

Échanges multiples

L'exemple suivant (où l'on adopte le point de vue utilitariste) montre que si le réseau des relations entre agents est incomplet, il peut devenir impossible d'atteindre l'allocation optimale uniquement en faisant des dons sociaux (lorsque le réseau est complet, les dons sociaux conduisent toujours à l'allocation optimale). L'exemple montre aussi qu'en autorisant des échanges rationnels quelconques (plusieurs biens contre plusieurs, pourvu que chacun y gagne), alors une suite d'échanges conduit parfois à l'allocation optimale.

On suppose trois agents A , B et C disposés selon le schéma : $A \leftrightarrow B \leftrightarrow C$

Les biens sont a , b , c , d et les agents y attribuent les valeurs suivantes :

Utilités	a	b	c	d
Agent A	2	6	9	1
Agent B	7	4	5	8
Agent C	3	10	4	2

On suppose que l'allocation initiale est :

$\{A(8) : a, b; B(5) : c; C(2) : d\}$ $som = 15$

L'allocation optimale est :

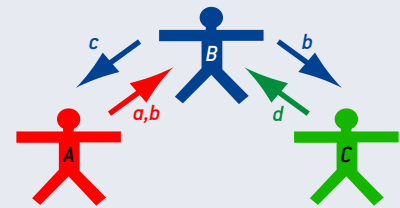
$\{A(9) : c; B(15) : a, d; C(10) : b\}$ $som = 34$

À partir de la situation de départ, même si les agents acceptent de faire des dons sociaux, on n'arrivera pas à l'allocation optimale, car A ne peut pas donner b (qui vaut 6 pour lui) à B (pour qui b ne vaut que 4).

En revanche, si les agents opèrent des échanges multiples (plusieurs biens contre un seul) et même en n'acceptant que des échanges

rationnels (chaque contractant y gagne), cette fois l'allocation optimale est atteinte en deux échanges. D'abord, A échange avec son voisin B les biens a et b contre c (A y gagne 1, B y gagne 6), ce qui donne :

$\{A(9) : c; B(11) : a, b; C(2) : d\}$ $som = 22$.



Ensuite B échange, avec son voisin C , b contre d (B y gagne 4, C y gagne 8), ce qui les conduit à l'optimum.

poires et que vous les aimez moins que les pommes, alors nous serons gagnants en échangeant. Tout le monde peut être gagnant dans un échange, et c'est bien pour cela qu'il y en a depuis la nuit des temps.

Un échange entre un agent A et un agent B est qualifié de *rationnel* si, comme dans l'exemple des pommes et des poires, chacun y trouve son compte. Aucune autorité régulatrice n'est nécessaire, car chacun en tire un bénéfice. Notons aussi que pour pratiquer un tel échange, chaque agent n'a besoin que de connaître ses propres utilités, aucune information globale centralisée n'est nécessaire.

Le problème économique de l'allocation, grâce à cette notion d'échange rationnel, peut mieux coller à la réalité. Partant d'une attribution de biens entre agents (fixée par des événements passés dont on ne remet pas en cause le résultat), est-il possible en opérant une suite d'échanges rationnels d'arriver à une allocation des ressources qui soit conforme au point de vue utilitariste (ou égalitariste, etc.) ? Si ce n'est pas possible, quelle est la suite d'échanges rationnels qui permet d'en approcher le plus ? Comment calculer ces suites optimales d'échanges ?

Le même problème peut être posé en imaginant des agents qui n'opèrent pas les échanges à deux, mais en se regroupant à trois ou plus. On peut aussi imaginer et étudier des agents altruistes qui acceptent, conscients que c'est l'intérêt général, d'opérer des échanges qui leur soient temporairement défavorables ou partiellement défavorables. Il est intéressant par exemple d'envisager des agents qui acceptent des échanges où ils sont perdants à la condition que glo-

balement le bien-être social augmente. Si un agent A possédant un bien qui pour lui vaut 5, le donne à un agent B pour qui le bien vaut 6, cela augmentera la valeur cumulée des utilités de 1 (et donc le bien-être social tel que le conçoit un utilitariste). Les échanges, où même si l'un des contractants est perdant, qui augmentent le bien-être social sont dénommés *échanges sociaux*. Lorsque l'échange se réduit au passage d'un seul bien d'un agent à un autre, on parle de *don social*.

Indispensables dons sociaux

Les problèmes plus réalistes qui n'envisagent que des échanges rationnels, ou que des échanges sociaux, conduisent à des leçons intéressantes. Voici quelques-uns des résultats obtenus.

– Comme on s'y attendait, en partant d'une répartition quelconque et en n'envisageant que des échanges rationnels (à deux ou même à plus de deux), il sera rare d'arriver à la meilleure allocation utilitariste ou même conforme à un des autres points de vue. La raison en est très simple : si l'un des agents détient au départ beaucoup de biens, il n'acceptera pas de s'en séparer pour aller vers une allocation qui satisfasse un point de vue collectif (quel qu'il soit). Avec les données de notre exemple, si, au départ, tous les biens sont dans les mains de B , aucun échange rationnel ne sera possible, et on restera dans la situation initiale qui n'est une bonne allocation selon aucun des quatre points de vue considérés. Une société d'agents qui n'acceptent de procéder qu'à des échanges rationnels, une

forme d'égoïsme, se condamne à ne pas atteindre une bonne satisfaction générale, et cela quel que soit le point de vue utilitariste, égalitariste, élitiste ou nashien.

— En revanche, quelle que soit l'allocation initiale, il existe une suite de dons sociaux qui conduit à l'allocation optimale pour le point de vue utilitariste. L'idée de la démonstration est que chaque agent qui détient un bien dont l'utilité pour lui est inférieure à l'utilité pour un autre agent le lui donne. Chaque don de ce type améliore le total des satisfactions, et cette suite de dons sociaux ne s'arrête que lorsque chaque bien est dans les mains de celui pour lequel l'utilité du bien est la plus grande. Toute suite de tels dons sociaux sera finie et aboutira à l'allocation optimale utilitariste.

On a là une situation intéressante, où les agents, pourvu qu'ils acceptent d'opérer des dons sociaux, vont vers la solution optimale utilitariste et cela sans contrôle centralisé des échanges. La conclusion est ici très morale : sans dons sociaux, si chacun n'accepte que de faire des échanges rationnels, alors l'allocation optimale utilitariste est le plus souvent inaccessible, alors que si chacun pratique le don social, on arrive à cette allocation optimale. En redéfinissant la notion de don social pour l'adapter aux autres points de vue, on a des résultats analogues.

— Sur un plan algorithmique, le calcul des séquences d'échanges rationnels conduisant à l'allocation la meilleure selon tel ou tel point de vue est plus compliqué que le simple calcul de l'allocation optimale : il faut considérer une grande variété de suites d'échanges rationnels, certaines d'entre elles conduisant à des impasses (c'est-à-dire à des allocations non optimales qu'on ne peut plus faire évoluer, voir l'encadré de la page 91). Un problème délicat aussi est celui de la décision d'arrêt : quand et comment les agents sont-ils informés qu'ils ont fait assez de transactions et qu'ils peuvent s'arrêter ? Diverses variantes du problème ont été examinées et des algorithmes ont été élaborés pour calculer efficacement les bonnes séquences d'échanges rationnels ou autres.

Ces modèles de la recherche des séries optimales d'échanges rationnels, comme toute modélisation mathématique en sciences humaines, ne sont pas jugés assez réalistes. Dans le cas des échanges rationnels, ils présentent au moins deux défauts majeurs.

— S'il existe une suite d'échanges (conduisant par exemple à la meilleure allocation utilitariste accessible), comment les agents peuvent-ils le savoir à moins de disposer chacun d'une source parfaite d'information et d'une bonne capacité de calcul ? Dans la réalité, les agents sont partiellement informés et ils font les échanges (rationnels ou non) en ne prenant en compte que ce qu'ils savent et bien souvent en préférant mener

les échanges les meilleurs pour eux dans l'immédiat, même si cela les conduit dans l'impasse. Ces politiques égoïstes engendrent des échanges qui conduisent à une assez bonne allocation, mais pas la meilleure de celles accessibles. La coordination des échanges par une autorité est, dans certains cas, envisageable : elle reste toujours difficile, car les agents croient qu'ils sont mieux placés que quiconque pour défendre leur intérêt. Le marché s'autorégule mal !

— Dans la réalité, les agents sont situés dans un espace qui n'est pas homogène. Des contraintes géographiques (ou d'autre nature) limitent les échanges possibles. En clair, le graphe des échanges possibles n'est pas un graphe complet (chaque agent n'est pas relié à chaque autre). Ce graphe « d'acquaintance » incomplet doit être pris en considération.

La modélisation multi-agents

Des travaux récents montrent qu'une série de transactions fondées sur une information locale et un graphe d'acquaintance permettent de s'approcher petit à petit d'une allocation optimale. On tente aussi de mettre au point des méthodes telles que plus on laissera les transactions s'opérer, meilleur sera le résultat atteint.

Plus les modèles tentent de devenir réalistes, plus il devient nécessaire de mettre en œuvre des techniques informatiques où chaque agent (économique, social, ou autre) est représenté par un programme indépendant. Les sources d'informations du programme et les interactions qu'il peut avoir avec les autres programmes du système sont définies et délimitées.

Ce type de représentation informatique, qui dans sa méthode approche du réel en mimant les composants objet par objet, est nommé simulation multi-agents. C'est une technique souvent plus satisfaisante que les modèles mathématiques, car la complexité de ces derniers est limitée par nos facultés de résolution des équations. Au contraire, la variété et la richesse des agents informatiques envisageables n'ont guère de bornes et permettent l'expérimentation systématique d'une multitude d'hypothèses complexes ainsi que la formulation d'explications naturelles.

Les systèmes multi-agents permettent de ne pas trop caricaturer le monde et accroissent l'intérêt des résultats obtenus. L'informatique aujourd'hui est une source de progrès dans la finesse et la précision des modèles, et tout cela permet aux chercheurs de découvrir sans cesse de nouvelles règles, de nouveaux principes et... de nouvelles morales. ■