions algorithmiques (ou la « convergence d'algorithmes ») doivent être assimilées à la « convergence des volontés » au sens de la définition d'un accord dans le droit de la concurrence. Néanmoins, une définition plus précise de la notion d'accord permettrait non seulement de réduire l'incertitude en aidant les entreprises à distinguer les pratiques acceptables des pratiques illicites, mais aussi de répondre potentiellement à certaines des préoccupations soulevées par l'entente algorithmique.

99. Comme il est parfois difficile d'établir légalement qu'un comportement tout à fait unilatéral, comme le parallélisme conscient, constitue un accord, en particulier dans les pays où la notion d'accord est interprétée en un sens étroit, certaines autorités de la concurrence pourront envisager de s'appuyer sur d'autres normes légales, par exemple les normes relatives à la « concurrence déloyale », qui leur offrent une plus grande flexibilité (encadré 14).

#### **Encadré 14. Normes de concurrence déloyale : l'article 5 de la loi sur la Commission fédérale du commerce des États-Unis**

Aux États-Unis, en vertu de l'article 5 de la loi sur la Commission fédérale du commerce (FTC), la FTC peut interdire les « méthodes de concurrence déloyales ». La Cour suprême a statué que l'article 5 est d'une portée plus étendue que la loi Sherman et d'autres lois antitrust des États-Unis<sup>85</sup> et la FTC s'est peu à peu prévalu des pouvoirs que lui confère cette disposition pour s'attaquer à diverses conduites qui ont des effets anticoncurrentiels mais seraient difficiles à poursuivre au titre des dispositions sur l'entente ou la monopolisation du marché. La communication unilatérale d'informations à des concurrents suivie d'effets anticoncurrentiels, ou ce qu'on appelle l'« invitation à former une entente », est un exemple de ce type de conduite<sup>86</sup>.

La formulation de l'article 5 est large et assure à la FTC une certaine flexibilité quant aux pratiques à combattre, car il s'agit d'une disposition principielle et non d'une disposition réglementaire<sup>87</sup>. Dans l'état actuel de la jurisprudence, la FTC doit établir qu'une pratique (par exemple, l'utilisation d'un algorithme) est déloyale car : (1) elle cause – ou est susceptible de causer – un préjudice grave aux consommateurs ; (2) elle ne peut être raisonnablement évitée par les consommateurs ; et (3) elle n'est pas compensée par des avantages pour les consommateurs ou la concurrence.

On a suggéré qu'il devrait être possible d'utiliser des dispositions comme l'article 5 pour combattre l'entente algorithmique lorsque l'autorité de la concurrence peut établir qu'en mettant au point un algorithme, un défendeur cherchait à atteindre un résultat anticoncurrentiel ou était conscient des conséquences naturelles et probables nuisibles de ses actes pour la concurrence<sup>88</sup>.

### **5.3.5.3 Champ d'application de la responsabilité relative aux comportements anticoncurrentiels**

100. La littérature spécialisée sur les algorithmes et la concurrence examine la question de savoir s'il est possible d'établir la responsabilité de comportements anticoncurrentiels lorsque les décisions de fixation des prix sont prises par une machine utilisant un algorithme et non par des êtres humains.

101. Si l'on en croit Mehra (2016), « dans le cas d'un vendeur automatisé prenant des décisions anticoncurrentielles, il existe trois possibilités. La responsabilité peut être attribuée : au vendeur automatisé lui-même, aux êtres humains qui ont mis en place ce système ou à personne ». La troisième option (absence de responsabilité) ne peut être prise au sérieux car elle entraînerait *de facto* l'impunité pour les comportements anticoncurrentiels activés par l'intermédiaire d'un algorithme ; néanmoins, les discussions à ce sujet montrent combien il est difficile d'attribuer la responsabilité de pratiques anticoncurrentielles à des individus lorsque les stratégies commerciales sont déléguées à un algorithme et que les êtres humains n'ont aucun moyen d'influencer la manière dont sont prises les décisions. Bien entendu, la plupart des algorithmes fonctionnent encore aujourd'hui sur la base d'instructions établies par des êtres humains et il ne fait guère de doute que des êtres humains seront dans la plupart des cas tenus pour responsables des décisions prises par un algorithme. Dans l'état actuel de la législation, les programmes informatiques et les algorithmes doivent simplement être considérés

comme des outils et, par conséquent, leurs décisions peuvent être attribuées directement à des opérateurs humains.

102. Comme l'a déclaré Margrethe Vestager, Commissaire européenne à la concurrence, dans un discours récent :

Les défis associés aux systèmes automatisés sont très réels. Si ces systèmes aident les entreprises à manipuler les prix, ils nuiront effectivement au bon fonctionnement de l'économie pour tous les autres acteurs. (...) En tant que responsables de l'application du droit de la concurrence, je pense que nous devons signaler très clairement aux entreprises qu'en cas d'entente, elles ne pourront échapper à leurs responsabilités en s'abritant derrière un programme informatique (Vestager, 2017).

103. Toutefois, avec le développement de l'IA, les liens entre l'agent (l'algorithme) et son maître (l'être humain) iront s'affaiblissant et la capacité des algorithmes à agir en fixant les prix de manière autonome remettra en cause la responsabilité des individus ou des firmes qui bénéficient des décisions prises indépendamment par un algorithme. En pareils cas, l'établissement de la responsabilité dépendra essentiellement des faits immédiatement accessibles. Comme le notent Ezrachi et Stucke (2016), il est difficile de définir un seuil d'illégalité car cela exige de déterminer si les personnes au profit duquel fonctionne l'algorithme auraient pu prévoir ou préprogrammer un acte illicite. Pour ce faire, il est nécessaire, par exemple, d'examiner soigneusement les instructions régissant le fonctionnement de l'algorithme, les dispositifs de sauvegarde mis en place, le système d'incitations et le champ d'activité de l'algorithme.

104. Les autorités de la concurrence devront en outre déterminer dans quelle mesure des êtres humains contrôlent le fonctionnement d'un algorithme. Les algorithmes sont évidemment conçus par des êtres humains mais peut-on dire que ces derniers créent intentionnellement des algorithmes pour porter préjudice aux consommateurs ? La responsabilité d'un acte illégal pourra-t-elle être automatiquement imputée, conjointement et solidairement, à la personne qui a conçu l'algorithme, à l'individu qui l'utilise et à la personne (ou entité) qui tire profit des décisions prises par l'algorithme ?<sup>89</sup> De telles questions, auxquelles il n'est pas encore possible de donner une réponse bien claire, seront sans doute posées devant les tribunaux au fur et à mesure qu'augmentera le nombre d'affaires d'entente impliquant des algorithmes fonctionnant de manière autonome.

#### 5.4. 5.4 Autres approches possibles de l'entente algorithmique

105. Si l'on met de côté les interventions les plus radicales (éventuellement de nature législative) en vue de réexaminer l'approche légale de l'entente tacite, de redéfinir la notion d'accord pour prendre en compte l'entente algorithmique ou de déterminer le champ d'application de la responsabilité au regard des systèmes IA, les autorités de la concurrence ont encore la possibilité de recourir à des mesures de type classique pour répondre au moins à certaines inquiétudes en matière de concurrence. Ce chapitre décrit trois approches possibles du problème des oligopoles, en les appliquant au contexte de l'entente algorithmique. Sont examinés tour à tour les mesures *ex ante* comme les études de marché, le contrôle des fusions, les mesures correctives, puis l'approche réglementaire. Après une brève description des trois premières approches dans cette section, le dernier chapitre abordera plus en détail les possibilités existant en matière de régulation.

### 5.4.1. 5.4.1 Études de marché et enquêtes sectorielles

106. L'existence d'éléments témoignant d'une certaine forme de coordination entre concurrents, qui nuit à la concurrence et risque d'entraîner un préjudice pour le consommateur, est le plus souvent la condition préalable pour que les autorités de la concurrence interviennent contre une entente anticoncurrentielle. Cependant, lorsque certains signes de dysfonctionnement du marché sont visibles et que rien n'indique l'existence d'une coordination entre les acteurs du marché, les autorités de la concurrence peuvent décider de réaliser une étude de marché ou de mener une enquête sectorielle afin de comprendre les raisons de la défaillance du marché et d'identifier les solutions possibles<sup>90</sup>. La réalisation d'études de marché précède donc en général d'autres formes d'intervention.

107. Pour ce qui concerne l'entente algorithmique, les autorités de la concurrence devraient chercher à déterminer si des algorithmes aboutissent couramment à des effets de coordination et, dans l'affirmative, identifier les circonstances et les secteurs dans lesquels l'entente algorithmique a le plus de chances d'être observée. Les études de marché (ou les enquêtes sectorielles) devraient soutenir à cet égard les efforts engagés par ces autorités pour comprendre les caractéristiques du marché susceptibles de conduire à des résultats collusoires, qu'il s'agisse d'une forte transparence, de la prévisibilité et d'interactions fréquentes, ou de toute autre caractéristique structurelle non encore identifiée. Ezrachi et Stucke (2017) déclarent qu'« une telle approche peut se révéler utile pour aider les autorités de la concurrence à comprendre la nouvelle dynamique des marchés qui reposent sur des algorithmes et l'étendue des problèmes de concurrence qui peuvent y apparaître ».

#### **Encadré 15. Enquête sectorielle de la Commission européenne sur le commerce électronique : conclusions relatives aux logiciels de tarification<sup>91</sup>**

Le Rapport final de la Commission européenne relatif à l'enquête sectorielle sur le commerce électronique offre un exemple de la manière dont les études de marché peuvent aider les autorités de la concurrence et les gouvernements à identifier les problèmes qu'entraîne la fixation algorithmique des prix pour la concurrence, ainsi que les mesures éventuelles à adopter pour y répondre. Parmi les principales conclusions de ce Rapport, on lit ceci :

(...) la transparence accrue des prix permet aux entreprises de suivre plus facilement leurs prix. Une majorité de détaillants suivent les prix en ligne de leurs concurrents. Deux tiers d'entre eux ont recours à des logiciels d'ajustement automatique pour ajuster leurs propres prix en fonction des prix des concurrents observés. Avec les logiciels de tarification, quelques secondes suffisent pour déceler des écarts par rapport aux prix de détail « recommandés » et les fabricants sont de plus en plus en mesure de suivre et d'influencer la tarification des détaillants. La disponibilité d'informations en temps réel en matière tarifaire peut également donner lieu à une coordination automatisée des prix. L'utilisation à grande échelle de tels logiciels peut, dans certains cas, en fonction des conditions du marché, engendrer des problèmes de concurrence (Commission européenne, 2017).

108. La réalisation d'études de marché pourrait aboutir à des recommandations au sujet des interventions réglementaires à envisager par le gouvernement pour remédier aux

entraves légales ou structurelles à la concurrence, ainsi qu'à l'ouverture d'enquêtes lorsqu'un problème est dû à des causes comportementales. Les études de marché pourraient aussi conduire à des activités de plaidoyer et à des recommandations en direction du secteur même des entreprises, dans l'objectif de promouvoir une meilleure application des principes de la concurrence. Cela pourrait déboucher, par exemple, sur l'introduction de l'autorégulation sous la forme de codes de conduite que les entreprises s'engageraient à respecter lors de la conception et de l'utilisation d'algorithmes de calcul des prix.

109. Dans certains pays comme le Royaume-Uni, l'Islande et le Mexique, les autorités de la concurrence ne réalisent pas seulement des études de marché, elles ont aussi la possibilité de mener des investigations sectorielles. Cet outil supplémentaire leur permet d'aller au-delà de la simple formulation de recommandations non contraignantes (ce qui est généralement le résultat d'une étude de marché) et d'imposer éventuellement des mesures correctives d'ordre structurel ou comportemental. L'intérêt des investigations sectorielles est qu'elles fournissent aux autorités de la concurrence une certaine flexibilité pour rétablir la concurrence sur un marché, lorsque cela n'est pas possible par d'autres moyens.

#### 5.4.2. 5.4.2 *Contrôle ex ante des concentrations*

110. L'application des règles de contrôle des fusions sur les marchés où l'on observe des activités algorithmiques est une autre méthode *ex ante* à envisager pour établir un système capable de prévenir l'entente tacite. Cela pourrait exiger des autorités de la concurrence qu'elles abaissent le seuil d'intervention et examinent le risque d'effets de coordination non seulement dans les fusions de 3 à 2, mais aussi potentiellement dans celles de 4 à 3 ou même de 5 à 4. Par ce moyen, les autorités de la concurrence pourraient évaluer les risques de coordination future, sans se limiter aux duopoles classiques où l'entente tacite est plus facile à maintenir, mais en prenant en compte tous les cas où l'utilisation d'algorithmes peut faciliter l'entente, y compris dans les secteurs où la concentration est moins forte :

L'entente tacite risque, à cause des algorithmes, de se répandre en dehors des duopoles sur les marchés où existent jusqu'à cinq ou six acteurs importants. Les autorités de la concurrence doivent être à même de déterminer si l'élimination d'un acteur particulier accroît de manière significative le risque d'entente algorithmique tacite. Cela permettra de maintenir sur le marché la diversité des vendeurs, avec leurs perspectives de profit et leurs contraintes de capacités différentes (Ezrachi et Stucke, 2017).

111. Pour empêcher effectivement l'entente algorithmique, les autorités de la concurrence devraient analyser plus particulièrement l'impact des transactions sur des facteurs comme la transparence et la vitesse des interactions, c'est-à-dire les caractéristiques du marché les plus affectées par l'utilisation d'algorithmes. Ezrachi et Stucke (2017) suggèrent également aux autorités de la concurrence de réexaminer leur approche des concentrations conglomerales dans l'éventualité où l'entente tacite serait facilitée par les contacts multimarchés. Ils notent en particulier que « l'apprentissage automatique a, entre autres choses, pour fonction d'identifier des corrélations à l'intérieur de grands ensembles de données. Les algorithmes, par conséquent, peuvent détecter des mesures de représentations et y répondre sur des marchés de produits distincts, qui semblent n'avoir aucune relation à un être humain ».

### 5.4.3. 5.4.3 Engagements et mesures correctives possibles

112. Enfin, les autorités de la concurrence pourraient rendre plus difficile le maintien d'une entente tacite au moyen d'une approche comportementale, en empêchant les oligopoleurs de mettre en place des mécanismes nuisibles pour la concurrence parce qu'ils favorisent les ententes. Bien que cette approche n'ait pas encore été testée, on peut soutenir que le recours à certains types d'algorithmes constitue une pratique de facilitation susceptible de déclencher l'intervention des organes chargés de l'application du droit de la concurrence. Cela est le cas, par exemple, lorsque des concurrents facilitent un équilibre collusif en se servant d'algorithmes de surveillance, d'algorithmes parallèles ou d'algorithmes de signalisation.

113. Dans nombre de pays, l'intervention de l'autorité de la concurrence conduit aussi à l'adoption de mesures correctives sous la forme d'engagements<sup>92</sup>. De telles mesures visent à résoudre et à prévenir une atteinte à la concurrence résultant d'un comportement unilatéral, par exemple une pratique de facilitation. Trouver le remède adéquat dans les affaires de conduite algorithmique est une tâche délicate mais il conviendrait d'envisager l'emploi de mesures correctives et l'introduction de dispositifs de conformité ou de contrôle spécifiques. Un dispositif similaire devrait être mis en place en relation avec les procédures de notification et de retrait sous l'effet desquelles un hébergeur, après avoir été notifié, peut être contraint de supprimer des contenus sur décision d'un tribunal. De cette façon, en cas de détection d'un comportement anticoncurrentiel lié à l'utilisation d'algorithmes, des mesures appropriées pourraient être prises immédiatement.

114. La mise en place d'un système de contrôle des algorithmes, qui garantirait que leur programmation ne suscite aucune préoccupation pour la concurrence, pourrait également être envisagée. Toutefois, comme le notent Ezrachi et Stucke (2016), il n'est pas certain que cette méthode serait pertinente, car : (1) les instructions contenues dans les algorithmes n'ont pas nécessairement pour but l'entente, mais plutôt la maximisation des profits ; (2) il est peu probable qu'un système de contrôle parvienne à soutenir le rythme de développement du secteur, compte tenu en particulier des capacités d'apprentissage automatique des algorithmes ; et (3) il sera difficile d'empêcher les algorithmes d'ignorer des informations publiquement accessibles (problème de la « conservation libre » en théorie des jeux).

## 6. 6. Algorithmes et réglementation du marché

115. Les pages qui précèdent semblent indiquer que des possibilités existent pour les autorités de la concurrence de combattre certains effets anticoncurrentiels des algorithmes. Cependant, avec la complexification des méthodes de calcul et le développement croissant du phénomène de « gouvernance par algorithmes », on peut s'interroger, comme nous le faisons dans ce chapitre, sur la question de savoir si le droit de la concurrence suffit à lui seul pour répondre à la plupart des préoccupations qui se posent en ce domaine et si un certain type d'intervention réglementaire est nécessaire.

116. Ce chapitre commence par identifier les risques généraux qu'entraînent les algorithmes pour la société, ainsi que les défaillances du marché susceptibles d'empêcher de résoudre ces risques au moyen de mécanismes auto-correcteurs, en justifiant par conséquent la réglementation du marché. Il décrit ensuite les approches réglementaires qui ont été proposées, en mettant en garde contre les risques qu'une application trop stricte ferait courir à la concurrence et à l'innovation de marché. Enfin, il examine les

enjeux associés à l'élaboration de réglementations de marché visant spécifiquement à empêcher les algorithmes de produire des résultats collusoires.

117. Nombre des aspects abordés dans les sections qui suivent dépassent de beaucoup la seule question des ententes, ou même l'application du droit de la concurrence en général. L'étude de la viabilité et de l'opportunité de toute initiative réglementaire exigerait en outre la prise en compte attentive et détaillée d'un large éventail d'autres domaines d'intervention. Un tel exercice excède de beaucoup les limites de ce document ; néanmoins, nous nous sommes efforcés de replacer dans un contexte plus large les préoccupations que soulève pour la concurrence le développement de l'utilisation des algorithmes.

### 6.1. 6.1 Arguments en faveur de la réglementation des algorithmes

118. Le débat en cours sur la régulation de l'économie numérique est dû, au moins en partie, à la croissance exponentielle de certains acteurs des marchés numériques, qui comprennent quelques-unes des entreprises les plus puissantes du monde en termes de capitalisation boursière. Les géants de l'internet, comme on les appelle aujourd'hui, assurent la fourniture de nombreux biens et services informatiques comme les systèmes d'exploitation, les navigateurs, les moteurs de recherche, le courrier et la messagerie électronique, les cartes de navigation, les livres électroniques, la distribution de contenus musicaux et les réseaux sociaux. La valeur ajoutée de ces biens et services repose elle-même sur des algorithmes propriétaires complexes mis en œuvre à des fins multiples, notamment la tarification dynamique, l'exploration de données, le classement de résultats, l'appariement des usagers, la recommandation de produits et la publicité ciblée.

119. En dépit des avantages immenses que les géants de l'internet ont apporté à la société sous forme de technologies innovantes et de services en ligne de haute qualité, leur taille et leur présence croissantes sur de nombreux marchés essentiels attirent l'attention non seulement du grand public mais aussi des instances de régulation et des décideurs<sup>93</sup>. Comme on le verra, le fonctionnement croissant des grandes entreprises en ligne sur la base d'algorithmes secrets les amène à s'inquiéter du fait que l'organisation de l'information dans le monde entier est, dans une certaine mesure, contrôlée par des systèmes automatisés aux mains de quelques acteurs du marché.

#### 6.1.1. 6.1.1 Risques de « sélection algorithmique »

120. Les algorithmes peuvent sélectionner les informations que lisent les usagers en ligne, les contenus multimédias auxquels ils ont accès, les produits qu'ils achètent et même les personnes qu'ils rencontrent ou avec lesquelles ils entretiennent des relations sociales. Comme le déclare Domingos (2016), « aujourd'hui, un tiers des mariages ont leur origine sur l'internet, ce qui veut dire qu'il existe maintenant des enfants qui ne seraient pas nés si l'apprentissage automatique n'avait pas vu le jour ».

121. L'utilisation de systèmes informatiques automatisés pour organiser et sélectionner l'information pertinente – « sélection algorithmique » – n'est pas nécessairement problématique en soi, en particulier si les décisions et les prévisions obtenues à l'aide de machines sont beaucoup plus efficaces, objectives et exactes que celles que pourrait prendre un être humain. Cependant, en raison de leur énorme capacité potentielle à soutenir la prise de décisions, les algorithmes commencent à être utilisés dans des domaines essentiels régissant l'organisation de la société où des erreurs ou des biais informatiques pourraient avoir des conséquences graves. En effet, si les algorithmes

peuvent exécuter des actions difficiles à faire par des êtres humains, les ordinateurs ne sont pas infaillibles et peuvent être cause de certaines erreurs propres aux systèmes automatisés, ce qui soulève toute une gamme de préoccupations nouvelles pour les pouvoirs publics. Saurwein *et al.* (2015) ont recensé plusieurs catégories de risques associées à la sélection algorithmique, dont certaines sont décrites succinctement dans le tableau 4.

122. Les catégories de risques présentées dans ce tableau sont non seulement sources d'inquiétudes d'un point de vue sociétal mais pourraient aussi avoir de graves conséquences pour le bon fonctionnement de l'économie numérique. Certains de ces risques, comme l'utilisation potentielle des algorithmes à des fins d'abus de pouvoir de marché, ont des incidences directes sur la concurrence. D'autres, comme les biais informationnels, les manipulations du marché et les violations des droits de propriété, peuvent également affecter de façon indirecte la concurrence en créant des obstacles à l'entrée sur le marché et en réduisant les incitations à innover :

La manière dont les algorithmes sont utilisés pour prendre automatiquement des décisions pourrait même mettre en danger la démocratie. Les médias sociaux sont aujourd'hui une source d'information essentielle. (...) L'aptitude éventuelle des algorithmes sur lesquels reposent les médias sociaux à créer une autre réalité, en présentant continûment aux individus des informations fausses, est un sujet de préoccupation pour nous tous (Vestager, 2017).

Tableau 4. Catégories de risques de sélection algorithmique

Risque	Description	Exemples
Abus de pouvoir de marché	Programmation d'algorithmes de manière à faciliter les pratiques anticoncurrentielles, comme l'entente, ainsi que les pratiques d'exclusion et d'exploitation.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Allégations selon lesquelles certains moteurs de recherche manipuleraient les résultats de recherche afin de désavantager certains concurrents<sup>94</sup>.</li> <li>Coordination algorithmique pour la fixation des prix sur les marchés internet.</li> </ul>
Biais	Filtres informationnels réduisant la variété et les biais de l'information en fonction des préférences des usagers en ligne, conduisant à la création de « chambres d'écho » <sup>95</sup> et de « bulles de filtrage » <sup>96</sup> .	<ul style="list-style-type: none"> <li>Moteurs de recherche fournissant aux lecteurs en ligne des informations adaptées à leurs convictions et à leurs préférences.</li> <li>Recommandations de livres et de films au contenu similaire à ceux précédemment achetés.</li> <li>Classement des contacts les plus proches dans les mises à jour des réseaux sociaux.</li> </ul>
Censure	Programmation de restrictions afin de contrôler ou de bloquer les contenus accessibles à certains usagers.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Logiciels de contrôle de contenus utilisés par des entreprises pour bloquer des sites présentant une orientation religieuse, politique ou sexuelle particulière.</li> <li>Logiciels de contrôle de contenus utilisés par les gouvernements de certains pays.</li> </ul>
Manipulation	Manipulation d'algorithmes afin de sélectionner l'information sur la base d'intérêts commerciaux ou politiques et non de sa pertinence ou de sa qualité.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ouverture de comptes multiples ou répétition de transactions sur les marchés internet afin d'influencer le retour d'information sous forme de notes ou d'évaluation de la cote.</li> <li>Création de liens internet pour influencer les résultats de recherche en améliorant le classement de certains sites<sup>97</sup>.</li> </ul>
Atteinte à la vie privée	Systèmes automatisés recueillant des données personnelles sur les usagers (partagées dans certains cas avec des tiers) et problématiques du point de vue de la protection des données et de la vie privée.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Fonction de « Personnalisation instantanée » adoptée par Facebook en 2010 et permettant aux fournisseurs de services d'avoir accès aux profils des usagers<sup>98</sup>.</li> <li>Collecte de données sur la localisation des usagers pour mieux cibler la publicité.</li> </ul>
Violation des droits de propriété	Utilisation d'algorithmes pour recueillir, agréger, afficher et partager des biens d'information couverts par des droits de propriété intellectuelle.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Agrégateurs de contenus qui redistribuent des extraits d'articles couverts par le droit d'auteur<sup>99</sup>.</li> <li>Sites diffusant sans licence de la musique ou des vidéos.</li> </ul>
Discrimination sociale	Processus de décision automatisés dont les modèles d'analyse de l'information à caractère personnel peuvent conduire à des résultats discriminatoires.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Algorithmes de calcul des prix discriminant sur la base de certaines caractéristiques sociales et démographiques, comme le lieu d'habitation.</li> <li>Algorithmes d'estimation des risques de récidive pouvant avoir des effets de discrimination raciale.</li> </ul>

### 6.1.2. 6.1.2 Défaillances du marché

123. Devant les risques créés par les algorithmes, la question clé pour les décideurs est de déterminer si la concurrence de marché, associée à la législation en vigueur sur la protection de la vie privée, les droits de propriété intellectuelle et les droits fondamentaux, suffira à dissiper toutes les inquiétudes, ou bien si un certain type d'intervention réglementaire sera nécessaire. En d'autres termes, la concurrence réussira-t-elle d'elle-même à évincer du marché les algorithmes imparfaits ou imprévisibles, en maintenant ceux qui sont efficaces et qui contribuent à l'amélioration du bien-être social ? La réponse à cette question variera en fonction du risque spécifique examiné. Néanmoins, trois types de défaillances du marché pourraient à notre avis compromettre l'aptitude des marchés numériques à s'autocorriger :

1. **Imperfection de l'information due à l'absence de transparence algorithmique :** l'absence de transparence de la programmation et du fonctionnement des algorithmes limite la capacité des consommateurs à choisir consciemment et à bon escient entre des produits concurrents. Elle ne permet pas, en outre, aux autorités de la concurrence de disposer de l'information ou même de l'expertise nécessaire pour vérifier que les systèmes automatisés respectent la réglementation existante. L'absence de transparence est due en partie au fait que la plupart des algorithmes sont des secrets commerciaux. Cependant, même si les entreprises rendent publics leurs algorithmes ou partagent leurs secrets avec certains régulateurs, leurs codes de programmation, qui sont longs et complexes, resteront extrêmement difficile à interpréter. Les effets des algorithmes peuvent aussi être tout à fait difficiles à évaluer lorsque leurs résultats sont très variables et dépendent de caractéristiques individuelles<sup>100</sup>.
2. **Obstacles à l'entrée sur le marché liés aux données :** Le développement d'algorithmes prédictifs efficaces exige des actifs coûteux supplémentaires, notamment des logiciels avancés d'exploitation de données et d'apprentissage automatique, ainsi que des infrastructures physiques telles que des centres de données, et l'investissement dans ces actifs est déterminé par les économies d'échelle. La capacité des algorithmes à identifier de nouvelles relations et des modèles de comportement nécessite aussi l'accès à une variété de données recueillies à partir de sources multiples afin de réaliser des économies de gamme. Par conséquent, les petites entreprises, qui ne disposent pas des actifs supplémentaires nécessaires ou qui ne sont pas présentes simultanément sur plusieurs marchés, peuvent se heurter à des obstacles à l'entrée qui les empêchent de développer des algorithmes capables d'exercer effectivement une pression concurrentielle<sup>101</sup>.
3. **Défaut d'externalités d'informations et de connaissances :** Comme ils sont programmés pour sélectionner uniquement l'information la plus utile et la plus pertinente, les algorithmes réduisent la diversité d'idées et de points de vue auxquels sont exposés les individus. Sunstein (2009) et Pariser (2011) mettent en garde contre le danger que représente la sélection de l'information par les algorithmes d'une manière qui renforce les idées de chacun, créant ainsi un phénomène de « chambre d'écho ». Cela pourrait aboutir à créer un environnement à l'efficacité statique optimale mais peu propice à la créativité et à l'innovation humaines. Dans l'histoire de la recherche et du développement, nombres de grandes découvertes ont été obtenues par accident, lorsque des scientifiques se sont trouvés confrontés à des données non pertinentes au regard de leurs objectifs initiaux, ou bien se sont écartés des connaissances acquises ou

des hypothèses admises, ce qui paraît risqué ou mal indiqué pour une machine. Pour le dire en termes économiques, les algorithmes ne peuvent prendre en compte les externalités associées à des connaissances diverses et à des approches pluridisciplinaires, qui peuvent contribuer au processus de l'innovation.

## 6.2. 6.2 Interventions réglementaires possibles

124. Reconnaisant le rôle crucial des algorithmes dans l'organisation et le traitement de l'information au niveau mondial, dont les conséquences excèdent de loin les limites de l'économie numérique, universitaires et décideurs débattent de plus en plus de la nécessité de nouvelles formes d'intervention réglementaire. Parmi les principales questions abordées dans ce débat, on peut citer : les possibilités institutionnelles de contrôle des algorithmes, les autres mesures de réglementation à envisager et les risques associés à une réglementation excessive. Ces questions sont examinées ci-après.

### 6.2.1. 6.2.1 Possibilités institutionnelles de contrôle des algorithmes

125. Saurwein *et al.* (2015) recensent les différentes méthodes qui ont été proposées ou mises en œuvre pour la gouvernance des algorithmes et qui s'échelonnent entre les solutions de marché et la réglementation étatique. Chaque option a ses inconvénients propres et répond plus ou moins aux différentes catégories de risques liés aux algorithmes décrites dans la section précédente.

126. À une extrémité du spectre des options de gouvernance se trouvent les solutions de marché, d'abord du côté de l'offre et ensuite du côté de la demande. Les premières considèrent que la concurrence entre fournisseurs est le moyen d'améliorer les algorithmes au regard de plusieurs critères, par exemple en utilisant l'apprentissage automatique pour réduire les biais des algorithmes ou pour empêcher leur manipulation. Les deuxièmes mettent en avant le rôle actif des consommateurs qui pourraient, par exemple, refuser d'utiliser certains services ou se servir de technologies avancées pour se protéger des risques algorithmiques (à l'aide notamment d'outils d'anonymisation ou de lutte contre la censure). Les solutions de marché devraient, dans la mesure du possible, être privilégiées car elles sont moins susceptibles de freiner l'innovation ou de créer des obstacles à l'entrée de nouveaux acteurs sur le marché.

127. Néanmoins, les défaillances du marché décrites plus haut peuvent justifier le recours à d'autres solutions telles que l'auto-organisation (les entreprises s'engageant à respecter certaines normes et principes positifs afin d'améliorer leur réputation), l'autorégulation, la corégulation et l'intervention de l'État. De nombreuses mesures réglementaires différentes ont été proposées le long de ce continuum, en particulier des mesures d'information, l'introduction du principe de « neutralité des résultats de recherche », les mesures de lutte contre la cybercriminalité ou les systèmes de certification de la protection des données.

128. Parmi les différentes formes d'intervention étatique possibles, certains universitaires plaident actuellement en faveur de la création de nouveaux organes de régulation qui seraient chargés de la gouvernance de l'économie numérique. Gawer (2016), par exemple, a suggéré la création d'un régulateur numérique mondial, un organe central indépendant qui serait responsable de la coordination et de la surveillance des différents aspects de la réglementation de l'internet et des données. D'autres auteurs ont proposé, pour répondre aux risques associés aux algorithmes et à l'intelligence artificielle, de mettre en place un nouveau système de réglementation de l'IA :

(...) le dispositif envisagé (...) suppose l'adoption d'une loi sur le développement de l'intelligence artificielle, qui créerait un nouvel organe chargé de certifier la sécurité des systèmes IA. Au lieu de conférer à cet organe des pouvoirs comparables à ceux dont dispose l'Agence alimentaire des produits alimentaires et médicamenteux (FDA) pour interdire les produits qu'elle juge non sûrs, la loi sur le développement de l'intelligence artificielle instaurerait un système de responsabilité en vertu duquel les concepteurs, fabricants et vendeurs de programmes IA certifiés seraient soumis à une responsabilité civile limitée, tandis que le principe de la responsabilité solidaire s'appliquerait strictement aux programmes non certifiés offerts à la vente ou à une utilisation commerciale (Scherer, 2016).

129. La question de savoir si la création de tels organes de régulation est possible et socialement souhaitable est ouverte car elle met en jeu plusieurs domaines de l'action publique. Les gouvernements ont adopté jusqu'ici à l'égard de l'économie numérique une approche axée sur le marché, qui a énormément contribué à la croissance rapide du commerce en ligne et encouragé le développement de services innovants et de transactions rapides et efficaces. Cette approche de marché a d'ailleurs prévalu dès les débuts de l'internet, lorsque la Maison Blanche a mis en avant une série de principes pour favoriser l'expansion des marchés internet sous la direction du secteur privé, avec un minimum d'entraves réglementaires à la concurrence :

Une réglementation superflue des activités commerciales fausserait le développement du marché électronique, en provoquant une baisse de l'offre et une hausse du coût des produits et des services pour les consommateurs du monde entier. (...) Les gouvernements, par conséquent, devraient s'abstenir d'introduire de nouvelles réglementations ou procédures administratives inutiles, ou de taxer ou soumettre à des droits de douane les activités commerciales qui ont lieu via l'internet (White House, 1997).

130. Avant d'agir, les responsables de l'élaboration des politiques devraient donc sopeser prudemment les risques qu'entraînerait une intervention indue, car une réglementation par trop pesante créerait de nouveaux obstacles à l'entrée sur le marché et réduirait l'incitation pour les entreprises à investir dans des algorithmes propriétaires, qui sont devenus une grande source de valeur pour la société. L'OCDE (2009) recommande à cet égard aux gouvernements d'évaluer les effets concurrentiels de la réglementation du marché, en soulignant que « l'évaluation d'impact des politiques publiques envisagées sur la concurrence devrait être intégrée dans le processus de décision publique à un stade précoce ».

131. Gardant à l'esprit ces principes importants, nous examinons dans les pages qui suivent s'il est possible de prévenir les risques algorithmiques via la réglementation du marché, en signalant plusieurs autres formes d'intervention et les risques pour la concurrence qui sont associées à chacune d'elles.

#### *6.2.2. 6.2.2 Mesures visant à assurer la transparence et la responsabilité algorithmique*

132. Les interventions réglementaires envisagées dans les débats les plus récents semblent privilégier l'amélioration de la transparence des algorithmes et de la responsabilité associée à leurs effets. Aux États-Unis, le Bureau de protection des consommateurs de la Commission fédérale du commerce a créé le nouvel Office of

Technology Research and Investigation, qui est chargé de réaliser des études indépendantes et de fournir des orientations sur divers sujets, notamment la transparence algorithmique. En outre, le Conseil des politiques publiques de l'USACM (US Association for Computing Machinery) a publié une déclaration proposant une série de principes de transparence et de responsabilité algorithmique, qui visent à réduire au minimum les risques de dommages tout en exploitant les avantages de la prise de décision algorithmique (encadré 16).

133. Des initiatives récentes en Europe semblent indiquer une évolution similaire en vue d'accroître la transparence des algorithmes et la responsabilité en cas d'infractions à la loi. Dans un discours prononcé il y a peu devant le Bundeskartellamt, la Commissaire européenne Vestager (2017) a déclaré que les entreprises ont l'obligation de programmer les algorithmes en conformité délibérée avec la législation sur la protection des données et sur la concurrence, c'est-à-dire en assurant ce qu'on peut appeler leur « conformité intrinsèque ». La Chancelière allemande Angela Merkel a également fait une déclaration publique appelant des entreprises comme Facebook et Google à divulguer leurs algorithmes propriétaires :

Les algorithmes doivent être rendus publics afin que les citoyens intéressés puissent obtenir des informations leur permettant de répondre à des questions comme : qu'est-ce qui influence mon comportement et celui d'autrui sur l'internet ? (...) Les algorithmes, s'ils ne sont pas transparents, peuvent fausser notre perception et rétrécir le champ des informations que nous recevons (Agerholm, 2016).

134. Un moyen d'assurer l'exercice par le public d'une fonction de contrôle serait de confier à des régulateurs le soin de reconstituer des algorithmes par rétro-ingénierie, afin de comprendre le fonctionnement de leurs processus décisionnels. Toutefois, maintenir la transparence et la responsabilité algorithmique pourrait se révéler difficile en pratique, en particulier dans le cas des algorithmes du type « boîte noire », qui prennent des décisions de manière intrinsèquement autonome et peuvent contenir des biais implicites ou explicites. Cette réponse de bon sens au besoin d'une plus grande transparence sur le fonctionnement de ces algorithmes risquerait donc de ne pas aboutir au but recherché en raison de l'extrême difficulté à parvenir à une transparence complète sur ces algorithmes complexes. La simple publication (ou divulgation à un régulateur) du code source d'un algorithme pourrait se révéler une mesure insuffisante. La transparence complète exigerait que quelqu'un soit en mesure d'expliquer pourquoi un résultat particulier a été obtenu, ce qui est sans doute impossible dans le cas de systèmes d'apprentissage automatique prenant des décisions autonomes qui, en tant que telles, n'ont été programmées par personne.

### Encadré 16. Principes de transparence et de responsabilité algorithmique de l'USACM<sup>102</sup>

« **1. Vigilance** : les propriétaires, concepteurs et fabricants de systèmes analytiques et d'autres parties prenantes devraient être conscients des biais potentiels impliqués dans la conception, la mise en œuvre et l'utilisation de ces systèmes, et du préjudice qui peut en résulter pour les individus et la société.

**2. Accès et recours** : les régulateurs devraient encourager la mise en place de mécanismes permettant aux individus et aux groupes lésés par des décisions résultant d'un processus algorithmique de contester ces décisions et d'obtenir réparation.

**3. Responsabilité** : les institutions devraient être tenues pour responsables des décisions prises par les algorithmes qu'elles utilisent, même lorsqu'il n'est pas possible de reconstituer en détail le cheminement par lequel ces algorithmes sont parvenus à tel ou tel résultat.

**4. Explication** : les systèmes et institutions qui recourent à la prise de décision algorithmique devraient expliquer à la fois les procédures suivies par un algorithme et les décisions spécifiques qu'il a prises. Cela est particulièrement important dans le contexte de l'action publique.

**5. Origine des données** : les constructeurs d'algorithmes devraient fournir une description de la manière dont les données d'apprentissage ont été recueillies, ainsi qu'une analyse des biais potentiels résultant du processus humain ou algorithmique de collecte des données. Le contrôle public des données assure le maximum de possibilités de correction des données. Néanmoins, certaines considérations relatives au respect de la vie privée, à la protection des secrets commerciaux et à la divulgation d'outils d'analyse, qui risqueraient de permettre à des acteurs malveillants d'exploiter le système à leur avantage, peuvent justifier la restriction de l'accès à des personnes qualifiées et autorisées.

**6. Vérifiabilité** : les modèles, algorithmes, données et décisions devraient être enregistrés afin de pouvoir faire l'objet d'un contrôle en cas de soupçons qu'un préjudice a eu lieu.

**7. Validation et test** : les institutions devraient employer des méthodes rigoureuses pour valider leurs modèles et documenter ces méthodes et leurs résultats. Elles devraient en particulier effectuer régulièrement des tests d'analyse pour déterminer si le modèle utilisé produit des résultats discriminatoires. Les institutions sont encouragées à rendre publics les résultats de ces tests. »

135. En outre, on voit mal quelle autorité ou instance de régulation serait la mieux placée pour effectuer l'examen et la surveillance des algorithmes dans un but de transparence et de responsabilité. Et, dans l'éventualité où plusieurs organes participaient à ce travail, on peut se demander si, grâce à la coordination et à la collaboration, les régulateurs parviendraient à concilier les objectifs potentiellement conflictuels de différentes politiques. En effet, l'un des problèmes principaux que pose la régulation de l'économie numérique est précisément le fait que les entreprises en ligne opèrent à l'intersection de plusieurs régions du droit, qui concernent notamment la vie privée, la transparence, la protection des données, les droits de propriété intellectuelle, la protection des consommateurs et la concurrence. Cela exige par conséquent d'intervenir sous forme réglementaire dans plusieurs domaines de l'action publique (encadré 17), qui relèvent de nombreux organes différents<sup>103</sup>. En outre, nombre d'entreprises en ligne opèrent par-delà

les frontières nationales, ce qui crée une difficulté territoriale supplémentaire dans l'élaboration de la réglementation.

#### **Encadré 17. Responsabilité et « droit d'obtenir des informations » dans le RGPD européen<sup>104</sup>**

En avril 2016, le Parlement européen a adopté un ensemble détaillé de règles sur la collecte, le stockage et l'utilisation des données à caractère personnel : le Règlement général sur la protection des données (RGPD). Parmi les différentes mesures réglementaires adoptées, qui portent en particulier sur la protection des données, le RGPD affirme le droit des citoyens à chercher et recevoir une explication des décisions prises par des algorithmes, en particulier lorsqu'elles s'appuient sur des techniques de profilage (article 22). Les articles 13, 14 et 15 du RGPD (qui réglementent le droit d'accès dans certains cas spécifiques) disposent notamment que les individus ont le droit de connaître « l'existence d'une prise de décision automatisée, y compris un profilage, (...) et, au moins en pareils cas, des informations utiles concernant la logique sous-jacente, ainsi que l'importance et les conséquences prévues de ce traitement pour la personne concernée ».

Ce cadre réglementaire met en lumière l'importance que le législateur de l'UE accorde à la capacité des êtres humains d'interpréter les décisions prises par des algorithmes et signale clairement aux concepteurs d'algorithmes qu'ils doivent être en mesure de fournir une information sérieuse sur le processus logique inscrit dans l'algorithme. Cette forme de transparence et de responsabilité est associée au droit des individus « d'obtenir une intervention humaine » et d'exprimer leur point de vue s'ils souhaitent contester la décision prise par un algorithme. Le RGPD constitue un exemple de réglementation visant à assurer que les êtres humains puissent intervenir dans la prise de décision algorithmique et à promouvoir des modalités de conception des algorithmes garantissant la conformité avec le cadre réglementaire<sup>105</sup>.

#### **6.2.3. 6.2.3 Mesures réglementaires visant à empêcher l'entente algorithmique**

136. On ignore encore à ce stade s'il serait possible d'élaborer une réglementation pour empêcher les algorithmes d'apprentissage automatique de parvenir de manière autonome à une coordination tacite, au moins sans porter atteinte de quelque façon au processus concurrentiel. À la connaissance du Secrétariat, aucune proposition en ce sens n'est encore apparue dans les publications spécialisées sur la concurrence. Il n'existe pas non plus d'affaires ou d'enquêtes sur la concurrence incluant des éléments de preuve attestant d'une telle forme d'entente « virtuelle », ce qui rend problématique la mise en place d'une réglementation qui aurait pour but de prévenir les effets négatifs de conduites qui n'ont pas encore été observées.

137. Néanmoins, étant donné que l'entente entre des algorithmes d'apprentissage automatique est très difficile à détecter, et compte tenu aussi de la rapidité avec laquelle les marchés numériques ont évolué pendant les dernières années, il importe de chercher à anticiper le type de réglementation qui pourrait être envisagé à l'avenir si cette variété particulière d'entente devenait une réalité sur les marchés. Trois types potentiels d'intervention réglementaire, ainsi que les risques qu'ils pourraient poser pour la concurrence, sont examinés ci-dessous :

1. **Réglementation des prix** : les algorithmes pouvant aboutir à la fixation de prix anticoncurrentiels, même en l'absence de comportements classiques susceptibles

de constituer des « éléments incriminants » – par exemple, la communication ou l’envoi de signaux –, les décideurs pourraient être tentés de mettre en place une réglementation plafonnant les prix. Le plafonnement des prix, cependant, entrave de manière significative la concurrence et, dans la mesure du possible, une telle mesure devrait être remplacée par d’autres formes d’intervention plus efficaces<sup>106</sup>. En effet, la réglementation des prix, non seulement réduit l’incitation à innover ou à fournir des produits de haute qualité, mais elle peut aussi contribuer à l’augmentation des prix en créant un point focal pour l’entente au sein de marchés numériques qui, autrement, seraient concurrentiels.

2. **Mesures visant à rendre plus difficiles les ententes tacites :** les décideurs pourraient également envisager l’adoption de politiques visant à modifier les caractéristiques structurelles des marchés numériques qui sont les plus propices à l’entente<sup>107</sup>. Par exemple, pour réduire la transparence des marchés, ils pourraient être tentés de mettre en place des systèmes de remises secrètes ou de soumettre à des restrictions la publication d’informations en ligne ; de même, pour réduire la fréquence élevée des interactions dans les marchés numériques, ils pourraient imposer des délais d’ajustement des prix ou exiger des entreprises qu’elles maintiennent toute offre nouvelle pendant une période de temps minimum<sup>108</sup>. Malheureusement, il est probable que de telles mesures feraient peser de graves contraintes sur la concurrence, en réduisant la quantité d’informations auxquelles a accès le consommateur<sup>109</sup> et en empêchant l’ajustement efficace et rapide des prix en fonction de l’évolution de l’offre et de la demande.
3. **Normes régissant la conception des algorithmes :** enfin, les responsables de l’élaboration des politiques pourraient aussi envisager la définition de normes s’appliquant à la conception des algorithmes, par exemple en adaptant les trois lois de la robotique d’Asimov. Si le but est d’empêcher les entreprises de parvenir séparément à se coordonner en pratiquant des prix anticoncurrentiels, la réglementation pourrait interdire aux algorithmes de réagir à certains attributs particuliers ou à certaines variables du marché qui sont nécessaires pour le maintien de la coordination tacite<sup>110</sup>. Les algorithmes, par exemple, pourraient être programmés pour ne pas réagir à la plupart des changements de prix récents, ou bien pour ignorer les variations des prix de chaque entreprise, tout en prenant en compte les prix moyens du secteur. Une telle mesure restreindrait la capacité des firmes à mettre au point des algorithmes innovants mais ses incidences négatives sur la concurrence seraient probablement moindres que celles des deux formes d’intervention précédentes. D’un autre côté, réglementer la conception des algorithmes obligerait de confier à certains organes la tâche supplémentaire de contrôler le respect des normes par les entreprises.

138. Les trois types potentiels d’intervention réglementaire que nous venons d’examiner ne visent pas à orienter les politiques dans un sens particulier, mais simplement à établir un cadre pour la discussion et à alimenter les débats futurs. En effet, si l’action réglementaire doit s’efforcer de rendre les marchés moins propices aux ententes, les décideurs devront néanmoins s’avancer sur ce terrain avec prudence car l’introduction de nouvelles règles pourrait avoir de nombreuses conséquences imprévues qui risqueraient, en dernier ressort, de compromettre le bon fonctionnement des marchés numériques.

## 7.7. Conclusions

139. L'évolution récente de l'économie numérique remet en cause l'approche classique suivie par les autorités de réglementation et d'application de la loi pour protéger la concurrence, maintenir la confiance sur les marchés et promouvoir le bien-être social. Dans la plupart des discussions entre praticiens aujourd'hui, les préoccupations suscitées par l'intégration généralisée des algorithmes informatiques dans les modèles commerciaux modernes, ainsi que les risques, impossibles à sous-estimer, qui pourraient en résulter pour la concurrence, occupent une place de premier plan. Sans ignorer les avantages importants que les systèmes automatisés ont apportés à la société, ce document s'est efforcé de recentrer le débat sur l'impact potentiel des algorithmes du point de vue des ententes, en formulant quelques réponses préliminaires à l'intention des autorités de la concurrence, et en indiquant de nouveaux domaines de réflexion possibles à ce sujet.

140. Les algorithmes, comme on l'a vu, introduisent deux types de modifications susceptibles de compliquer l'investigation des comportements d'entente. Premièrement, les algorithmes modifient fondamentalement les conditions du marché en créant une grande transparence des prix et des interactions à haute fréquence, qui permettent aux entreprises de réagir rapidement et de façon agressive. Ces changements à l'intérieur des marchés numériques pourraient, poussés jusqu'à un certain point, faciliter le maintien de stratégies d'entente dans presque toutes les structures de marché. Deuxièmement, en fournissant aux entreprises de puissants mécanismes automatisés pour la surveillance des prix, la mise en œuvre de politiques communes, l'envoi de signaux de marché ou l'optimisation conjointe des profits grâce aux techniques d'apprentissage profond, les algorithmes permettent aux entreprises d'obtenir, par le biais de l'entente tacite, des résultats identiques à ceux d'une entente caractérisée de type classique.

141. Du point de vue de l'application du droit de la concurrence, il importe de distinguer les situations où des algorithmes sont utilisés par des concurrents comme outil auxiliaire d'un dispositif d'entente plus large tombant sous le coup des règles classiques de la concurrence interdisant les accords anticoncurrentiels de celles où des algorithmes permettent à des entreprises d'aligner leurs comportements commerciaux d'une manière qui ressemble beaucoup au parallélisme conscient, conduite qui n'est pas considérée comme illicite dans le droit de la concurrence. Le premier type de situations peut entraîner, pour les autorités de la concurrence, des difficultés dans la détection des pratiques anticoncurrentielles, la compréhension de la technologie employée et la collecte de preuves conformément aux normes légales en vigueur ; le second type de situations soulève des difficultés plus nombreuses puisque les règles actuelles concernant les accords anticoncurrentiels entre entreprises concurrentes ne permettent pas aux autorités d'intervenir.

142. Au vu de ces difficultés, plusieurs scénarios d'action s'offrent aux organes chargés de l'application du droit de la concurrence. Dans un premier temps, ils devront, en se servant de leurs outils traditionnels, réaliser des études de marché pour déterminer si l'entente algorithmique est un phénomène fréquent et, dans l'affirmative, sous quelles conditions et dans quels secteurs elle est susceptible de se produire. Dans un deuxième temps, en cas d'identification effective d'un problème de concurrence, ils pourront envisager d'adapter le contrôle des fusions afin de prendre en compte la manière dont les algorithmes facilitent la coordination, ou de mettre au point des mesures de type comportemental pour empêcher les entreprises d'utiliser des algorithmes à des fins d'entente. Enfin, au fur et à mesure que progressera le travail d'analyse, si celui-ci confirme de manière systématique que les algorithmes contribuent effectivement à

l'augmentation des prix par le biais d'une interdépendance assimilable à l'entente tacite, les décideurs pourront réfléchir à l'opportunité d'une révision approfondie pour prendre en compte le problème de l'entente algorithmique, notamment en réexaminant la notion d'« accord » ainsi que les dispositions légales en vigueur au sujet de l'entente tacite.

143. Les algorithmes pouvant être à l'origine de nombreuses autres défaillances du marché et affecter en profondeur la sélection et l'organisation de l'information dans le monde entier, certains analystes se préoccupent en plus en plus de la nécessité d'une réforme de la réglementation de l'économie numérique, dont la gouvernance a jusqu'ici été laissée au marché. Plusieurs approches réglementaires susceptibles d'être envisagées à l'avenir pour combattre l'entente algorithmique, à savoir la réglementation des prix, les mesures visant à rendre les ententes plus difficiles et les normes de conception des algorithmes, ont été évoquées dans ce document. Toutefois, à ce stade, la possibilité qu'une intervention réglementaire nuise gravement à la concurrence, en reléguant à l'arrière-plan ses avantages potentiels, reste source de préoccupations. Si la voie réglementaire est envisagée, les incidences sur la concurrence ne constitueront qu'un aspect de la discussion ; toutefois, il est souhaitable que d'autres considérations que le risque d'entente soient intégrées à cette discussion.

144. Étant donné le caractère pluridimensionnel des algorithmes, les politiques pertinentes devraient être élaborées conjointement par les autorités de la concurrence, les organes de protection des consommateurs, les agences de protection des données, les instances de régulation sectorielles pertinentes et les organisations d'informaticiens spécialistes de l'apprentissage profond. En conclusion, malgré les risques évidents que les algorithmes posent à la concurrence, il s'agit d'un domaine encore extrêmement complexe et incertain où aussi bien l'absence d'intervention qu'une réglementation excessive pourrait avoir un coût élevé pour la société, compte tenu en particulier des avantages potentiels que l'on peut attendre des algorithmes. Quelles que soient les mesures adoptées à l'avenir, elles devront résulter d'une démarche prudente et faire l'objet préalablement d'un travail d'analyse approfondi.

## 9. Notes

- <sup>1</sup> Voir Hickman (2013) et O’Neal (2016).
- <sup>2</sup> On trouvera le texte complet de cette lettre à : <https://futureoflife.org/ai-open-letter/>.
- <sup>3</sup> Pour une analyse de l’impact de l’innovation à partir des données sur la croissance et le bien-être, voir OCDE (2015a).
- <sup>4</sup> Voir OCDE (2016g).
- <sup>5</sup> Voir OCDE (2016e).
- <sup>6</sup> Voir OCDE (2016f).
- <sup>7</sup> Voir OCDE (2016a).
- <sup>8</sup> On ne peut exclure que les algorithmes aient un impact sur l’application du droit de la concurrence en dehors du domaine des ententes mais ce document traite uniquement des risques potentiels associés à l’utilisation des algorithmes et de l’IA pour coordonner le comportement commercial d’entreprises concurrentes.
- <sup>9</sup> Voir *Moschovakis (2001)*.
- <sup>10</sup> Voir *Swarup (2012)*.
- <sup>11</sup> Voir *Anitha et al. (2014)*.
- <sup>12</sup> Voir *LeCun et al. (2015)*.
- <sup>13</sup> Voir *Metz (2017)*.
- <sup>14</sup> Voir *Spice et Allen (2017)*.
- <sup>15</sup> Les entreprises utilisent souvent simultanément des algorithmes d’apprentissage profond et des algorithmes d’apprentissage automatique de type classique pour, à la fois, déterminer l’option la meilleure à adopter et connaître les caractéristiques pertinentes aux fins de la décision finale.
- <sup>16</sup> Voir *Foote (2017)*.
- <sup>17</sup> Voir *Hemsoth (2016)*.
- <sup>18</sup> Voir *O’Shea et al. (2016)*.
- <sup>19</sup> Voir *Anthony et al. (2016)*.
- <sup>20</sup> Voir *Nagesha et al. (2016)*.
- <sup>21</sup> Voir *Suryanita et al. (2016)*.
- <sup>22</sup> Voir *Lee et Teknomo (2016)*.
- <sup>23</sup> Voir *Er et Hushmat (2016)*.
- <sup>24</sup> Voir *Jones et al. (2016)*.
- <sup>25</sup> Voir *Hollis et al. (2016)*.
- <sup>26</sup> Voir *Odabas et al. (2016)*.
- <sup>27</sup> Voir *Brownlee (2016)*.
- <sup>28</sup> Voir *Rudin (2016)*.
- <sup>29</sup> Voir *Umamaheswari et al. (2016)*.

- <sup>30</sup> Pour plus de précisions sur les méthodes réactives (appliquées suite à une plainte ou dans le cadre d'un programme de clémence) et les méthodes proactives (appliquées sur l'initiative de l'autorité de la concurrence) de détection des manipulations d'appel d'offres, voir OCDE (2013) et Réseau international de la concurrence (2010).
- <sup>31</sup> Les algorithmes de filtrage reposent sur l'identification *structurelle*, c'est-à-dire l'analyse des caractéristiques des marchés et le repérage de ceux où les probabilités d'ententes sont les plus fortes, ou sur l'identification *comportementale*, c'est-à-dire l'analyse des conduites de marché pour déterminer si les actions des entreprises sont compatibles avec un comportement d'entente. Ces deux approches – structurelle et comportementale – sont l'une et l'autre utiles pour détecter les ententes et sont en fait complémentaires mais elles peuvent se heurter à des difficultés identiques, par exemple en cas d'absence de données suffisamment détaillées et validées pour pouvoir identifier les signes suspects. L'accès à des données exactes et pertinentes est indispensable à toutes les étapes de l'exercice de filtrage : de sa conception à sa mise en œuvre et jusqu'à l'interprétation des résultats. La disponibilité de l'information est un élément clé pour l'application d'une méthode empirique ; l'insuffisance des données expose le filtrage à un risque d'échec grave. Pour plus de précisions sur les filtres structurels et comportementaux, voir OCDE (2013).
- <sup>32</sup> Voir la soumission de la Corée à la Table ronde sur les enquêtes d'office relative aux ententes, disponible à : <http://www.oecd.org/daf/competition/exofficio-cartel-investigation-2013.pdf>, ainsi que le Rapport au Conseil de l'OCDE sur la mise en œuvre de la Recommandation du Conseil sur la lutte contre les soumissions concertées dans les marchés publics [C(2016)10].
- <sup>33</sup> Voir OCDE (2016e), OCDE (2016f) and OCDE (2016g).
- <sup>34</sup> Voir OCDE (2015a).
- <sup>35</sup> Voir Ralph (2017).
- <sup>36</sup> Voir Ralph (2017).
- <sup>37</sup> Pour plus de précisions sur le modèle d'entreprise de *Lemonade*, voir le site web de la société : <https://www.lemonade.com/faq#service>.
- <sup>38</sup> Voir Schumpeter (2016).
- <sup>39</sup> Voir Chawla *et al.* (2007)
- <sup>40</sup> Voir Weiss et Mehrotra (2001)
- <sup>41</sup> Voir Chen *et al.* (2016).
- <sup>42</sup> Voir OCDE (2016a) et OCDE (2016b).
- <sup>43</sup> Voir OCDE (2016b).
- <sup>44</sup> Voir Financial Conduct Authority, Price Comparison Website : Consumer Market Research 7 (juin 2014), réalisé par Atticus Market Research Consultancy, <https://www.fca.org.uk/publication/research/price-comparison-website-consumer-research.pdf>.
- <sup>45</sup> *Ibid.* p. 7.
- <sup>46</sup> Bien qu'une grande quantité d'information soit accessible en ligne, la consultation de cette information entraîne des coûts de recherche et les consommateurs souffrent aussi parfois d'un excès d'information. Sur la capacité limitée des consommateurs à traiter une quantité d'information excessive et les raisons pour lesquelles les intermédiaires en matière d'information ne sont pas toujours la meilleure réponse aux asymétries informationnelles, voir Armstrong (2008).

- <sup>47</sup> Pour les définitions courantes de l'entente, voir OCDE (1993), O'Sullivan et Sheffrin (2003) et Green *et al.* (2013).
- <sup>48</sup> L'entente entre firmes peut porter sur diverses variables concurrentielles. Dans la plupart des cas, la coordination consiste à maintenir les prix au-dessus du niveau concurrentiel mais elle peut aussi avoir pour but de limiter la production ou les investissements de capacité. Les entreprises peuvent aussi se diviser le marché (par exemple, par aire géographique ou type de consommateurs) ou coordonner leurs soumissions en vue de l'obtention de contrats sur les marchés passés par adjudication. Dans les définitions classiques de l'entente, les accords qui sont essentiellement proconcurrentiels, comme certains accords verticaux ou les partenariats de R-D, ne sont généralement pas pris en compte. Voir OCDE (2012b) et OCDE (2015b).
- <sup>49</sup> Voir Green *et al.* (2013), Harrington (2012), Ivaldi *et al.* (2003), Tirole (2002), Posner (2001) et Turner (1962).
- <sup>50</sup> Le rôle de la transparence en tant que facteur pertinent dans la genèse des ententes est examiné plus en détail in Ezrachi et Stucke (2016), Whish et Bailey (2012), OCDE (2012b), OCDE (2010), Ivaldi *et al.* (2003) et Stigler (1964).
- <sup>51</sup> Le « problème des oligopoles » a suscité un large débat sur la nécessité ou non pour la politique de la concurrence de se préoccuper des ententes tacites. Ce problème sera abordé plus loin dans ce document (chapitre 5) lorsque nous examinerons les défis associés aux algorithmes pour l'application du droit de la concurrence. Voir aussi OCDE (2015b).
- <sup>52</sup> Voir OCDE (2007).
- <sup>53</sup> Les facteurs pertinents au regard des ententes sont examinés, par exemple, in Ivaldi *et al.* (2003), Levenstein et Suslow (2006), OFT (2005), Canoy *et al.* (2004), Jacquemin et Slade (1989) et Stigler (1964).
- <sup>54</sup> Voir Kirilenko *et al.* (2010).
- <sup>55</sup> Voir CFTC et SEC (2010).
- <sup>56</sup> Voir CFTC et SEC (2010).
- <sup>57</sup> Voir Brush *et al.* (2015).
- <sup>58</sup> Voir DoJ (2015b).
- <sup>59</sup> Voir Stafford et Croft (2016).
- <sup>60</sup> Pour une description détaillée d'autres scénarios d'entente où les algorithmes peuvent jouer des rôles similaires à ceux identifiés ici, voir Ezrachi et Stucke (2016).
- <sup>61</sup> Voir Yilmazkuday et Yilmazkuday (2016) et Haucap *et al.* (2015).
- <sup>62</sup> Voir IEC (2014).
- <sup>63</sup> Voir Chen *et al.* (2016).
- <sup>64</sup> Voir Ezrachi et Stucke (2015).
- <sup>65</sup> Ce type de stratégie est utilisé non seulement dans les situations assez complexes impliquant à la fois des produits différenciés et des firmes hétérogènes mais aussi dans les situations de marché plus simples et homogènes où des entreprises s'efforcent d'atteindre la coordination.
- <sup>66</sup> In Re : High Fructose Corn Syrup Antitrust Litigation, Appeal of A & W Bottling Inc. et al., United States Court of Appeals, Seventh Circuit, 295 F3d 651, 2002, p. 2.
- <sup>67</sup> Voir OCDE (2012).

- <sup>68</sup> Voir Harrington et Zhao (2012).
- <sup>69</sup> Cet encadré est tiré de : OCDE (2016a).
- <sup>70</sup> *United States v. Airline Tariff Publishing Co.*, 1994-2 Trade Cas. (CCH) ¶70,687 (D.D.C. 10 août 1994).
- <sup>71</sup> Voir OCDE (2007).
- <sup>72</sup> Pour plus de détails, voir Mehra (2015), Ezrachi et Stucke (2015 et 2017), et Graef (2016).
- <sup>73</sup> La détection peut être très difficile en pratique car les autorités de la concurrence ne sont pas en mesure de déterminer si un prix particulier est le résultat « naturel » de la dynamique du marché ou bien s'il a été « artificiellement » produit ou gonflé par des algorithmes. Ezrachi et Stucke (2017) indiquent que, pour améliorer la détection, les organes ou régulateurs compétents devraient réaliser des contrôles spécifiques pour « déterminer si un algorithme a été conçu en vue de modifier la dynamique du marché. Cette approche serait essentiellement comparable au contrôle *ex ante* des concentrations puisqu'il s'agirait d'analyser si une action proposée peut nuire à la structure concurrentielle du marché. Pour ce faire, les algorithmes seraient activés dans un 'bac à sable' où leurs effets seraient observés et analysés ». Néanmoins, les auteurs reconnaissent les difficultés que poserait le contrôle des algorithmes, en premier lieu à cause du nombre des algorithmes qu'il serait nécessaire d'examiner et ensuite à cause du niveau d'expertise technique requis pour en comprendre le fonctionnement et les effets. Les autorités de la concurrence ne sont pas actuellement capables d'effectuer ce travail d'analyse, tout particulièrement en ce qui concerne les algorithmes d'apprentissage profond.
- <sup>74</sup> Mehra (2015) déclare que les inquiétudes que suscite l'utilisation des algorithmes pour la concurrence ne peuvent être simplement ramenées au problème des oligopoles, car ce problème est en fait aggravé dans la mesure où chaque entreprise est incitée à porter les prix au-dessus du niveau concurrentiel en l'absence de toute coordination, ce qui peut également favoriser le maintien de cette décision à long terme. Il mentionne à l'appui de cette thèse un certain nombre d'éléments : la plus grande précision que permettent les algorithmes dans la détection des changements de prix ; le fait que, l'interaction humaine étant réduite au minimum, l'élément d'irrationalité disparaît, ce qui réduit la possibilité que le système d'entente soit remis en cause par erreur ; et, grâce à la collecte et au traitement de données massives, la détection plus facile des baisses de prix, qui réduit aussi la possibilité d'une guerre des prix.
- <sup>75</sup> Voir Whish et Bailey (2012).
- <sup>76</sup> Pour une discussion générale de la politique de la concurrence sur les marchés oligopolistiques, voir OCDE (2015b).
- <sup>77</sup> Voir Potters et Suetens (2013).
- <sup>78</sup> Outre qu'ils renforcent la stabilité interne des marchés du fait de l'interaction stratégique entre les entreprises en place, les algorithmes peuvent également garantir la stabilité externe, en empêchant de nouveaux acteurs potentiels d'entrer sur le marché. Des entreprises de connivence peuvent utiliser des algorithmes pour appliquer instantanément des mesures d'éviction à l'égard de nouveaux concurrents, en éliminant ainsi le risque d'entrée sur le marché, qui constitue le danger principal pour le maintien d'une entente.
- <sup>79</sup> Le débat sur la définition la plus pertinente de la notion d'« accord » aux fins de l'application du droit de la concurrence est en effet ancien. Aux États-Unis, par exemple, ce débat renvoie aux arguments développés par Posner et Turner pendant les années 60. Posner (1968) était favorable à une interprétation large de la notion d'accord afin d'y inclure la fixation conjointe des prix par des oligopoles interdépendants, y compris en l'absence d'un

accord au sens ordinaire du terme. Turner (1962), tout en reconnaissant que l'application du terme d'« accord » ne pouvait être restreinte aux accords explicites de type classique, rejetait l'approche de Posner en faisant valoir qu'il serait problématique de sanctionner des entreprises interdépendantes pour fixation oligopolistique des prix car, dans un secteur compétitif, ces entreprises ne font qu'optimiser rationnellement leurs prix conformément aux réalités du marché.

- <sup>80</sup> Voir Hay (2013).
- <sup>81</sup> Arrêt *Bayer AG/ Commission*, T-41/96 [2000] ECR II-3383, par. 173.
- <sup>82</sup> *Interstate Circuit Inc v. United States*, 306 US 208, 810 (1939) ; *Am. Tobacco Co. v. United States*, 328 U.S. 781, 809-810 (1946), p. 810.
- <sup>83</sup> *Monsanto Co. v. Spray- Rite Serv. Corp.*, 465 U.S. 752, 768 (1984) ; In Re : Flat Glass, 385 F.3d, p. 357.
- <sup>84</sup> Voir *Aircraft Cheque Services et al. v. Verizon Wireless et al.*, n° 14-2301 (7th Cir. 2015).
- <sup>85</sup> Voir *FTC v. Sperry & Hutchinson Co.*, 405 US 233 (1972) (Cet arrêt conclut que la loi, le contexte législatif et la jurisprudence autorisent la Commission à désigner et interdire, au titre de l'article 5, une pratique concurrentielle déloyale, même si cette pratique n'est pas contraire à la lettre ou à l'esprit du droit de la concurrence) ; et *FTC v. Indiana Federation of Dentists*, 476 US 447 (1986) (« La norme de 'déloyauté' figurant dans la loi sur la FTC est nécessairement de portée étendue car elle englobe non seulement les pratiques allant à l'encontre de la loi Sherman et des autres lois antitrust (...) mais aussi les pratiques que la Commission juge contraires aux politiques publiques pour d'autres raisons »).
- <sup>86</sup> Voir OCDE (2015b), qui note également que, l'article 5 pouvant être invoqué uniquement par la FTC, un organe administratif spécialisé, cela limite la possibilité des recours collectifs et des demandes de dommages-intérêts au triple, procédures lourdes propres aux litiges privés dans le domaine de la concurrence. Dans les affaires initiées uniquement au titre de l'article 5 (c'est-à-dire les affaires où n'est alléguée aucune violation des autres lois antitrust), la FTC a généralement limité son intervention à empêcher toute répétition de la conduite en cause (par exemple, en interdisant toute nouvelle communication unilatérale du type jugé problématique) au lieu de chercher à obtenir des dommages-intérêts ou des mesures punitives.
- <sup>87</sup> Voir, par exemple, *Ethyl Corp v. FTC*, 729 F.2d 128, 136 (2d Cir. 1984) (« Le Congrès, lors de la rédaction de l'article 5, n'a pas cherché à définir spécifiquement les méthodes et les pratiques nuisibles à la concurrence et a rejeté la proposition d'y inclure une liste détaillée des pratiques prohibées en faisant valoir que les pratiques à définir seraient trop nombreuses et que beaucoup d'autres pratiques encore impossibles à imaginer ne manqueraient pas d'être créées à l'avenir par des esprits commerciaux inventifs. »)
- <sup>88</sup> Voir Ezrachi et Stucke (2017).
- <sup>89</sup> Une norme de responsabilité rigoureuse – selon laquelle, par exemple, une entreprise serait *responsable dans tous les cas* de ce que font ses algorithmes – pourrait avoir des effets contre-productifs (ou même dissuasifs) sur l'incitation à mettre au point de nouveaux algorithmes plus performants qui, comme on le sait, sont importants pour promouvoir l'innovation et jouent un rôle croissant dans la société moderne. D'un autre côté, une norme rigoureuse inciterait certainement les concepteurs et les utilisateurs d'algorithmes à mieux comprendre leur fonctionnement, en particulier celui des algorithmes d'apprentissage profond, et à y introduire des sauvegardes pour empêcher qu'ils n'aboutissent à des résultats anticoncurrentiels. C'est l'approche que semble suggérer implicitement Vestager (2017) : « (...) les entreprises doivent aussi savoir que, dès

qu'elles décident d'utiliser un système automatisé, elles portent la responsabilité de ses actions. Elles ont donc intérêt à savoir comment ce système fonctionne ».

- <sup>90</sup> Selon OCDE (2016d), les études de marché et les enquêtes sectorielles sont utiles pour comprendre la dynamique du marché et promouvoir la concurrence. Les études de marché servent principalement à évaluer l'état des marchés et les conditions de la concurrence. Elles sont considérées surtout comme un outil de plaidoyer, pour formuler des recommandations d'ajustement de la loi ou de la réglementation, ou comme un outil préalable à une intervention, lorsqu'elles révèlent des obstacles à la concurrence de nature comportementale.
- <sup>91</sup> Voir Commission européenne (2017).
- <sup>92</sup> Voir OCDE (2011a) et OCDE (2016i).
- <sup>93</sup> Voir, par exemple, Miller (2016), *The Economist* (2016) et Teffer (2016).
- <sup>94</sup> Voir Patterson (2013).
- <sup>95</sup> Voir Sunstein (2009).
- <sup>96</sup> Voir Pariser (2011).
- <sup>97</sup> Voir Bar-Ilan (2007).
- <sup>98</sup> Voir Helft et Wortham (2010).
- <sup>99</sup> Voir Quinn (2014).
- <sup>100</sup> Voir Sandvig *et al.* (2014).
- <sup>101</sup> Voir OCDE (2016a).
- <sup>102</sup> Extrait d'USACM (2017).
- <sup>103</sup> Voir Strowel et Vergote (2016).
- <sup>104</sup> Voir Règlement 2016/679 relatif à la protection des personnes physiques à l'égard du traitement des données à caractère personnel et à la libre circulation de ces données, et abrogeant la Directive 95/46/CE (Règlement général sur la protection des données), OJ L 119/1, 4 mai 2016.
- <sup>105</sup> Voir Goodman et Flaxman (2016).
- <sup>106</sup> Pour une analyse plus détaillée des obstacles à la concurrence résultant de la réglementation des prix, voir paragraphe B1 de la liste de contrôle du Manuel pour l'évaluation d'impact de la concurrence (OCDE, 2016c).
- <sup>107</sup> Comme on l'a vu dans la section 4.2, l'entente sur les marchés numériques peut être facilitée par la transparence du marché et par la fréquence élevée des interactions.
- <sup>108</sup> Voir Ezrahi et Stucke (2017).
- <sup>109</sup> Pour plus de précisions sur les restrictions qui limitent le choix et l'information accessible aux consommateurs, voir paragraphe D de la liste de contrôle du Manuel pour l'évaluation d'impact de la concurrence (OCDE, 2016c).
- <sup>110</sup> D'après Vestager (2017) : « Ce que les entreprises peuvent et doivent faire est d'intégrer les normes du droit de la concurrence dans la conception même des algorithmes. Cela veut dire que les algorithmes de calcul des prix doivent être construits d'une manière qui rende impossible toute entente entre eux. Comme une version mieux policée de l'ordinateur Hal dans le film *2001*, il faut qu'ils apprennent à répondre à toute offre d'entente en disant : "Je suis désolé. J'ai bien peur que cela ne soit pas possible" ».

## 10. Références

- Agerholm, H. (2016), « Angela Merkel says internet search engines are ‘distorting perception’ and algorithms should be revealed », *The Independent*, <http://www.independent.co.uk/news/angela-merkel-says-internet-search-engines-endangering-debate-algorithms-should-be-revealed-a7383811.html>.
- Agrawal, A. et D. Jaiswal (2012), « When Machine Learning Meets AI and Game Theory », CS 229 Machine Learning Final Project, voir : <http://cs229.stanford.edu/proj2012/AgrawalJaiswal-WhenMachineLearningMeetsAIandGameTheory.pdf>.
- Akhgar B., P. Saskia Bayerl et F. Sampson (2016), « Open Source Intelligence Investigation: From Strategy to Implementation », Springer.
- Anitha, P., G. Krithka et M. D. Choudhry (2014), « Machine Learning Techniques for learning features of any kind of data: A Case Study », *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, vol. 3, n° 12, pp. 4324-4331, <http://ijarcet.org/wp-content/uploads/IJARCET-VOL-3-ISSUE-12-4324-4331.pdf>.
- Anthony, J., K. McGuinness, N. E O Conner et K. Moran (2016), « Quantifying Radiographic Knee Osteoarthritis Severity using Deep Convolutional Neural Networks », CS229 Final Report, <http://cs229.stanford.edu/proj2016/report/SureshaDalalMahajan-Automatically%20Quantifying%20Radiographic%20Knee%20Osteoarthritis%20Severity-report.pdf>.
- Autorité de la Concurrence et Bundeskartellamt (2016), *Competition Law and Data*, 10 mai 2016, [http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Big%20Data%20Papier.pdf?\\_\\_blob=publ](http://www.bundeskartellamt.de/SharedDocs/Publikation/DE/Berichte/Big%20Data%20Papier.pdf?__blob=publ).
- Axelrod, R. (1984), « The Evolution of Cooperation », Basic Books, Inc., New York.
- Bar-Ilan, J. (2007), « Google Bombing from a Time Perspective », *Journal of Computer-Mediated Communication*, vol. 12, n° 3, pp. 910-938, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1083-6101.2007.00356.x/full>.
- Borenstein, S. (1999), « Rapid Price Communication and Coordination: The Airline Tariff Publishing Case », dans J. E. Kwoka Jr. et L. J. White (dir. pub), *The Antitrust Revolution: Economics, Competition and Policy*, Oxford University Press, New York, pp. 310-328, [http://global.oup.com/us/companion.websites/fdscontent/uscompanion/us/pdf/kwoka/9780195322972\\_09.pdf](http://global.oup.com/us/companion.websites/fdscontent/uscompanion/us/pdf/kwoka/9780195322972_09.pdf).
- Brown, N. et T. Sandholm (2017), « Safe and Nested Endgame Solving for Imperfect-Information Games », Proceedings of the AAAI Workshop on Computer Poker and Imperfect Information Games, <http://www.cs.cmu.edu/~sandholm/safeAndNested.aaa17WS.pdf>.
- Brownlee, J. (2016), « 8 Inspirational Applications of Deep Learning », Machine Learning Mastery, <http://machinelearningmastery.com/inspirational-applications-deep-learning/>.

- Brush, S., T. Schoenberg et S. Ring (2015), « How a Mystery Trader with an Algorithm May Have Caused the Flash Crash », Bloomberg, <https://www.bloomberg.com/news/articles/2015-04-22/mystery-trader-armed-with-algorithms-rewrites-flash-crash-story>.
- Canoy, M., P. Rey et E. van Damme (2004), « Dominance and Monopolization », dans M. Neumann et J. Weigand (dir. pub.), *The International Handbook of Competition*, Edward Elgar Publishing, Royaume-Uni.
- CFTC et SEC (2010), « Findings Regarding the Market Events of May 6, 2010 », Report of the Staffs of the CFTC and SEC to the Joint Advisory Committee on Emerging Regulatory Issues, <https://www.sec.gov/news/studies/2010/marketevents-report.pdf>.
- Chawla, S., J. D. Hartline et R. Kleinberg (2007), « Algorithmic Pricing via Virtual Valuations », <http://users.eecs.northwestern.edu/~hartline/papers/bayesian-pricing-EC-07.pdf>.
- Chen, L., A. Mislove et C. Wilson (2016), « An Empirical Analysis of Algorithmic Pricing on Amazon Marketplace », actes de la 25<sup>e</sup> conférence internationale sur le World Wide Web, pp. 1339-1349, <http://www.ccs.neu.edu/home/amislove/publications/Amazon-WWW.pdf>.
- DoJ (2015a), « Former E-Commerce Executive Charged with Price Fixing in the Antitrust Division's First Online Marketplace Prosecution », *Justice News of the US Department of Justice*, Office of Public Affairs, <https://www.justice.gov/opa/pr/former-e-commerce-executive-charged-price-fixing-antitrust-divisions-first-online-marketplace>.
- DoJ (2015b), « Futures Trader Charged with Illegally Manipulating Stock Market, Contributing to the May 2010 Market 'Flash Crash' », *Justice News*, <https://www.justice.gov/opa/pr/futures-trader-charged-illegally-manipulating-stock-market-contributing-may-2010-market-flash>.
- Domingos, P. (2016), « Pedro Domingos on Machine Learning and the Master Algorithm », EconTalk Episode hosted by Russ Roberts, [http://www.econtalk.org/archives/2016/05/pedro\\_domingos.html](http://www.econtalk.org/archives/2016/05/pedro_domingos.html).
- Dong, Y.F., S. Kanhere, C. T. Chou et N. Bulusu (2008), « Automatic Collection of Fuel Prices from a Network of Mobile Cameras », dans S. E. Nikolettseas, B. S. Chlebus, D. B. Johnson et B. Krishnamachari (dir. pub.), *Distributed Computing in Sensor Systems*, Lecture Notes in Computer Science, vol. 5067, Springer, Berlin, Heidelberg, <http://www.cse.unsw.edu.au/~ctchou/papers/dong-dcross08.pdf>.
- Er, H. et A. Hushmat (2016), « The Application of Technical Trading Rules Developed from Spot Market Prices on Futures Market Prices Using CAPM », *Eurasian Business Review*, pp. 1-41, <http://link.springer.com/article/10.1007/s40821-016-0056-2>.
- Ezrachi, A. (2015), « The Competitive Effects of Parity Clauses on Online Commerce », *Oxford Legal Studies Research Paper* n° 55/2015, <https://ssrn.com/abstract=2672541>.
- Ezrachi, A. et M. E. Stucke (2016), « Virtual Competition: The Promise and Perils of the Algorithm-Driven Economy », Harvard University Press, Etats-Unis.
- Ezrachi, A. et M. E. Stucke (2017), « Two Artificial Neural Networks Meet in an Online Hub and Change the Future (of Competition, Market Dynamics and Society) », SSRN paper, [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2949434](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2949434).

- Commission européenne (2017), « Rapport final relatif à l'enquête sectorielle sur le commerce électronique », 10 mai 2017, COM(2017) 229 final, [http://ec.europa.eu/competition/antitrust/sector\\_inquiry\\_final\\_report\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/competition/antitrust/sector_inquiry_final_report_en.pdf).
- Foote, K. D. (2017), « A Brief History of Deep Learning », Dataversity Education, <http://www.dataversity.net/brief-history-deep-learning/>.
- Gal, Michal S. et N. Elkin-Koren (2017), « Algorithmic Consumers », *Harvard Journal of Law and Technology*, vol. 30, <https://ssrn.com/abstract=2876201>.
- Gawer, A. (2016), « Competition Policy and Regulatory Reforms for Big Data: Propositions to Harness the Power of Big Data While Curbing Platforms' Abuse of Dominance », note soumise à l'audition sur les données massives de la 126<sup>e</sup> réunion du Comité de la concurrence de l'OCDE, DAF/COMP/WD(2016)74, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WD\(2016\)74/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WD(2016)74/en/pdf).
- Goodfellow, I., Y. Bengio et A. Courville (2016), « Deep Learning », MIT Press, <http://www.deeplearningbook.org/>.
- Goodman, B. et S. Flaxman (2016), « European Union regulations on algorithmic decision-making and a 'right to explanation' », 2016 ICML Workshop on Human Interpretability in Machine Learning, New York, <https://www.arxiv.org/pdf/1606.08813v2.pdf>.
- Graef, I. (2016), « Algorithmic Price Fixing Under EU Competition Law: How to Crack Robot Cartels? », Centre for IT & IP Law, <https://www.law.kuleuven.be/citip/blog/algorithmic-price-fixing-under-eu-competition-law-how-to-crack-robot-cartels/>.
- Green, E. J., R. C. Marshall et L. M. Marx (2013), « Tacit Collusion in Oligopoly », dans R. D. Blair et D. D. Sokol (dir. pub.), *The Oxford Handbook of International Antitrust Economics*, vol. 2, chapitre 19, pp. 464-497, Oxford University Press, <https://faculty.fuqua.duke.edu/~marx/bio/papers/tacitcollusion.pdf>.
- Harrington Jr., J. E. (2012), « A Theory of Tacit Collusion », Economic Working Paper, The John Hopkins University, [http://www.tse-fr.eu/sites/default/files/medias/stories/SEMIN\\_11\\_12/ECONOMIC\\_THEORY/harrington.pdf](http://www.tse-fr.eu/sites/default/files/medias/stories/SEMIN_11_12/ECONOMIC_THEORY/harrington.pdf).
- Haucap, J., U. Heimeshoff et M. Siekmann (2015), « Price Dispersion and Station Heterogeneity on German Retail Gasoline Markets », DICE Discussion Paper n° 171, <https://www.econstor.eu/handle/10419/106709>.
- Hay, G. (2013), « Anti-competitive Agreements: The Meaning of 'Agreement' », Cornell Law Faculty Working Paper n° 105, [http://scholarship.law.cornell.edu/clsops\\_papers/105](http://scholarship.law.cornell.edu/clsops_papers/105).
- Helft, M. et J. Wortham (2010), « Facebook Bows to Pressure Over Privacy », *New York Times*, New York, <http://www.nytimes.com/2010/05/27/technology/27facebook.html>.
- Hemsoth, N. (2016), « The Next Wave of Deep Learning Applications », The Next Platform, <https://www.nextplatform.com/2016/09/14/next-wave-deep-learning-applications/>.
- Henderson, P., S. Crouch, Walters R.J. et Q. Ni (2003), « Comparison of Some Negotiation Algorithms Using a Tournament-Based Approach », dans J. G. Carbonell, J. Siekmann, R. Kowalczyk, J.P. Müller, H. Tianfield et R. Unland (dir. pub.), *Agent Technologies, Infrastructures, Tools, and*

- Applications for E-Services, Lecture Notes in Computer Science*, vol. 2592, Springer, Berlin, Heidelberg.
- Hickman, L. (2013), « How Algorithm Rule the World », *The Guardian*, <https://www.theguardian.com/science/2013/jul/01/how-algorithms-rule-world-nsa>.
- Hingston, P. et G. Kendall (2004), « Learning Versus Evolution in Iterated Prisoner's Dilemma », dans *Proceedings of the Congress on Evolutionary Computation (CEC'04)*, <http://www.cs.nott.ac.uk/~pszgxk/papers/cec2004ph.pdf>.
- Hollis, D. J., D. Edgington et D. Cline (2016), « Automated Detection of Deep-Sea Animals », *Digital Commons*, <http://digitalcommons.calpoly.edu/star/370/>.
- IEC (2014), « Internet of Things: Wireless Sensor Networks », White Paper of the International Electrotechnical Commission, <http://www.iec.ch/whitepaper/pdf/iecWP-internetofthings-LR-en.pdf>.
- International Competition Network (2010), *Anti-cartel Enforcement Manual*, Chapter 4 - Cartel Case Initiation, at <http://www.internationalcompetitionnetwork.org/uploads/library/doc628.pdf>.
- Ivaldi, M., B. Jullien, P. Rey, P. Seabright et J. Tirole (2003), « The Economics of Tacit Collusion », rapport final pour la DG Concurrence, Commission européenne, [http://ec.europa.eu/competition/mergers/studies\\_reports/the\\_economics\\_of\\_tacit\\_collusion\\_en.pdf](http://ec.europa.eu/competition/mergers/studies_reports/the_economics_of_tacit_collusion_en.pdf).
- Jacquemin, A. et M. E. Slade (1989), « Cartels, Collusion, and Horizontal Merger », dans R. Schmalensee et R. Willig (dir. pub), *Handbook of Industrial Organization*, vol. 1, chapitre 7, pp. 415-473, Elsevier.
- Jones, S., D. Johnstone et R. Wilson (2016), « Predicting Corporate Bankruptcy: An Evaluation of Alternative Statistical Frameworks », *Journal of Business Finance & Accounting*, vol. 44, n° 1-2, pp. 3-34, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jbfa.12218/full>.
- Jr., J. E. et W. Zhao (2012), « Signaling and Tacit Collusion in an Infinitely Repeated Prisoners' Dilemma », *Mathematical Social Sciences*, Vol. 64, pp. 277-289, <http://assets.wharton.upenn.edu/~harrij/pdf/mss12.pdf>.
- Kaplow, L. (2011), « On the Meaning of Horizontal Agreements in Competition Law », *California Law Review*, vol. 99, n° 3, pp. 683-818, [https://www.jstor.org/stable/23014697?seq=1 - page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/23014697?seq=1-page_scan_tab_contents).
- Kirilenko, A., A. S. Kyle, M. Samadi et T. Tuzun (2017), « The Flash Crash: The Impact of High Frequency Trading on the Electronic Market », *Journal of Finance*, à paraître, <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/jofi.12498/abstract>.
- LeCun, Y., Y. Bengio et G. Hinton (2015), « Deep Learning », *Nature*, vol. 521, pp. 436-444, <https://www.cs.toronto.edu/~hinton/absps/NatureDeepReview.pdf>.
- Lee, J. B. et K. Taknomo (2016), « Comparison of several short-term traffic speed forecasting models », arXiv:1609.02409v1, <https://arxiv.org/abs/1609.02409v1>.

- Levenstein, M. C. et V. Y. Suslow (2006), « What Determines Cartel Success? », *Journal of Economic Literature*, vol. 44, n°1, pp. 43-95,  
[https://www.jstor.org/stable/30032296?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/30032296?seq=1#page_scan_tab_contents).
- Love, J. (2015), « Technology is Out of Your Control and Why You Should Celebrate », *IT World Canada*, dernière consultation le 15 juillet 2017,  
<http://www.itworldcanada.com/article/technology-is-out-of-your-control-and-why-you-should-celebrate/377563>.
- Mehra, S. K. (2015), « Antitrust and the Robo-Seller: Competition in the Time of Algorithms », *Minnesota. Law Review*, vol. 100, [http://www.minnesotalawreview.org/wp-content/uploads/2016/04/Mehra\\_ONLINEPDF1.pdf](http://www.minnesotalawreview.org/wp-content/uploads/2016/04/Mehra_ONLINEPDF1.pdf).
- Metz, C. (2017) « Artificial Intelligence Is About to Conquer Poker—But Not Without Human Help », *WIRED*, consulté le 24 janvier 2017, <https://www.wired.com/2017/01/ai-conquer-poker-not-without-human-help/>.
- Miller, M. J. (2016), « Techonomy: Should Internet Giants Be Regulated? », *PC Magazine*,  
<http://www.pcmag.com/article/349736/techonomy-should-the-internet-giants-be-regulated>.
- Moschovakis, Y. N. (2001), « What is an Algorithm? », dans B. Engquist et W. Schmid (dir. pub), *Mathematics Unlimited — 2001 and Beyond*, Springer, pp. 919–936 (partie II),  
<http://www.cs.cmu.edu/~cdm/pdf/Moschovakis01.pdf>.
- Moujahid, A. (2016), « A Practical Introduction to Deep Learning with Caffe and Python »,  
<http://adilmoujahid.com/posts/2016/06/introduction-deep-learning-python-caffe/>.
- Nagesha, K. V., K. R. Chandar et V. R. Sastry (2016), « Prediction of Dust Dispersion by Drilling Operation Using Artificial Neural Networks », *International Journal of Prevention and Control of Industrial Pollution*, vol. 1, n° 2, pp. 1-13,  
<http://chemical.journalspub.info/index.php/JPCIP/article/view/78>.
- O’Neal, C. (2016), « How Algorithms Rule our Working Live », *The Guardian*,  
<https://www.theguardian.com/science/2016/sep/01/how-algorithms-rule-our-working-lives>.
- O’Shea, K., S. Reid, G. Condous et C. Lu (2016), « Deep neural networks for predicting pouch of Douglas obliteration based on transvaginal ultrasound sliding sign videos », *Ultrasound in Obstetrics & Gynecology*, vol. 48, n° S1, p. 381,  
<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/uog.17163/full>.
- O’Sullivan, A. et S. M. Sheffrin (2003), *Economics: Principles in Action*, Upper Saddle River, New Jersey.
- Odabas, M. S., N. Senyer, G. Kayhan et E. Ergun (2016), « Estimation of Chlorophyll Concentration Index at Leaves using Artificial Neural Networks », *Journal of Circuits, Systems and Computers*, vol. 26, n° 2, <http://www.worldscientific.com/doi/abs/10.1142/S0218126617500268>.
- OCDE (2015a), *Data-Driven Innovation: Big Data for Growth and Well-Being*, Éditions OCDE, Paris, DOI: <http://dx.doi.org/10.1787/9789264229358-en>.

- OCDE (2015b), « Roundtable on Competition Enforcement in Oligopolistic Markets », DAF/COMP(2015)2, [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP\(2015\)2&docLanguage=En](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP(2015)2&docLanguage=En).
- OCDE (2016a), « Données massives : Adapter la politique de la concurrence à l'ère du numérique », DAF/COMP(2016)14, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2016\)14/fr/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2016)14/fr/pdf).
- OCDE (2016b), « Discrimination par les prix », DAF/COMP(2016)15, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2016\)15/fr/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2016)15/fr/pdf).
- OCDE (2016c), *Manuel pour l'évaluation d'impact de la concurrence, Volume I: Principes*, OCDE, Paris, [http://www.oecd.org/daf/competition/FRENCH%20-%20Principles%20-%20WEB\\_REV.pdf](http://www.oecd.org/daf/competition/FRENCH%20-%20Principles%20-%20WEB_REV.pdf).
- OCDE (2016d), « Le rôle des études de marché en tant qu'instrument de promotion de la concurrence », DAF/COMP/GF(2016)4, <http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=daf/comp/gf%282016%294&doclanguage=fr>.
- OCDE (2016e), « Concurrence et innovation dans les transports terrestres », DAF/COMP/WP2(2016)6, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WP2\(2016\)6/fr/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/WP2(2016)6/fr/pdf).
- OCDE (2016f), « Protéger et promouvoir la concurrence en réponse aux innovations « de rupture » dans les services juridiques », DAF/COMP/WP2(2016)1, [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP/WP2\(2016\)1&docLanguage=Fr](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP/WP2(2016)1&docLanguage=Fr).
- OCDE (2016g), « Audition sur les innovations de rupture dans le secteur financier », DAF/COMP/WP2(2015)9, [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP/WP2\(2015\)9&doclanguage=fr](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP/WP2(2015)9&doclanguage=fr).
- OCDE (2016h), « Promoting Effective Competition in Public Procurement », DAF/COMP/LACF(2016)3, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/LACF\(2016\)3/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP/LACF(2016)3/en/pdf).
- OCDE (2016i), « Décisions d'engagements dans les affaires de concurrence », DAF/COMP(2016)7, [https://one.oecd.org/document/DAF/COMP\(2016\)7/fr/pdf](https://one.oecd.org/document/DAF/COMP(2016)7/fr/pdf).
- OCDE (2013), « Table ronde sur les enquêtes d'office relatives aux ententes et sur l'utilisation de filtres pour détecter les ententes », DAF/COMP(2013)14, [http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP\(2013\)14&docLanguage=Fr](http://www.oecd.org/officialdocuments/publicdisplaydocumentpdf/?cote=DAF/COMP(2013)14&docLanguage=Fr).
- OCDE (2012a), « Roundtable on the Role of Efficiency Claims in Antitrust Proceedings », DAF/COMP(2012)23, <http://www.oecd.org/competition/cartels/48379006.pdf>.
- OCDE (2012b), « Echanges unilatéraux d'informations ayant des effets anticoncurrentiels (par le biais de communiqués de presse par exemple) », DAF/COMP/WP3(2012)1, <http://www.oecd.org/competition/cartels/49548583.pdf>.

- OCDE (2011a), « Roundtable on Remedies in Merger Cases », DAF/COMP(2011)13, <http://www.oecd.org/daf/competition/RemediesinMergerCases2011.pdf>.
- OCDE (2011b), « Roundtable on Information Exchanges Between Competitors under Competition Law », DAF/COMP(2010)37, <http://www.oecd.org/daf/competition/cartels/48379006.pdf>.
- OCDE (2010), « Information Exchanges Between Competitors Under Competition Law », DAF/COMP(2010)37, <http://www.oecd.org/competition/cartels/48379006.pdf>.
- OCDE (2009), « Recommandation du conseil de l'OCDE sur l'évaluation d'impact sur la concurrence », C/M(2009)21/PROV, <http://www.oecd.org/daf/competition/RecommandationOCDE-EvaluationdeLaConcurrence.pdf>.
- OCDE (2007), « Roundtable on Facilitating Practices in Oligopolies », DAF/COMP(2008)24, <http://www.oecd.org/daf/competition/41472165.pdf>.
- OCDE (2001), « Roundtable on Price Transparency », DAFFE/CLP(2001)22, <http://www.oecd.org/competition/abuse/2535975.pdf>.
- OCDE (1993), « Glossary of Industrial Organisation Economics and Competition », créé par R. S. Khemani et D. M. Shapiro, demandé par la Direction des affaires financières et des entreprises, <http://www.oecd.org/regreform/sectors/2376087.pdf>.
- OFT (2005), « Predicting Cartels », Economic Discussion Paper, Office for Fair Trading, rapport rédigé par P. Grout et S. Sonderegger, Crown Copyright, [http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140402142426/http://www.offt.gov.uk/shared\\_offt/reports/comp\\_policy/oft773.pdf](http://webarchive.nationalarchives.gov.uk/20140402142426/http://www.offt.gov.uk/shared_offt/reports/comp_policy/oft773.pdf).
- Patterson, M.R. (2013), « Google and search-engine market power », *Harvard Journal of Law & Technology Occasional Paper Series*, <http://jolt.law.harvard.edu/antitrust/articles/>.
- Posner, R. (1968), « Oligopoly and the Antitrust Laws: A Suggested Approach », *Stanford Law Review*, vol. 21, pp. 1562-1606, [http://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2862&context=journal\\_articles](http://chicagounbound.uchicago.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=2862&context=journal_articles).
- Posner, R. A. (2001), *Antitrust Law*, Chicago: University of Chicago Press.
- Potters, J. et S. Suetens (2013), « Oligopoly experiments in the current millennium », *Journal of Economic Surveys*, vol. 27, n° 3, pp. 439-460.
- Quinn, D.J. (2014), « Associated Press v. Meltwater: Are Courts Being Fair to News Aggregators? », *Minnesota Journal of Law, Science and Technology*, vol. 15, n° 2, pp. 1189-1219, <http://scholarship.law.umn.edu/cgi/viewcontent.cgi?article=1039&context=mjlst>.
- Ralph, O. (2017), « Insurance and the Big Data Technology Revolution », *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/bb9f1ce8-f84b-11e6-bd4e-68d53499ed71>.
- Samuel, A. L. (1959), « Some Studies in Machine Learning Using the Game of Checkers », *IBM Journal of Research and Development*, <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.368.2254&rep=rep1&type=pdf>.

- Sandvig, C., K. Hamilton, K. Karahalios et C. Langbort (2014), « An Algorithm Audit », in S. P. Gangadharan, V. Eubanks et S. Barocas (dir. pub), *Data and Discrimination: Collected Essays*, Open Technology Institute, New America, <https://na-production.s3.amazonaws.com/documents/data-and-discrimination.pdf>.
- Saurwein, F., N. Just et M. Latzer (2015), « Governance of Algorithms: Options and Limitations », info, vol. 17, n° 6, pp. 35-49, <https://ssrn.com/abstract=2710400>.
- Scherer, M. U. (2016), « Regulating Artificial Intelligence Systems: Risks, Challenges, Competencies, and Strategies », *Harvard Journal of Law & Technology*, vol. 29, n° 2, pp. 353-400, <http://jolt.law.harvard.edu/articles/pdf/v29/29HarvJLTech353.pdf>.
- Schumpeter, J. (2016), « Flexible Figures, A Growing Number of Companies are Using 'Dynamic' Pricing », *The Economist*, <http://www.economist.com/news/business/21689541-growing-number-companies-are-using-dynamic-pricing-flexible-figures>.
- Selten, R. (1973), « A Simple Model of Imperfect Competition, Where 4 Are Few and 6 Are Many », *International Journal of Game Theory*, vol. 2, n° 1, pp. 141-201, <http://dx.doi.org/10.1007/BF01737566>.
- Spice, B. et G. Allen (2017), « CMU Artificial Intelligence Is Tough Poker Player », *CMU News*, <https://www.cmu.edu/news/stories/archives/2017/january/AI-tough-poker-player.html>.
- Stafford, P. et J. Croft (2016), « Flash Crash Trader Navinder Singh Sarao Loses US Extradition Case », *Financial Times*, <https://www.ft.com/content/ace643de-920c-11e6-8df8-d3778b55a923>.
- Stigler, G. J. (1964), « A Theory of Oligopoly », *Journal of Political Economy*, vol. 72, n° 1, pp. 44-61, <http://home.uchicago.edu/~vlima/courses/econ201/Stigler.pdf>.
- Strowel, A. et W. Vergote (2016), « Digital Platforms: To Regulate or Not To Regulate? Message to Regulators: Fix the Economics First, Then Focus on the Right Regulation », [http://ec.europa.eu/information\\_society/newsroom/image/document/2016-7/uclouvain\\_et\\_universit\\_saint\\_louis\\_14044.pdf](http://ec.europa.eu/information_society/newsroom/image/document/2016-7/uclouvain_et_universit_saint_louis_14044.pdf).
- Sunstein, C. (2009), *Republic.com 2.0*, PUP, Princeton, NJ.
- Suryanita, R., H. Jingga et E. Yuniarto (2016), « The Application of Artificial Neural Networks in Predicting Structural Response of Multistory Building in The Region of Sumatra Island », ICoSE Conference on Instrumentation, *Environment and Renewable Energy*, vol. 2016, <http://knepublishing.com/index.php/KnE-Engineering/article/view/526/1619>.
- Swarup, P. (2012), « Artificial Intelligence », *International Journal of Computing and Corporate Research*, vol. 2, n° 4, <http://www.ijccr.com/july2012/4.pdf>.
- Teffer, P. (2016), « EU Not Planning One-Size Rules for Internet Giants », *EUObserver*, <https://euobserver.com/economic/133082>.
- The Economist (2016), « Regulating Technology Companies: Taming the Beasts », *The Economist Newspaper Limited*, <http://www.economist.com/news/business/21699465-european-governments-are-not-alone-wondering-how-deal-digital-giants-taming>.

- The Economist (2017), « When Life Throws You Lemons: A New York Startup Shakes Up the Insurance Business », *The Economist Newspaper Limited*, <http://www.economist.com/news/finance-and-economics/21718502-future-insurance-named-after-soft-drink-new-york-startup-shakes-up>.
- Tirole, J. (2002), *The Theory of Industrial Organization*, MIT Press, Cambridge, MA.
- Turner, D. F. (1962), « The Definition of Agreement Under the Sherman Act: Conscious Parallelism and Refusals to Deal », *Harvard Law Review*, vol. 75, n° 4, pp. 655-706, [https://www.jstor.org/stable/1338567?seq=1#page\\_scan\\_tab\\_contents](https://www.jstor.org/stable/1338567?seq=1#page_scan_tab_contents).
- Umamaheswari, B., P. Nithya et N. S. Chandran (2016), « Survey on Web Crime Detection Using Data Mining Technique », *International Journal of Advanced Research in Computer Engineering & Technology*, vol. 5, n° 1, pp. 177-184, <http://ijarcet.org/wp-content/uploads/IJARCET-VOL-5-ISSUE-1-177-184.pdf>.
- USACM (2017), « Statement on Algorithmic Transparency and Accountability », Association for Computing Machinery, US Public Policy Council, Washington, DC, [https://www.acm.org/binaries/content/assets/public-policy/2017\\_usacm\\_statement\\_algorithms.pdf](https://www.acm.org/binaries/content/assets/public-policy/2017_usacm_statement_algorithms.pdf).
- Vestager, M. (2017), « Algorithms and Competition », discours prononcé lors de la 18<sup>e</sup> conférence sur la concurrence à l'Office fédéral des cartels, Berlin, [https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/vestager/announcements/bundeskartellamt-18th-conference-competition-berlin-16-march-2017\\_en](https://ec.europa.eu/commission/commissioners/2014-2019/vestager/announcements/bundeskartellamt-18th-conference-competition-berlin-16-march-2017_en).
- Weiss, R. M. et A. K. Mehrotra (2001), « Online Dynamic Pricing: Efficiency, Equity and the Future of E-commerce », *Virginia Journal of Law and Technology*, vol. 6, n° 11, <http://www.citi.columbia.edu/B8210/read10/Online%20Daynamic%20Pricing.pdf>.
- Whish, R. et D. Bailey (2012), *Competition Law*, Oxford University Press, [https://books.google.co.in/books?id=9QDhoLiRX-MC&printsec=frontcover&source=gbs\\_ge\\_summary\\_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.co.in/books?id=9QDhoLiRX-MC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false).
- White House (1997), « A Framework for Global Electronic Commerce », White House, États-Unis.
- Willis Towers Watson (2017), « Insurers under Pressure to Go Digital – Willis Towers Watson Survey », communiqué de presse, <https://www.willistowerswatson.com/en/press/2017/02/insurers-under-pressure-to-go-digital>.
- Wilson, R. A. et F. C. Keil (1999), *The MIT Encyclopedia of the Cognitive Sciences*, MIT Press.
- Yilmazkuday, D. et H. A. Yilmazkuday (2016), « Understanding Gasoline Price Dispersion », *The Annals of Regional Science*, vol. 57, n° 1, pp. 223-252, <http://link.springer.com/article/10.1007/s00168-016-0775-4>.

## 11. Annexe

### Proposition

Dans un marché parfaitement transparent où les entreprises ont des interactions répétées, si l'entente n'entraîne aucune baisse de profit pour tous les acteurs et si le délai de rétorsion se rapproche de zéro, l'entente peut toujours être maintenue comme stratégie d'équilibre.

### Démonstration

Dans cette démonstration formelle, nous appliquons la méthode standard généralement utilisée dans la littérature spécialisée pour analyser les facteurs pertinents pour l'entente (voir, par exemple, Ivaldi *et al.* 2003). Cependant, pour prendre en compte le fait que les algorithmes permettent aux entreprises d'adapter très rapidement leur stratégie, nous représentons le flux intertemporel des bénéfices en temps continu, contrairement à la pratique adoptée en économie où l'entente est couramment modélisée en temps discret.

L'entente constitue un super-équilibre de Nash si, à tout moment, la valeur actualisée du gain d'une entreprise quelconque adoptant le comportement collusoire est égale ou supérieure à la valeur actualisée du gain que cette entreprise obtiendrait en déviant de l'entente. La valeur résultant de l'entente est représentée comme suit :

$$V^M = \int_0^{\infty} e^{-rt} \pi_t^M \cdot dt, \quad (1)$$

où  $\pi_t^M$  désigne le gain de l'entreprise au moment  $t$  de l'entente et  $r$  le taux d'actualisation. L'intégrale définie représente la somme de tous les gains actualisés de 0 à l'infini.

En revanche, la valeur obtenue par une entreprise qui dévie du comportement collusoire est représentée comme suit :

$$V^D = \int_0^{T+L} e^{-rt} \pi_t^D \cdot dt + \int_{T+L}^{\infty} e^{-rt} \pi_t^C \cdot dt, \quad (2)$$

où  $\pi_t^D$  désigne le gain résultant de la déviation de l'entente,  $\pi_t^C$  le gain en situation de concurrence (autrement dit, pendant la phase des représailles),  $T$  le nombre de périodes nécessaires aux autres entreprises pour détecter la déviation et  $L$  le délai nécessaire pour réagir à cette déviation (par exemple, en modifiant les prix). Ainsi,  $T$  mesure la transparence du marché et  $L$  la rapidité de la réaction ou la fréquence des interactions. Dans l'équation (2), le premier terme du côté droit correspond au gain ponctuel résultant de la déviation de l'entente, qui a lieu entre les périodes 0 et  $T + L$  ; le deuxième terme à la valeur du comportement concurrentiel qui a lieu après la période  $T + L$ .

Par conséquent, une stratégie d'équilibre tend vers l'entente si le critère suivant de compatibilité avec les facteurs d'incitation est satisfait :

$$V^M \geq V^D. \quad (3)$$

On remplace  $V^M$  et  $V^D$  respectivement par les équations (1) et (2) :

$$\int_0^{\infty} e^{-rt} \pi_t^M \cdot dt \geq \int_0^{T+L} e^{-rt} \pi_t^D \cdot dt + \int_{T+L}^{\infty} e^{-rt} \pi_t^C \cdot dt. \quad (4)$$

Dans un but de simplification, nous considérons que les fonctions de profit restent constantes dans le temps. Toutefois, il serait facile d'obtenir par démonstration les mêmes résultats en considérant que les profits croissent à un taux constant  $g$ , dès lors que  $g < r$ .

$$\int_0^{\infty} e^{-rt} \pi^M . dt \geq \int_0^{T+L} e^{-rt} \pi^D . dt + \int_{T+L}^{\infty} e^{-rt} \pi^C . dt. \quad (5)$$

On place les profits en dehors des intégrales :

$$\pi^M \int_0^{\infty} e^{-rt} . dt \geq \pi^D \int_0^{T+L} e^{-rt} . dt + \pi^C \int_{T+L}^{\infty} e^{-rt} . dt. \quad (6)$$

Étant donné que l'intégrale infinie  $\int e^{-rt} . dt$  est égale à  $\frac{-e^{-rt}}{r}$ , les intégrales définies ci-dessus peuvent être résolues comme suit :

$$\begin{aligned} & \pi^M \left[ \lim_{t \rightarrow \infty} \left( \frac{-e^{-rt}}{r} \right) - \left( \frac{-e^{-r \times 0}}{r} \right) \right] \geq \\ & \geq \pi^D \left[ \left( \frac{-e^{-r(T+L)}}{r} \right) - \left( \frac{-e^{-r \times 0}}{r} \right) \right] + \pi^C \left[ \lim_{t \rightarrow \infty} \left( \frac{-e^{-rt}}{r} \right) - \left( \frac{-e^{-r(T+L)}}{r} \right) \right]. \end{aligned} \quad (7)$$

On calcule la limite en simplifiant l'un des termes :

$$\pi^M \left[ 0 - \left( -\frac{1}{r} \right) \right] \geq \pi^D \left[ \left( \frac{-e^{-r(T+L)}}{r} \right) - \left( -\frac{1}{r} \right) \right] + \pi^C \left[ 0 - \left( \frac{-e^{-r(T+L)}}{r} \right) \right]. \quad (8)$$

Enfin, par une opération d'algèbre classique, l'équation (8) peut être simplifiée en :

$$\pi^M \geq \pi^D - (\pi^D - \pi^C) . e^{-r(T+L)}. \quad (9)$$

À titre préliminaire, on peut déduire de l'équation (9) que la transparence et la rapidité des interactions facilitent l'entente. En effet, lorsque  $T$  et  $L$  diminuent, le côté droit de l'équation (9) baisse également (on notera que le gain en cas de déviation de l'entente est toujours plus grand que le gain en situation de concurrence), en allégeant la contrainte de compatibilité avec les facteurs d'incitation et en augmentant, par conséquent, la probabilité de l'entente.

Pour voir ce qui se passe lorsque les marchés sont parfaitement transparents et que les entreprises peuvent ajuster instantanément leurs stratégies, nous calculons la limite du côté droit de l'équation (9) lorsque  $T$  et  $L$  se rapprochent de zéro :

$$\pi^M \geq \lim_{\substack{T \rightarrow 0 \\ L \rightarrow 0}} (\pi^D - (\pi^D - \pi^C) . e^{-r(T+L)}). \quad (10)$$

Ce qui donne :

$$\pi^M \geq \pi^D - (\pi^D - \pi^C) \times 1. \quad (11)$$

Il s'ensuit directement que :

$$\pi^M \geq \pi^C. \quad (12)$$

L'équation (12) achève la démonstration : lorsqu'un marché est parfaitement transparent, que les entreprises par conséquent sont en mesure de détecter immédiatement toute déviation de l'entente ( $T = 0$ ) et que le délai de réaction  $L$  est égal à zéro, l'entente pourra toujours être maintenue comme stratégie d'équilibre, dès lors que le gain de toutes les entreprises participant à l'entente est supérieur à ce qu'il serait en situation de concurrence.