

Robert Axelrod et l'évolution de la coopération

<https://sciencetonnante.wordpress.com/2011/10/31/robert-axelrod-et-levolution-de-la-cooperation/>



Pourquoi la coopération existe-t-elle ? Comment se fait-il que la plupart des hommes et certains animaux coopèrent entre eux, alors que la nature semble favoriser les comportements individualistes et égoïstes.

En 1981, pour essayer de répondre à cette question, un professeur en sciences politiques et un spécialiste en zoologie ont écrit un des papiers les plus étonnants qu'il m'ait été donné de lire.

L'existence de la coopération

La coopération existe chez de nombreuses espèces vivantes. C'est bien entendu manifeste chez l'homme, mais ça n'est pas son privilège. Elle se retrouve chez toutes les espèces qui vivent en société, de la meute de loup à la colonie de fourmis, mais également entre des espèces différentes voire très différentes.



On peut penser au **poisson nettoyeur**, qui rend service à un plus gros poisson en échange de la promesse de ne pas se faire manger; mais aussi aux situations de symbiose en général, par exemple pour les bactéries qui composent notre flore intestinale.

Pourtant, le comportement altruiste ne va pas de soi. De même que l'être humain trouve parfois un intérêt à entuber son prochain, **on peut se demander pourquoi le gros poisson ne mange pas le petit**, une fois que ce dernier lui a lavé les dents. Du point de vue de la sélection naturelle, se comporter en salaud peut sembler un avantage qui permet de maximiser ses probabilités de survie. Et on peut donc imaginer que les comportements altruistes auraient du être supprimés par l'évolution.

Et pourtant, dans les sociétés humaines et chez les animaux, il semble que les salauds égoïstes ne soient pas toujours ceux qui réussissent le mieux. Pour investiguer la nature des comportements de coopération et comprendre comment ils avaient pu apparaître chez les êtres vivants, Robert Axelrod et William Hamilton ont formalisé le problème en utilisant le cadre mathématique de la **théorie des jeux**.

Le jeu de la coopération

La théorie des jeux est une branche des mathématiques qui étudie les processus de décision en présence de plusieurs partenaires. Un exemple de la vie lycéenne : vous êtes un groupe de deux élèves et on vous confie la rédaction d'un exposé. Chacun des deux partenaires peut choisir soit de travailler, soit de ne rien faire. Tous les deux peuvent avoir la tentation de ne rien faire et de laisser l'autre bosser, mais si aucun des deux ne travaille, tout le monde sera perdant. L'idéal est de coopérer mais personne n'a vraiment envie.

On peut formaliser ce genre de situation en imaginant une situation à deux partenaires, où chacun a le choix entre deux options « **Coopérer** » ou « **Trahir** ». Les partenaires choisissent en secret, et en fonction des choix respectifs, ils gagnent plus ou moins de points. Considérez le tableau suivant, qui donne les points obtenus par les joueurs A et B en fonction de leurs choix :

		Joueur A	
		Coopère	Trahit
Joueur B	Coopère	A : 3 B : 3	A : 5 B : 0
	Trahit	A : 0 B : 5	A : 1 B : 1

Comme vous le voyez, **si l'un trahit et l'autre coopère, le traître empêche la mise**. Du coup les deux sont tentés de trahir plutôt que de coopérer. Mais si les deux trahissent le gain sera plus faible que si les deux choisissent de coopérer. La coopération est la meilleure solution au global, mais aucun des deux n'a d'incitation à le faire. Cette situation est représentative du dilemme du prisonnier, dont j'ai parlé dans [ce billet](#).

Si on ne joue le jeu qu'une seule fois, il est clair que chacun essaiera de trahir l'autre. Mais si on décide de le **répéter plusieurs fois de suite**, la donne change, car les joueurs peuvent par leur comportement punir la trahison ou encourager la coopération. Voyons les différentes stratégies possibles.

Les stratégies en jeu répété

Imaginons qu'avec un même partenaire, vous jouiez 100 fois de suite au jeu que j'ai défini ci-dessus. Il vous faut choisir une stratégie, c'est-à-dire une méthode permettant pour chaque tour de décider de votre prochain coup, en fonction de ce qui s'est passé les tours précédents.

Une stratégie possible, dite **stratégie méchante**, c'est de choisir « Trahir » à tous les tours. Simple, bourrin, mais pas très constructif et probablement pas optimal. Une autre stratégie, dite **stratégie gentille**, c'est de choisir « Coopérer » à tous les tours. Mais si vous faites ça, il y a fort à parier que votre partenaire exploitera votre naïveté en vous trahissant tout le temps.

On peut bien sûr imaginer des règles de décision encore plus subtiles comme celle de la **stratégie rancunière** : « Coopérer au début, et à la moindre trahison du partenaire, le trahir jusqu'à la fin des temps » (reconnaissez que l'on fait souvent ça dans la vraie vie). Ou encore la **stratégie lunatique** où l'on joue au hasard l'un ou l'autre.

Pour tester la valeur des différentes stratégies possibles, Robert Axelrod a décidé d'organiser un **grand tournoi informatisé**. Il a demandé à près de 60 personnes (mathématiciens, physiciens, psychologues...) de soumettre des stratégies, et il les a programmées. Dans son tournoi par ordinateur, chaque stratégie a été confrontée à toutes les autres dans des jeux répétés, et à la fin on a compté les points accumulés par chaque stratégie.

Certains contributeurs ont soumis des stratégies très simples, comme simplement alterner « Trahir » et « Coopérer », ou encore « *Coopérer sauf si l'autre a trahi 2 fois de suite* » ; alors que d'autres ont imaginé des choses très compliquées, comme « *faire un modèle markovien des décisions de l'adversaire et estimer le meilleur coup à l'aide d'inférence bayésienne* ».

La supériorité du « donnant-donnant »



A la surprise générale, le grand gagnant du tournoi d'Axelrod fut une stratégie extrêmement simple, soumise par le théoricien des jeux Anatol Rapoport (ci-contre). Cette stratégie

nommée « **Donnant-donnant** » (*tit-for-tat* en anglais) consiste simplement à **rejouer exactement ce que votre partenaire vient de jouer** : au premier tour, vous coopérez ; puis à chaque tour, si le partenaire vient de vous trahir, vous le trahissez, mais s'il a coopéré, vous coopérez.

C'est une stratégie à **mémoire courte**, qui ne se base que sur le dernier coup joué par l'adversaire. Dès qu'il vous trahit, pas de tergiversations, vous le punissez en trahissant. Mais s'il revient à la coopération, vous coopérez, même s'il a tenté de vous entuber 100 fois avant. On peut appeler cette stratégie « **Punition immédiate, mais pardon inconditionnel** ». Pour les parents, un principe éducatif à méditer.

Dans ses tournois, Robert Axelrod a pu constater que le donnant-donnant finissait toujours par accumuler plus de points que toutes les autres stratégies. Il a alors eu l'idée d'organiser une **version évolutionnaire du tournoi** : on part avec plein de stratégies, on organise le tournoi, on compte les points, puis on recommence un nouveau tournoi en changeant la proportion de chaque stratégie en fonction des points obtenus au tournoi précédent. De ce fait, **les stratégies qui font peu de points sont progressivement éliminées, et celles qui font beaucoup de points se multiplient**. Comme dans la nature...

Et Axelrod a pu constater qu'au bout d'un moment, seule la stratégie « donnant-donnant » reste ! Ce surprenant résultat montre qu'une stratégie coopérative peut parfaitement s'imposer dans un environnement de compétition et de sélection naturelle. « *Nice guys finish first* », bonne nouvelle !

Pour aller plus loin

Axelrod et Hamilton ont détaillé les conditions nécessaires pour qu'une stratégie comme « donnant-donnant » s'impose. Il faut comprendre comment 1) elle peut survivre au départ, 2) être stable quand elle s'est imposée et 3) résister ensuite à l'invasion de quelqu'un pratiquant une autre stratégie.

Ils montrent alors qu'un élément clé est la probabilité que deux partenaires se rencontrent à nouveau. En effet si vous ne jouez qu'une seule fois au jeu, vous avez intérêt à trahir, mais pas s'il est répété. Donc à chaque tour, si vous pensez que vous allez retrouver plus tard votre partenaire, vous avez intérêt à jouer coopératif. Par contre si vous jugez que la probabilité de se revoir est faible, vous avez intérêt à le trahir. Un principe bien connu des vendeurs.

De manière étonnante, les auteurs y voient une justification de l'existence de certaines maladies sous forme chronique ou aigue. Tant que le porteur d'une bactérie reste valide, la bactérie a intérêt à coopérer et à le maintenir en vie, mais dès que la bactérie sent que le porteur risque de disparaître (le jeu va s'arrêter), elle achève son porteur pour en profiter au maximum.

Par ailleurs il y a pas mal de résultats sur des stratégies capables de faire mieux que donnant-donnant. Notamment une stratégie « Gagne/reste Perd/change » ou l'on joue le même coup qu'avant si on a gagné, mais on change si on a perdu.

Pour d'autres infos et une revue des différentes stratégies <http://www.lifl.fr/IPD/ipd.html>

Robert Axelrod et William Hamilton, The Evolution of Cooperation, Science 211, p1390 (1981)

