



L'ESSENTIEL

> L'inégalité en matière de richesse s'accroît à un rythme alarmant dans de nombreux pays, en particulier aux États-Unis.

> Un modèle simple de répartition de la richesse conçu par des physiciens et des mathématiciens rend compte des inégalités de richesse dans un grand

nombre de pays avec une précision sans précédent.

> Plusieurs modèles mathématiques du libre marché présentent des comportements analogues à ceux de systèmes physiques complexes tels que les matériaux ferromagnétiques.

L'AUTEUR



BRUCE M. BOGHOSIAN est professeur de mathématiques à l'université Tufts, aux États-Unis. Il étudie les systèmes dynamiques appliqués et les applications de la théorie des probabilités.

Aux sources mathématiques des inégalités de richesse

Un modèle mathématique simple décrit la répartition de la richesse dans les économies modernes avec une précision sans précédent. De quoi remettre en question quelques idées reçues sur le libre marché.

L'inégalité en matière de richesse s'accroît à un rythme alarmant non seulement aux États-Unis et en Europe, mais aussi dans des pays aussi divers que la Russie, l'Inde et le Brésil. Selon la banque d'investissement Crédit Suisse, la part du patrimoine global des ménages détenue par le 1 % le plus riche de la population mondiale est passée de 42,5 à 47,2 % entre la crise financière de 2008 et 2018. Pour le dire autrement, en 2010, 388 individus détenaient autant de richesses que la moitié la plus pauvre de la population mondiale, soit environ 3,5 milliards de personnes; aujourd'hui, l'organisation non gouvernementale Oxfam estime ce nombre à 26. Et les statistiques de presque tous les pays

qui mesurent la richesse dans leurs enquêtes sur les ménages indiquent qu'elle est de plus en plus concentrée.

Bien que les origines des inégalités de richesse fassent l'objet de vifs débats, une approche élaborée par des physiciens et des mathématiciens, dont mon groupe à l'université Tufts, aux États-Unis, suggère qu'elles se trouvent depuis longtemps sous nos yeux – dans une bizarrerie arithmétique bien connue.

Cette méthode utilise des modèles de répartition de richesse à base d'agents, fondés sur des transactions deux à deux entre agents ou acteurs économiques, dont chacun cherche à optimiser ses propres résultats financiers. Dans le monde moderne, rien ne peut sembler plus juste ou plus naturel que deux personnes >

> qui décident d'échanger des biens, de s'entendre sur un prix et de se serrer la main. En effet, la stabilité apparente d'un système économique résultant de cet équilibre de l'offre et de la demande entre les différents acteurs est considérée comme un sommet de la pensée des Lumières, à tel point que de nombreuses personnes en sont venues à associer le libre marché à la notion même de liberté.

Nos modèles, qui sont déroutants de simplicité et qui reposent sur des transactions volontaires, suggèrent cependant qu'il est temps de réexaminer sérieusement cette idée.



Dans le modèle du vide-grenier, la richesse se concentre inexorablement

En particulier, le « modèle affine de richesse » (nommé ainsi en raison de ses propriétés mathématiques) décrit avec une grande précision la répartition de la richesse entre les ménages dans divers pays développés, tout en révélant une asymétrie subtile qui tend à concentrer la richesse. À notre avis, cette approche purement analytique, qui ressemble à une radiographie en ce sens qu'elle n'est pas tant utilisée pour représenter le désordre du monde réel que pour le dépouiller et en révéler le squelette sous-jacent, permet de mieux comprendre les facteurs qui accroissent aujourd'hui la pauvreté et les inégalités.

INÉLUCTABLE OLIGARCHIE

En 1986, le sociologue et statisticien américain John Angle décrivait pour la première fois les flux de richesses et leur répartition comme le résultat de transactions effectuées par des paires d'agents économiques, qui peuvent être des individus, des ménages, des entreprises, des fonds ou d'autres entités.

Au tournant du siècle, les physiciens Slava Ispolatov, Pavel Krapivsky et Sidney Redner, à l'université de Boston, ainsi qu'Adrian Dragulescu, maintenant au Constellation Energy Group, et Victor Yakovenko, de l'université du Maryland, ont montré que l'on pouvait analyser les modèles de ce type avec les outils de la physique statistique. Il s'avère que dans beaucoup de ces modèles, la richesse se déplace inexorablement d'un agent à l'autre

même s'ils sont fondés sur des échanges équitables entre acteurs égaux.

En 2002, Anirban Chakraborti, à l'institut Saha de physique nucléaire de Calcutta, en Inde, a introduit ce qui est devenu le « modèle du vide-grenier », ainsi nommé parce qu'il présente certaines caractéristiques de transactions économiques réelles entre deux individus. Il a également utilisé des simulations numériques pour montrer que dans ce modèle, la richesse se concentre inexorablement dans les mains de quelques-uns et fait émerger une oligarchie (voir l'encadré page ci-contre).

Pour comprendre comment cela se produit, supposons que vous soyez invité à jouer à un jeu au casino. Vous devez miser sur la table une certaine somme, disons 100 euros, puis on tire une pièce à pile ou face. Si le résultat est *face*, le casino vous paie 20% de ce que vous avez misé, et vous disposerez alors de 120 euros sur la table. Si le résultat est *pile*, le casino prend 17% de votre mise et il vous restera donc 83 euros. Vous pouvez jouer autant de fois que vous le souhaitez. À chaque fois, vous gagnez 20% de ce qui est sur la table si le tirage donne *face*, et vous en perdez 17% si le tirage donne *pile*. Devriez-vous accepter de jouer à ce jeu ?

Vous pourriez faire deux raisonnements, tous deux plutôt convaincants, pour vous aider à prendre la bonne décision. Vous pouvez penser : « La probabilité de gagner 20 euros est de $\frac{1}{2}$, et la probabilité de perdre 17 euros est de $\frac{1}{2}$. Mon espérance de gain au premier tirage est donc : $\frac{1}{2} \times (+20 \text{ €}) + \frac{1}{2} \times (-17 \text{ €}) = 1,50 \text{ €}$.

Cette espérance est positive. En d'autres termes, mes chances de gagner et de perdre sont égales, mais la somme récoltée si je gagne sera supérieure à celle perdue dans le cas contraire. » De ce point de vue, il semble avantageux de jouer à ce jeu.

Ou bien, comme un joueur d'échecs, vous pourriez anticiper plusieurs coups : « Et si je jouais à ce jeu 10 parties successives de pile ou face ? Un résultat vraisemblable est qu'il y aura 5 *pile* et 5 *face*. Or chaque fois qu'un *face* apparaît, ma mise est multipliée par 1,2, tandis que chaque fois que c'est *pile*, ma mise est multipliée par 0,83. Après 5 victoires et 5 défaites, dans n'importe quel ordre, le montant dont je disposerai sur la table sera donc : $1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 1,2 \times 0,83 \times 0,83 \times 0,83 \times 0,83 \times 0,83 \times 100 \text{ €} = 98,02 \text{ €}$.

Autrement dit, je perdrai environ 2 € de ma mise initiale de 100 €. » Avec un peu plus de calculs, on pourrait voir qu'il faut environ 93 victoires pour compenser 91 pertes. De ce point de vue, il semble désavantageux de jouer à ce jeu.

La contradiction entre les deux arguments présentés ici peut paraître surprenante à première vue, mais elle est bien connue en théorie des probabilités et en finance. Son lien avec les inégalités de richesse l'est toutefois moins.