

> à 1 ou 2% près les données empiriques sur la répartition de la richesse aux États-Unis et en Europe entre 1989 et 2016.

Une telle transition de phase a peut-être joué un rôle crucial dans la concentration de richesse qui a suivi l'écroulement de l'Union soviétique en 1991. L'imposition aux anciens États de l'URSS d'une « thérapie de choc », comme on a surnommé cette stratégie économique, a entraîné une forte diminution de la redistribution de la richesse (c'est-à-dire une

diminution de χ) par leurs gouvernements et un bond concomitant de l'avantage lié à la richesse (augmentation de ζ) sous l'effet combiné des soudaines privatisations et déréglementations. La baisse de la « température » χ/ζ qui en a résulté a provoqué, dans les anciens pays communistes, une concentration de la richesse, et ces pays sont devenus oligarchiques presque du jour au lendemain. À ce jour, on peut qualifier d'oligarchies au moins 10 des 15 anciennes républiques soviétiques.

LA PHYSIQUE DE L'INÉGALITÉ

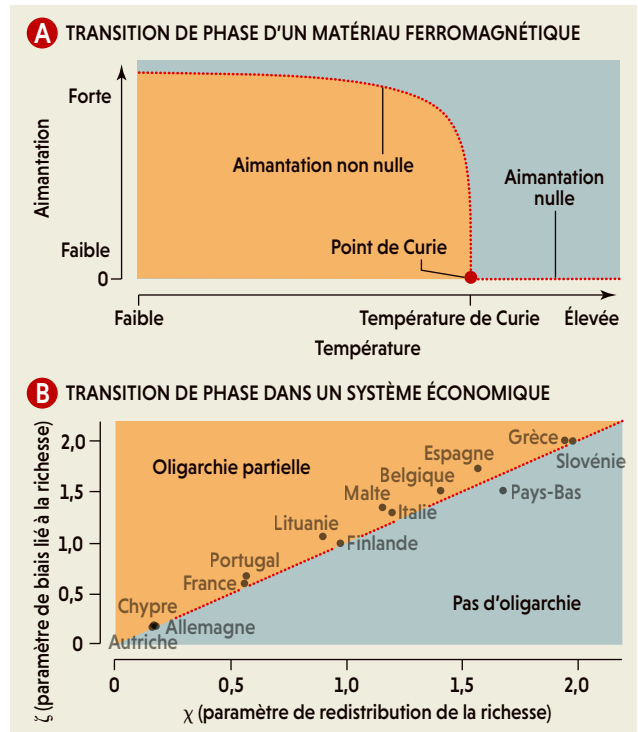
Lorsque l'eau bout à 100 °C et se transforme en vapeur d'eau, elle subit une transition de phase – un changement soudain et spectaculaire. Par exemple, le volume qu'elle occupe (à une pression donnée) augmente de façon discontinue. De façon similaire, l'aimantation d'un matériau ferromagnétique devient nulle (courbe orange du graphique A) lorsque sa température dépasse un seuil T_C , la « température de Curie ». Autrement dit, au-delà de T_C , le matériau n'est pas aimanté. La courbe de l'aimantation en fonction de la température est continue au point de transition, mais elle y présente un coude prononcé (sa dérivée est discontinue).

Inversement, lorsque la température d'un ferromagnétique s'approche de T_C par les valeurs supérieures, une aimantation apparaît spontanément alors qu'elle était nulle auparavant. Cette aimantation a une orientation spatiale inhérente (du pôle sud de l'aimant au pôle nord) et l'on peut se demander dans quelle direction elle se développe. En l'absence de champ magnétique externe qui pourrait privilégier une direction, la brisure de la symétrie de rotation est « spontanée » (la symétrie de rotation signifie que le système a des propriétés identiques quelle que soit la

direction considérée, ce qui est le cas d'un matériau ferromagnétique aux températures supérieures à T_C). Autrement dit, une aimantation non nulle apparaît soudainement et sa direction est aléatoire (plus précisément, cette direction dépend de fluctuations microscopiques incontrôlables, que la modélisation macroscopique du ferromagnétisme ignore).

Les systèmes économiques peuvent également présenter des transitions de phase. Lorsque le paramètre de richesse ζ du modèle affine de richesse est inférieur au paramètre de redistribution χ (voir le texte principal), la répartition de la richesse n'est même pas partiellement oligarchique (région en bleu du graphique B). Cependant, lorsque ζ dépasse χ , une fraction finie de la richesse de l'ensemble de la population « se condense » dans les mains d'une fraction infinitésimale des agents les plus riches. Ainsi, le rapport χ/ζ joue un rôle analogue à celui de la température : la richesse « se condense » lorsqu'il devient inférieur à 1.

Une autre symétrie subtile des systèmes macroscopiques complexes est la « dualité », qui décrit une correspondance biunivoque entre les états du système au-dessus et au-dessous de la température critique à laquelle la transition de phase se produit. Dans le cas du ferromagnétisme, elle fait correspondre un système aimanté et ordonné, de température T inférieure à T_C , à son système « dual », désordonné et non aimanté à la température dite « inverse », $(T_C)^2/T$, qui est supérieure à T_C . La température critique est celle où la température du système et sa température inverse sont égales



(c'est-à-dire où $T = (T_C)^2/T$). La théorie de la dualité joue un rôle de plus en plus important en physique théorique, notamment en théorie quantique de la gravitation.

Comme le ferromagnétisme, le modèle affine de richesse présente une dualité, ce qu'un de mes doctorants, Jie Li, et moi avons prouvé en 2018. Un état où l'on a $\zeta < \chi$ n'est pas une oligarchie partielle, alors que l'état correspondant à un rapport inverse des paramètres (c'est-à-dire dont la « température » χ/ζ est égale à ζ/χ , l'inverse de χ/ζ) l'est. Il est intéressant de noter que ces deux états reliés par dualité ont exactement la même répartition de richesse si l'on supprime l'oligarchie du système à richesse concentrée (la richesse totale étant

recalculée pour tenir compte de cette perte).

Fait significatif, la plupart des pays sont très proches de l'état critique. Un graphique dans le plan ζ - χ de 14 des pays qui dépendent de la Banque centrale européenne (B) montre que la plupart se trouvent près de la diagonale. Tous sauf un (les Pays-Bas) se situent juste au-dessus de la diagonale, ce qui indique qu'ils sont légèrement oligarchiques. Il est possible que l'inégalité augmente naturellement jusqu'à l'apparition d'une oligarchie et que, à partir de là, des pressions politiques s'installent et empêchent l'inégalité d'empirer.

B. B.

Une troisième amélioration de notre modèle, en 2019, a consisté à y inclure la richesse négative – l'un des aspects les plus inquiétants des économies modernes. En 2016, par exemple, environ 10,5% de la population étatsunienne était endettée en raison de prêts hypothécaires, de prêts étudiants et autres.

Nous avons donc introduit un troisième paramètre, noté κ (la lettre grecque *kappa*), qui décale la distribution de richesse vers le bas et qui prend donc en compte la richesse négative. Nous avons supposé que la richesse la plus faible que l'agent le plus pauvre pouvait détenir à tout moment était $-S$, où S est égal à κ fois la richesse moyenne par individu. Avant chaque transaction, nous avons prêté de la richesse S aux deux agents afin que chacun ait une richesse positive. Ils ont ensuite effectué leurs transactions selon le modèle de videgrenier étendu, décrit plus haut, après quoi ils ont tous les deux remboursé leur dette S .

Le modèle à trois paramètres (χ , ζ , κ) ainsi obtenu, nommé «modèle affine de richesse», est en mesure de s'accorder avec les données empiriques sur la répartition de la richesse aux États-Unis à moins de 0,15% près sur une période de trois décennies. Avec les données européennes pour 2010, l'accord est généralement meilleur qu'à 0,35-0,5% près (voir l'encadré page 64).

Pour effectuer ces comparaisons avec les données réelles, nous avons dû résoudre le «problème inverse». En d'autres termes, la répartition empirique de la richesse étant donnée, il nous a fallu déterminer les valeurs de χ , ζ et κ pour lesquelles les résultats du modèle sont les plus proches des données. À titre d'exemple, pour décrire la distribution de richesse des ménages américains en 2016, les paramètres optimaux sont $\chi=0,036$, $\zeta=0,050$ et $\kappa=0,058$. Nous avons confronté le modèle affine de richesse à des données empiriques provenant de nombreux pays et époques. À notre connaissance, il décrit les données sur la répartition de la richesse avec plus de précision que tout autre modèle existant.

RUISSELLEMENT VERS LE HAUT

Il est remarquable que le modèle de répartition de la richesse qui s'ajuste le mieux aux données empiriques soit un modèle qui serait complètement instable sans redistribution, plutôt qu'un modèle fondé sur un supposé équilibre des forces du marché. En fait, ces modèles mathématiques démontrent que, loin de «ruisseler» vers les pauvres, la tendance naturelle de la richesse est de s'écouler vers le haut, de sorte que la répartition «naturelle» de la richesse dans une économie de marché correspond à une oligarchie totale. Seule la redistribution fixe des limites à l'inégalité.

Les modèles mathématiques attirent également l'attention sur l'influence énorme qu'ont la rupture de symétrie, le hasard et les avantages préalables (dus par exemple aux héritages) sur la distribution de la richesse. Et la présence d'une rupture de symétrie va à l'encontre des arguments qui justifient les inégalités de richesse par l'idée que les individus portent l'entière responsabilité de leurs résultats économiques simplement parce qu'ils effectuent des transactions volontairement ou par l'idée que l'accumulation de richesses résulte de l'intelligence et des efforts investis.

Il est vrai que la position d'un individu sur le spectre de la richesse est corrélée dans une certaine mesure à ces attributs, mais la forme globale de ce spectre peut s'expliquer à mieux que 0,33% près par un modèle statistique qui les ignore complètement. Le hasard joue un rôle beaucoup plus important que celui qu'on lui attribue d'habitude; aussi, la glorification dont bénéficient généralement les riches dans les sociétés modernes et, inversement, la stigmatisation des pauvres sont totalement injustifiées.

Qui plus est, seul un mécanisme de redistribution soigneusement conçu est en mesure de compenser, dans une économie de marché, la tendance naturelle des richesses à passer des pauvres aux riches. On confond souvent redistribution et impôts, mais les deux notions doivent rester bien distinctes. Les citoyens versent des impôts à leur gouvernement pour financer les activités de ce dernier. Quant à la redistribution, les gouvernements peuvent la mettre en œuvre, mais il est préférable de la considérer comme un flux de richesses entre personnes destiné à compenser les injustices inhérentes à l'économie de marché. Dans un système de redistribution uniforme, tous ceux dont la richesse est inférieure à la moyenne recevraient des fonds nets, tandis que tous ceux plus riches que la moyenne paieraient. Et c'est précisément parce que les niveaux actuels d'inégalité sont si extrêmes que les bénéficiaires seraient beaucoup plus nombreux que les payeurs.

Étant donné la complexité des économies réelles, nous trouvons gratifiant qu'une approche analytique simple développée par des physiciens et des mathématiciens décrive les distributions réelles de richesse de plusieurs pays avec une aussi grande précision. Il est également assez curieux de constater que ces distributions présentent des caractéristiques subtiles mais essentielles de systèmes physiques complexes. Et surtout, le fait qu'une esquisse aussi simple et plausible du libre marché fasse apparaître qu'il est tout sauf libre et équitable devrait être à la fois un motif d'inquiétude et un appel à l'action. ■

BIBLIOGRAPHIE

Jie Li et al., **The affine wealth model : An agent-based model of asset exchange that allows for negative-wealth agents and its empirical validation**, *Physica A*, vol. 516, pp. 423-442, 2019.

A. Devitt-Lee et al., **A nonstandard description of wealth concentration in large-scale economies**, *SIAM Journal on Applied Mathematics*, vol. 78(2), pp. 996-1008, 2018.

J.-P. Bouchaud et M. Mézard, **Wealth condensation in a simple model of economy**, *Physica A*, vol. 282, pp. 536-545, 2000.