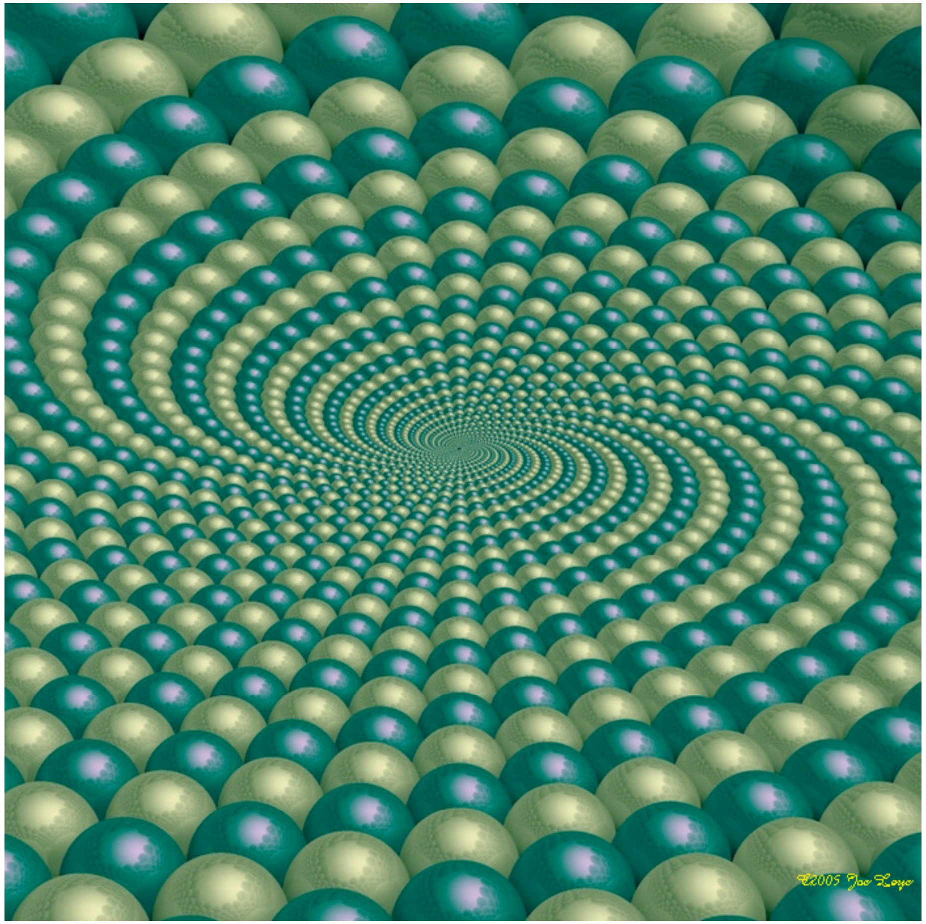

©2005 Jos Leys

Modélisation des interactions coopératives

Jean-Paul Delahaye

Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille
UMR CNRS 8022

delahaye@lifl.fr

Le voisin gênant

Le locataire de l'appartement à côté du vôtre, passe des disques de hard rock le soir après dix heures.

En représailles, vous mettez sur votre chaîne stéréo des disques d'opéra, ce qui a pour conséquence que le lendemain il recommence et vous oblige à réagir.

Vous regrettez l'ancien locataire que vous n'entendiez jamais.

C'est une situation du type :

dilemme itéré du prisonnier

Premières études par : Robert Axelrod, Professeur de Sciences Politiques à l'Université d'Ann Arbor

Le dilemme du prisonnier simple

Deux suspects porteurs d'armes ont été arrêtés devant une banque et mis dans deux cellules séparées.

Les deux prisonniers ne peuvent pas communiquer.

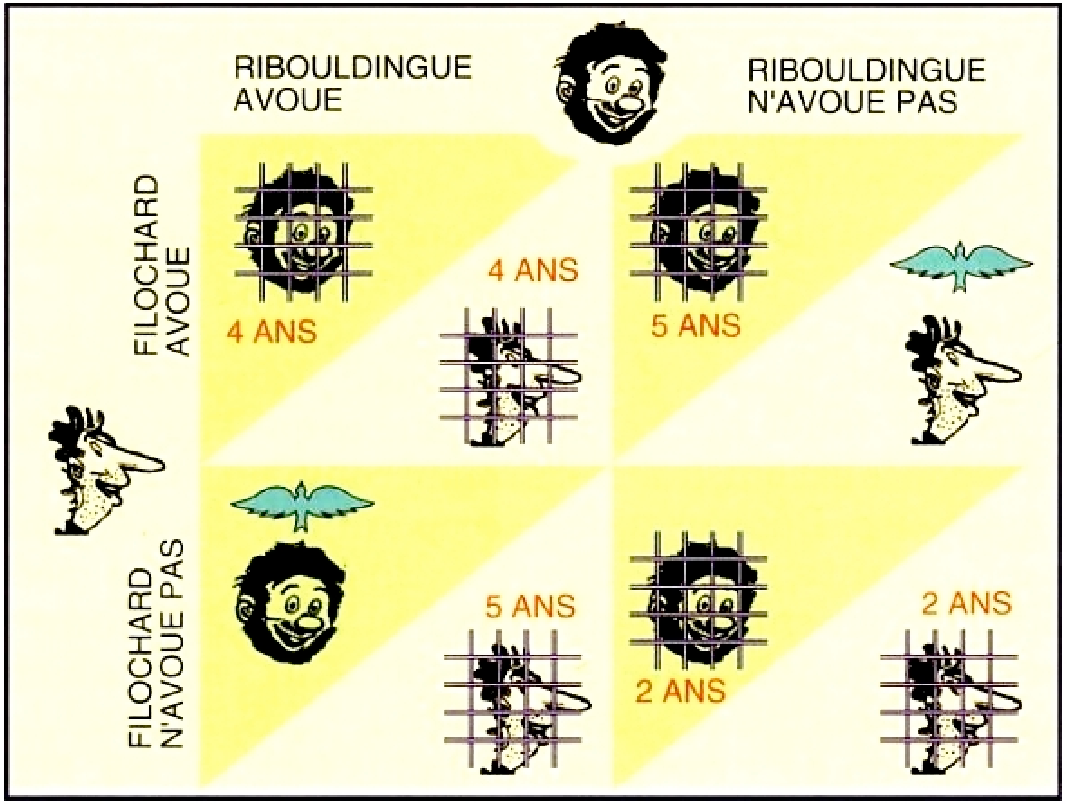
Ils doivent choisir entre avouer qu'ils s'apprêtaient à commettre un hold-up ou ne rien avouer.

Les règles que le juge leur impose sont les suivantes :

- si l'un avoue et pas l'autre, celui qui avoue sera libéré, en remerciement de sa collaboration et l'autre sera condamné à 5 ans de prison ;

- si aucun n'avoue, ils ne seront condamnés qu'à 2 ans de prison, pour port illégal d'arme;

- si les deux avouent, ils iront chacun 4 ans en prison.



DILEMME DES PRISONNIERS.

[t t]	[c t]	[c c]
-4 -4	-5 0	-2 -2

Chaque prisonnier peut raisonner ainsi :

- hypothèse 1 : mon ami avoue, mon intérêt est d'avouer car j'écoperai de 4 ans de prison au lieu de 5 ;

- hypothèse 2 : mon ami n'avoue pas, j'ai intérêt à avouer puisqu'on me libérera.

Conclusion : Dans les deux cas possibles j'ai intérêt à avouer : je vais donc avouer.

Bien que leur intérêt commun soit de rester solidaires en n'avouant rien, chacun a intérêt personnellement à trahir son ami.

Cas général

Deux entités peuvent choisir entre coopérer (notation c) ou trahir (notation t),

Si l'une trahit et l'autre coopère (partie [t,c]),

- celle qui trahit obtient un gain de T unités,
- et celle qui coopère —et s'est donc fait duper— obtient un gain de D unités.

Lorsque les deux entités **c**oopèrent (partie [c,c]) elles gagnent chacune C unités

Lorsqu'elles trahissent toutes les deux (partie [t,t]) elles gagnent **P** unités pour s'être laissé **p**iéger mutuellement.

Pour du dilemme des prisonniers, les coefficients sont négatifs (ce sont des années de liberté perdues)

T=0 **D**=-5 **C**=-2 **P**=-4

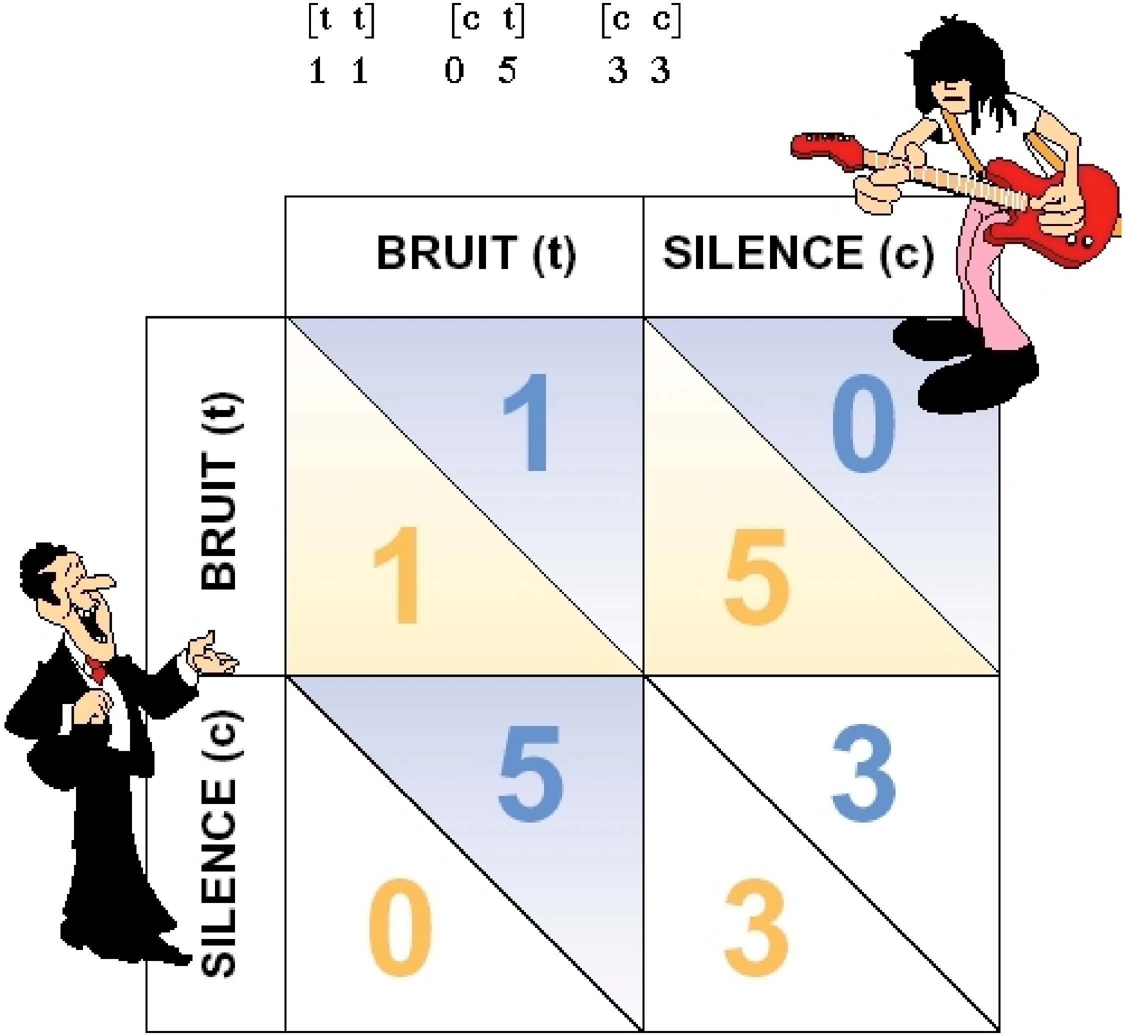
Cas du conflit avec votre voisin amateur de hard rock

- évaluons par 5 le plaisir d'écouter tranquillement de la musique après dix heures du soir sans que votre voisin en fasse autant,
- évaluons par 0 le déplaisir de devoir supporter sans réagir une musique qu'on n'aime pas,
- évaluons par 3 la satisfaction d'une soirée sans musique du tout,
- et par 1 le "plaisir" d'entendre sa musique préférée mêlée à une autre musique qu'on n'aime pas.

T=5 **D**=0 **C**=3 **P**=1.

A une constante additive près, 5, ce sont les mêmes que dans le dilemme des prisonniers.

[t t]	[c t]	[c c]
1 1	0 5	3 3



Dans le cas général pour qu'il y ait dilemme il faut que :

$$T > C > P > D$$

$$(T+D)/2 < C$$

La dernière inégalité évite qu'il soit plus intéressant de s'entendre pour, à tour de rôle, trahir et se faire duper (série de parties [c,t] [t,c] [c,t] [t,c] ...) plutôt que de coopérer (série de parties [c,c] [c,c] [c,c] [c,c] ...).

Dans le cas des prisonniers, le problème se pose une seule fois.

En revanche vous vous retrouvez à côté de votre voisin **tous les soirs**.

- Deux pays frontaliers doivent-ils lever des taxes douanières importantes sur les produits importés venant du voisin ?

- Deux entreprises concurrentes doivent-elles essayer de s'entendre pour se partager le marché ou se faire sauvagement la concurrence ?

- Deux espèces vivant sur un même territoire doivent-elles cohabiter pacifiquement ou se disputer les ressources disponibles ? etc.

Le dilemme itéré

Quelle stratégie faut-il adopter en fonction du comportement passé de l'entité adverse ?

1. GENTILLE : je coopère toujours.

2. MECHANTE : je trahis toujours.

3. LUNATIQUE : je trahis une fois sur deux au hasard.

4. DONNANT-DONNANT : je coopère à la première partie, puis après je joue ce qu'a joué mon adversaire la partie précédente.

5. RANCUNIERE : je coopère, mais dès que mon adversaire a trahi, je trahis toujours.

6. PERIODIQUE-MECHANTE : je joue périodiquement *trahir trahir coopérer trahir trahir coopérer* etc. (t t c) *

7. PERIODIQUE-GENTILLE : je joue périodiquement *coopérer coopérer trahir coopérer coopérer trahir* etc. (c c t)*

8. MAJORITE-MOU : je joue ce que mon adversaire a joué en majorité; à la première partie ou en cas d'égalité, je coopère.

9. MEFIANTE : je trahis à la première partie, puis après je joue ce qu'a joué mon adversaire la partie précédente.

10. MAJORITE-DUR : je joue ce que mon adversaire a joué en majorité; à la première partie ou en cas d'égalité, je trahis.

11. SONDEUR : aux trois premières parties je joue *trahir coopérer coopérer*; à partir de la partie 4 : si aux parties 2 et 3 mon adversaire a coopéré je trahis toujours, sinon je joue DONNANT-DONNANT.

12. DONNANT-DONNANT-DUR : je coopère sauf si mon adversaire a trahi l'une des deux parties précédentes.

- Les deux entités qui s'affrontent ne peuvent pas passer d'accord

- La seule information qu'une entité possède sur l'autre est son comportement passé.

- Les choix des deux adversaires lors de la partie numéro **n** sont faits simultanément.

- Il n'est pas possible de renoncer à jouer une partie.

- Le nombre de parties dans une confrontation n'est pas connu à l'avance (*paradoxe de la surprise)*.

Une stratégie est donc :

une règle qui permet de déterminer

en fonction du passé,

et éventuellement à l'aide de tirages au sort,

s'il faut coopérer ou trahir à l'étape **n**.

Le score d'une confrontation de 2 stratégies

Pour une confrontation de 1000 parties avec les coefficients :

T = 5, **D** = 0, **C** = 3, **P** = 1

- le gain maximum est de 5000
- le gain minimum de 0,

C'est ce qu'obtiennent MECHANTE et GENTILLE car leur confrontation donne :

[t,c] [t,c] [t,c] [t,c] [t,c] [t,c] [t,c] [t,c] [t,c] ....

5 0 5 0 5 0 5 0 5 0 5 0 5 0 5 0 5 0 ....

2 GENTILLE l'une contre l'autre obtiennent 3000 chacune.

2 MECHANTE l'une contre l'autre obtiennent de 1000 chacune.

MECHANTE contre DONNANT-DONNANT :

[t,c] [t,t] [t,t] [t,t] [t,t] [t,t] [t,t] [t,t] [t,t] [t,t] ...

5 0 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 1 ...

5 + 999x1 = 1004 pour MECHANTE,

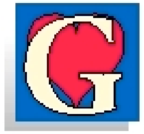
0 + 999x1 = 999 pour DONNANT-DONNANT.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	3 000	0	1 506	3 000	3 000	999	2 001	3 000	2 997	2 997	6	3 000
2	5 000	1 000	2 998	1 004	1 004	2 332	3 668	1 004	1 000	1 000	1 008	1 004
3	3 994	500	2 234	2 229	495	1 657	2 839	2 387	2 246	2 305	2 036	1 412
4	3 000	999	2 227	3 000	3 000	1 998	2 667	3 000	2 500	2 500	2 999	3 000
5	3 000	999	3 039	3 000	3 000	2 331	3 663	3 000	1 003	1 003	1 007	3 000
6	4 334	667	2 510	2 003	671	1 666	3 335	671	1 999	667	2 006	671
7	3 666	333	1 984	2 667	343	1 665	2 334	3 666	2 664	3 663	2 664	1 671
8	3 000	999	2 197	3 000	3 000	2 331	2 001	3 000	2 500	2 500	2 999	3 000
9	3 002	1 000	2 249	2 500	1 003	1 999	2 669	2 500	1 000	1 000	3 000	1 003
10	3 002	1 000	2 222	2 500	1 003	2 332	2 003	2 500	1000	1 000	2 501	1 003
11	4 996	998	2 348	2 999	1 002	1 996	2 669	2 999	2 995	2 496	1 004	1 005
12	3 000	999	2 632	3 000	3 000	2 331	3 331	3 000	1 003	1 003	1 010	3 000

1 Gentille 2 Méchante 3 Lunatique 4 Donnant-donnant

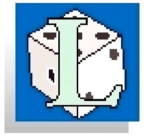
5 Rancunière 6 Périodique-M 7 Périodique-G 8 Majorité-M

9 Méfiante 10 Majorité-D 11Sondeur 12 D-D-dur

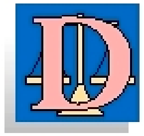


1. GENTILLE :
JE COOPÈRE TOUJOURS.

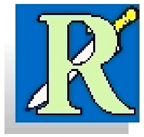
2. MÉCHANTE :
JE TRAHIS TOUJOURS.



3. LUNATIQUE :
JE TRAHIS UNE FOIS SUR DEUX, AU HASARD.



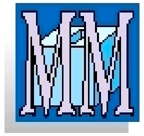
4. DONNANT-DONNANT :
JE COOPÈRE À LA 1ÈRE PARTIE, PUIS JE JOUE CE QU'A JOUÉ L'AUTRE À LA PARTIE PRÉCÉDENTE.



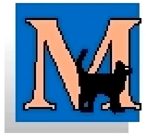
5. RANCUNIÈRE :
JE COOPÈRE, MAIS DÈS QUE MON ADVERSAIRE A TRAHI, JE TRAHIS TOUJOURS.

6. PÉRIODIQUE-MÉCHANTE :
JE JOUE TRAHIR, TRAHIR, COOPÉRER, TRAHIR, TRAHIR, COOPÉRER, TRAHIR, TRAHIR...

7. PÉRIODIQUE-GENTILLE :
JE JOUE COOPÉRER, COOPÉRER, TRAHIR, COOPÉRER, COOPÉRER, TRAHIR, COOPÉRER, COOPÉRER,...



8. MAJORITÉ-MOU
JE JOUE CE QUE L'ADVERSAIRE A JOUÉ EN MAJORITÉ, EN CAS D'ÉGALITÉ ET À LA PREMIÈRE PARTIE, JE COOPÈRE.



9. MÉFIANTE :
JE TRAHIS À LA PREMIÈRE PARTIE, PUIS JE JOUE CE QU'A JOUÉ MON ADVERSAIRE À LA PARTIE PRÉCÉDENTE.

10. MAJORITÉ-DUR :
JE JOUE CE QUE L'ADVERSAIRE A JOUÉ EN MAJORITÉ. EN CAS D'ÉGALITÉ, À LA PREMIÈRE PARTIE JE TRAHIS.

11. SONDEUR :
AUX 3 PREMIÈRES PARTIES JE JOUE TRAHIR, COOPÉRER, COOPÉRER. SI AUX PARTIES 2 ET 3 L'ADVERSAIRE A COOPÉRÉ, JE TRAHIS TOUJOURS. SINON, DONNANT-DONNANT.

12. DONNANT-DONNANT-DUR :
JE COOPÈRE, SAUF SI MON ADVERSAIRE A TRAHI LORS DE L'UNE DES DEUX PARTIES PRÉCÉDENTES.

Quelle est la meilleure stratégie ?

Tout d'abord si on entend par *meilleure stratégie*,

*une stratégie qui n'obtient jamais dans une confrontation
un score plus faible que celui de son adversaire,*

alors la réponse est : *la stratégie MECHANTE est la meilleure*.

... Mais être la meilleure en ce sens là n'est pas très intéressant ?

A moins de trouver beaucoup de stratégies naïves, on risque de faire de petits scores en moyenne...

MECHANTE ne se fait jamais battre par personne mais à quel prix !

Il ne faut pas confondre deux objectifs différents :

"faire de bons scores" et "battre tout le monde"

Si par *meilleure stratégie* on entend :

une stratégie qui fait le meilleur score possible face à toute autre stratégie

alors il n'y a pas de *meilleure stratégie*.

Supposons qu'il y ait une *meilleure stratégie*

- alors nécessairement elle doit trahir au premier coup, car confrontée à la stratégie MECHANTE c'est ce qu'il faut faire, et si on ne trahit pas dès le premier coup, on ne peut pas rattraper le handicap du premier coup.

- mais si elle trahit au premier coup, alors face à RANCUNIERE elle ne fait pas le meilleur résultat possible puisqu'elle fait moins bien que la stratégie GENTILLE, et que là encore le handicap est irrattrapable car RANCUNIERE par définition ne pardonne jamais.

En clair :

Une stratégie est bonne face à certaines, et mauvaise face à d'autres

C'est inévitable car on ne peut pas savoir à l'avance à qui on a affaire.

Cycles

Il existe des triplets de stratégies tels que :

la 1 bat la 2, la 2 bat la 3, la 3 bat la 1.

PERIODIQUE-MECHANTE : je joue périodiquement : trahir, trahir, coopérer, trahir, trahir, coopérer etc. (t t c)*

PERIODIQUE-GENTILLE : je joue périodiquement coopérer, coopérer, trahir, coopérer, coopérer, trahir etc. (c c t)*

MAJORITE-MOU : je compte le nombre de trahisons de l'autre et le nombre de coopérations, et je joue ce que l'autre a choisi en majorité; au premier coup ou lorsqu'il y a le même nombre de coopérations que de trahisons, je coopère.

Hiérarchies infinies

S1, S2, S3, ..., Sn, ... :

S2 plus fort que S1, S3 plus fort que S2, etc.

STRATEGIE Sn : je joue périodiquement : trahir (2^n - 1) fois puis coopérer une fois, puis trahir (2^n - 1) fois, puis coopérer une fois, etc. (t t t ... t c)*

Même s'il n'y a donc pas de stratégie meilleure *dans l'absolu,* il est évident que toutes les stratégies ne se valent pas :

certaines sont trop gentilles,

d'autres trop susceptibles,

d'autres trop peu réactives etc.

Les confrontations deux par deux ne permettent pas de désigner la meilleure stratégie. Organisons une

confrontation généralisée :

- on prend un ensemble de stratégies ;
- on fait combattre chacune d'elles contre toutes les autres ;
- et on mesure les **scores cumulés** de chacune ;
- on classe les stratégies en fonction de ces **scores cumulés**.

Confrontation généralisée avec des combats de 1000 parties

Classement et scores dans une confrontation généralisée des 12 stratégies.

DONNANT-DONNANT (30890),
MAJORITE-MOU (30527),
RANCUNIERE (28045),
SONDEUR (27507),
PERIODIQUE-GENTILLE (27320),
DONNANT-DONNANT-DUR (27309),
GENTILLE (25506),
LUNATIQUE (24336),
MEFIANTE (22925),
MAJORITE-DUR (22066),
MECHANTE (22022),
PERIODIQUE-MECHANTE (21210).

Classement et scores dans une confrontation généralisée quand on enlève RANCUNIERE.

DONNANT-DONNANT (27897),
MAJORITE-MOU (27429),
PERIODIQUE-GENTILLE (27002),
SONDEUR (26571),
DONNANT-DONNANT-DUR (24293),
LUNATIQUE (24186),
GENTILLE (22491),
MEFIANTE (21924),
MECHANTE (21004),
MAJORITE-DUR (20923),
PERIODIQUE-MECHANTE (20505).

Classement et scores dans une confrontation généralisée quand on enlève PERIODIQUE-GENTILLE.

MAJORITE-MOU (28883),
DONNANT-DONNANT (28324),
SONDEUR (25113),
RANCUNIERE (24352),
DONNANT-DONNANT-DUR (23999),
GENTILLE (23507),
MAJORITE-DUR (20513),
MEFIANTE (20253),
LUNATIQUE (19020),
MECHANTE (18385),
PERIODIQUE-MECHANTE (17881).

Lorsqu'on enlève une stratégie DONNANT-DONNANT arrive en tête 10 fois sur 12.

Les deux fois où DONNANT-DONNANT n'est pas en tête c'est MAJORITE-MOU qui gagne.

La stratégie DONNANT-DONNANT ne gagne pas toujours, mais elle est toujours bien placée.

Est-ce un hasard ?

Non, c'est là le résultat fondamental découvert par Robert Axelrod.

Il a organisé une série de concours en demandant à des scientifiques de disciplines variées de lui proposer des stratégies.

DONNANT-DONNANT, a été proposée par :

Anatol Rapoport, Professeur de Psychologie à l'Université de Toronto, et auteur d'un livre sur le dilemme des prisonniers.

Les plus sophistiquées des stratégies ne semble rien pouvoir faire contre la réactivité et la simplicité de DONNANT-DONNANT.

Axelrod a constaté que :

- le classement des *méchantes* (celles à qui il arrive de trahir en premier) était presque toujours mauvais,
- alors que celui des *gentilles* (qui ne trahissent jamais en premier) était presque toujours bon :

même dans un environnement d'égoïsme général
sans autorité supérieure de contrôle,
il est plus payant de prendre le risque de coopérer
que de chercher à profiter de ceux qui vous font confiance.

Ce succès de DONNANT-DONNANT confirme que :

"battre tout le monde" n'est pas "être le meilleur"

Paradoxe de DONNANT-DONNANT

Dans une confrontation à deux* DONNANT-DONNANT *ne gagne jamais !!!

Au mieux elle fait un score égal à celui de son adversaire, mais elle ne peut pas le dépasser.

DONNANT-DONNANT oblige l'autre à coopérer, parce que toute différence de score dans une confrontation se paye par une baisse des deux scores :

face à DONNANT-DONNANT vous avez le choix entre :

- *coopérer (ce qui est bon pour vous deux)*
- *ou essayer de la duper (ce qui est mauvais pour vous deux).*

Autre propriété de DONNANT-DONNANT :

jamais vous ne pouvez la battre de plus de 5 points,

et cela quelles que soient la longueur de la confrontation et les ruses que vous employez.

Morales

(a) il vaut mieux être *gentil* que *méchant* ;

(b) il est nécessaire d'être *réactif* : ne pas réagir aux trahisons de l'autre ne peut que l'encourager à recommencer ;

(c) il faut *savoir pardonner rapidement* : perdre définitivement confiance en son adversaire dès qu'il a trahi (comme le fait RANCUNIERE) empêche une "réconciliation";

(d) il ne sert à rien de *vouloir trop ruser*, car la *clarté* du comportement est seule susceptible de conduire à une coopération mutuelle prolongée.

Robustesse des résultats ?

Que se passe-t-il lorsqu'on modifie la durée des confrontations ou lorsqu'on modifie les coefficients

T=5 C=3 D=0 P=1 ?

Les expériences menées montrent que les résultats changent peu :

DONNANT-DONNANT n'arrive pas toujours en tête, mais pourvu que les confrontations servant aux tests soient assez longues et que les coefficients choisis respectent les inégalités mentionnées plus haut,

DONNANT-DONNANT est toujours très bien classée et

les stratégies de tête ont toutes des qualités analogues à celles de DONNANT-DONNANT :

gentillesse, réactivité, indulgence.

Une ruse qui échoue

PERFIDE *: je joue* DONNANT-DONNANT *sauf qu'une fois sur* 10, *au hasard, au lieu de répondre à une coopération par une coopération, je réponds par une trahison.*

Elle essaie d'exploiter les stratégies du type MAJORITE-MOU qui coopèrent pourvu qu'on ne les trahisse pas trop souvent, et en même temps PERFIDE essaie d'être réactive.

PERFIDE obtient des résultats assez médiocres.

Confrontation de PERFIDE contre DONNANT-DONNANT

Dans un premier temps les deux stratégies coopèrent : [c,c] [c,c] [c,c] ...

Arrive un moment où PERFIDE trahit : [t,c]. Cela provoque la réaction de DONNANT-DONNANT : [c,t]. Mais alors PERFIDE réagit ce qui donne lieu pendant un moment à des parties alternées :

[t,c] [c,t] [t,c] ... [c,t]

jusqu'à ce que PERFIDE à nouveau choisisse de trahir en réponse à une coopération, donnant lieu alors :

[t,t] [t,t] [t,t] ...

Evolution ?

Simulation écologique :

- Au départ on a des stratégies avec pour chacune d'elles un effectif (de 100 individus par exemple).

- Une *confrontation généralisée* se déroule alors donnant à chaque stratégie un certain score.

- Ces scores sont utilisés pour définir les nouveaux effectifs des stratégies en compétition conduisant à ce que nous appellerons une nouvelle *génération*.

- Une nouvelle *confrontation généralisée* se déroule alors dont les résultats sont utilisés pour définir les effectifs de la *troisième génération.* Etc.

Pour qu'une stratégie soit gagnante dans un tel concours, il faut qu'elle soit bonne face aux nouveaux mélanges que l'évolution fait apparaître.

LES SIMULATIONS ÉCOLOGIQUES

À la génération n, il y a trois types de stratégies :
les *'A'* d'effectif $a(n)$, les *'B'* d'effectif $b(n)$, les *'C'* d'effectif $c(n)$.
On connaît la matrice des gains correspondant aux combats à deux que peuvent faire les stratégies A, B et C entre elles :

$p(A,B)$ = gain en points pour A, lorsque A joue contre B, etc.

On suppose que l'effectif total est fixe :

$$e = a(n) + b(n) + c(n) = a(n + 1) + b(n + 1) + c(n + 1) = \ldots$$

Calculs des points gagnés à la génération n par un A, ou un B, ou un C :

$$g(A,n) = (a(n)-1).p(A,A) + b(n).p(A,B) + c(n).p(A,C)$$
$$g(B,n) = a(n).p(B,A) + (b(n)-1).p(B,B) + c(n).p(B,C)$$
$$g(C,n) = a(n).p(C,A) + b(n).p(C,B) + (c(n)-1).p(C,C)$$

Total des points gagnés par toutes les stratégies en présence :

$$t(n) = a(n).g(A,n) + b(n).g(B,n) + c(n).g(C,n)$$

Effectif des naissances constituant la population à la génération $n + 1$

$a(n + 1) = e.a(n).g(A,n) / t(n)$ (arrondi à l'entier inférieur)
$b(n + 1) = e.b(n).g(B,n) / t(n)$ (arrondi à l'entier inférieur)
$c(n + 1) = e.c(n).g(C,n) / t(n)$ (arrondi à l'entier inférieur)

DONNANT-DONNANT s'en tire encore très bien.

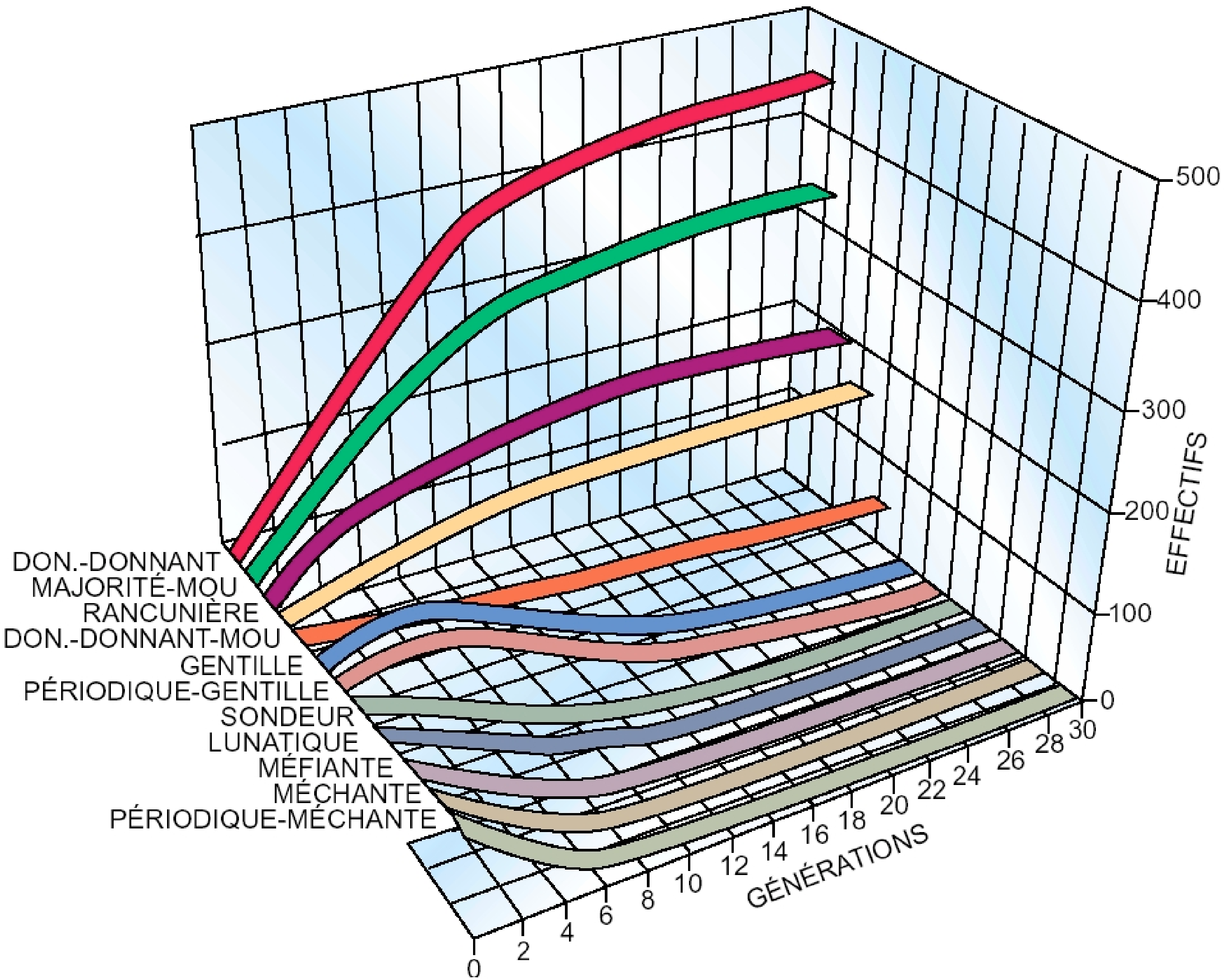
• Elle n'élimine pas toutes ses concurrentes.

• Toutes les stratégies méchantes disparaissent.

• Lorsque les stratégies méchantes sont éliminées, il ne reste alors plus que des gentilles qui coopèrent toutes entre elles et sans arrêt.

• Tout est alors stabilisé. Les stratégies sont indiscernables.

On arrive à un état de coopération généralisée et stabilisée


DON.-DONNANT
MAJORITÉ-MOU
RANCUNIÈRE
DON.-DONNANT-MOU
GENTILLE
PÉRIODIQUE-GENTILLE
SONDEUR
LUNATIQUE
MÉFIANTE
MÉCHANTE
PÉRIODIQUE-MÉCHANTE
EFFECTIFS
0
100
200
300
400
500
GÉNÉRATIONS
0 2 4 6 8 10 12 14 16 18 20 22 24 26 28 30

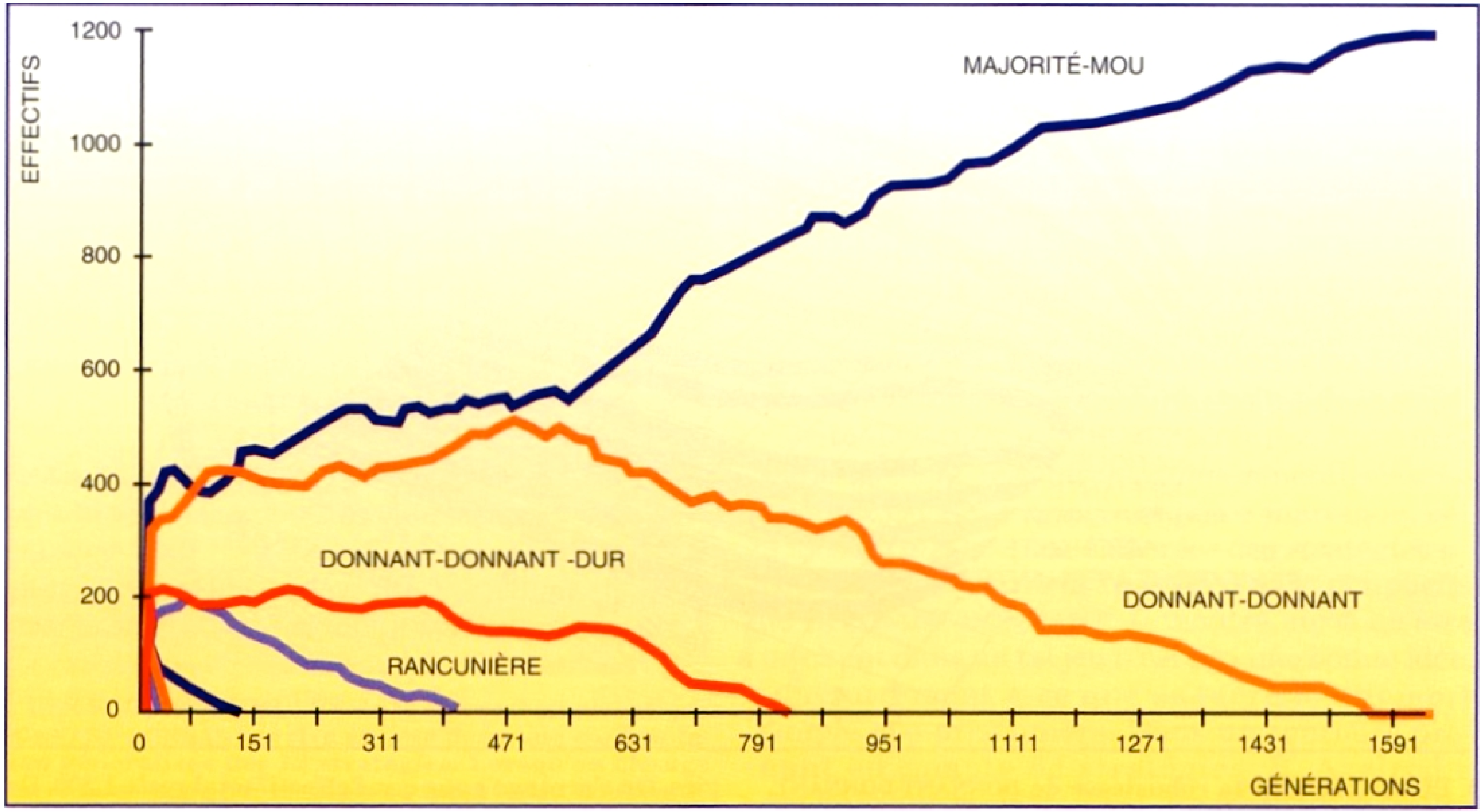
Dérives aléatoires

Dans une simulation plus réaliste, il faut faire intervenir un certain aléas, par exemple :

en tirant au sort à la fin de chaque génération 50 individus qui meurent (d'accident !)

On voit alors apparaître des *dérives* : certaines stratégies qui n'ont pas de chances disparaissent (victimes plus que d'autres des accidents), d'autres au contraire accroissent leurs effectifs profitant des trous laissés par les malchanceuses.

On montre que si on introduit un aléa de ce type, alors au bout d'un temps fini une seule stratégie reste en course (et ce n'est pas forcément DONNANT-DONNANT).


EFFECTIFS
1200
1000
800
600
400
200
0
MAJORITÉ-MOU
DONNANT-DONNANT -DUR
DONNANT-DONNANT
RANCUNIÈRE
0
151
311
471
631
791
951
1111
1271
1431
1591
GÉNÉRATIONS

Invasion

• Invasion d'une population de MECHANTE par un commando de DONNANT-DONNANT.

On considère une population de 1000 stratégies, composée de

- 50 DONNANT-DONNANT
- 950 MECHANTE

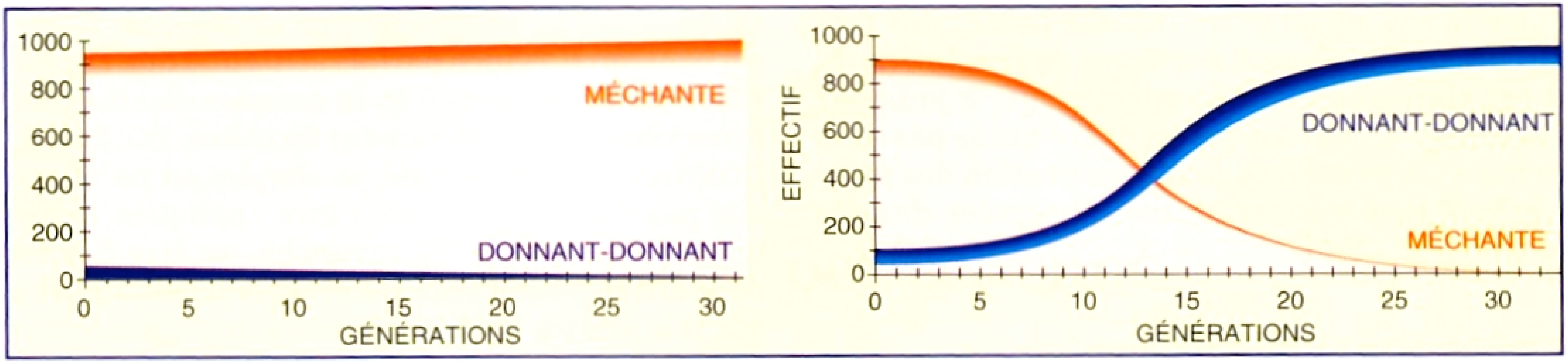
qu'on fait évoluer (avec des confrontations sont de 10 parties).

Les DONNANT-DONNANT ne sont pas assez nombreuses pour envahir les MECHANTE.

• Par contre si au départ on place

- 100 DONNANT-DONNANT
- 900 MECHANTE

alors les MECHANTE se font envahir.



ON CONSIDÈRE UNE POPULATION de 1 000 stratégies, composée de 50 DONNANT-DONNANT et de 950 MÉCHANTE, qu'on fait évoluer comme à la figure 4 (sauf que les confrontations sont de dix parties). Les DONNANT-DONNANT ne sont pas assez nombreuses pour envahir les MÉCHANTE. En revanche, si, au départ, on place 100 DONNANT-DONNANT et 900 MÉCHANTE, alors les MÉCHANTE se font envahir.

On démontre que les DONNANT-DONNANT envahissent les MECHANTE si et seulement si au départ elles représentent plus de 1/17 de l'effectif total. Pour des confrontations de 1000 parties 1/17 devient 1/1997.

Résultats mathématiques

- La stratégie MECHANTE ne peut pas être envahie par une stratégie isolée, (comme il pourrait en apparaître une par mutation dans une population composée uniquement de MECHANTE).

On dit que la stratégie MECHANTE est *collectivement stable*

- Un bloc de plusieurs stratégies DONNANT-DONNANT apparaissant brusquement peut envahir une population composée uniquement de MECHANTE.

- Une stratégie réactive (c'est-à-dire qui répond à toute trahison) est toujours collectivement stable,

- Une stratégie gentille —qui coopère en premier— doit réagir à la première trahison de l'autre pour être collectivement stable.

- Si une stratégie est gentille et collectivement stable, alors elle ne peut pas être envahie, même par un bloc.

Biologistes intéressés

On comprend pourquoi des individus peuvent coopérer tout en poursuivant des buts égoïstes.

W. Hamilton, Professeur de Biologie évolutive a appliqué ces résultats à la théorie de l'évolution.

Les mécanismes mis à jour par Axelrod aident à comprendre ce qui se passe lors de la constitution des associations coopératives stables observées dans le monde biologique.

Chez les êtres microscopiques inférieurs, les stratégies peuvent être programmées par réflexe et n'être que le résultat de mécanismes chimiques élémentaires.

Pour que la coopération s'instaure, il suffit qu'il y ait continuité dans les confrontations :

Les entités doivent rester face à face pendant des durées suffisantes.

Continuité

- On observe fréquemment des phénomènes coopératifs chez les individus des espèces territoriales qui sont à même d'avoir des confrontations prolongées.

- Pour que des entités mobiles puissent mener des parties prolongées du dilemme itéré des prisonniers, il leur faut de *bonnes capacités d'identification*.

Complexité et intelligence

La complexité et l'intelligence favorisent la coopération.

Les législateurs, responsables politiques ou économiques peuvent tirer des règles élémentaires destinées à favoriser la coopération ou à l'éviter.

Pour favoriser la coopération, il faut créer des interactions stables,

Ces principes sont connus plus ou moins confusément par chacun.

Les banques imposent par exemple à leur personnel de changer souvent d'agence.

Les généraux militaires ennemis ont parfois été victimes de l'instauration de la coopération entre leurs soldats supposés s'entre-tuer.

Pendant la *guerre des tranchées* entre 1914 et 1918 de nombreux cas d'ententes entre soldats ennemis se sont produits :

- conventions tacites entre tranchées ennemies pour ne pas viser juste,

- trêves implicitement convenues à certaines heures, etc.

Une variante inquiétante

Les entités qui s'opposent peuvent appliquer différentes stratégies selon une marque qu'elles identifient sur les entités avec lesquelles elles sont confrontées.

- il y a deux marques possibles A et B

- les A jouent la stratégie MECHANTE avec les B et la stratégie DONNANT-DONNANT avec les A,

- les B jouent la stratégie MECHANTE avec les A et la stratégie DONNANT-DONNANT avec les B.

Il se passe alors le phénomène suivant.

Les A coopéreront entre eux,

Les B coopéreront entre eux.

Mais à chaque fois qu'un A rencontre un B ils se déchirent.

Pire, si un A décide de jouer la stratégie DONNANT-DONNANT avec tout le monde les B refusent de coopérer et l'exploitent.

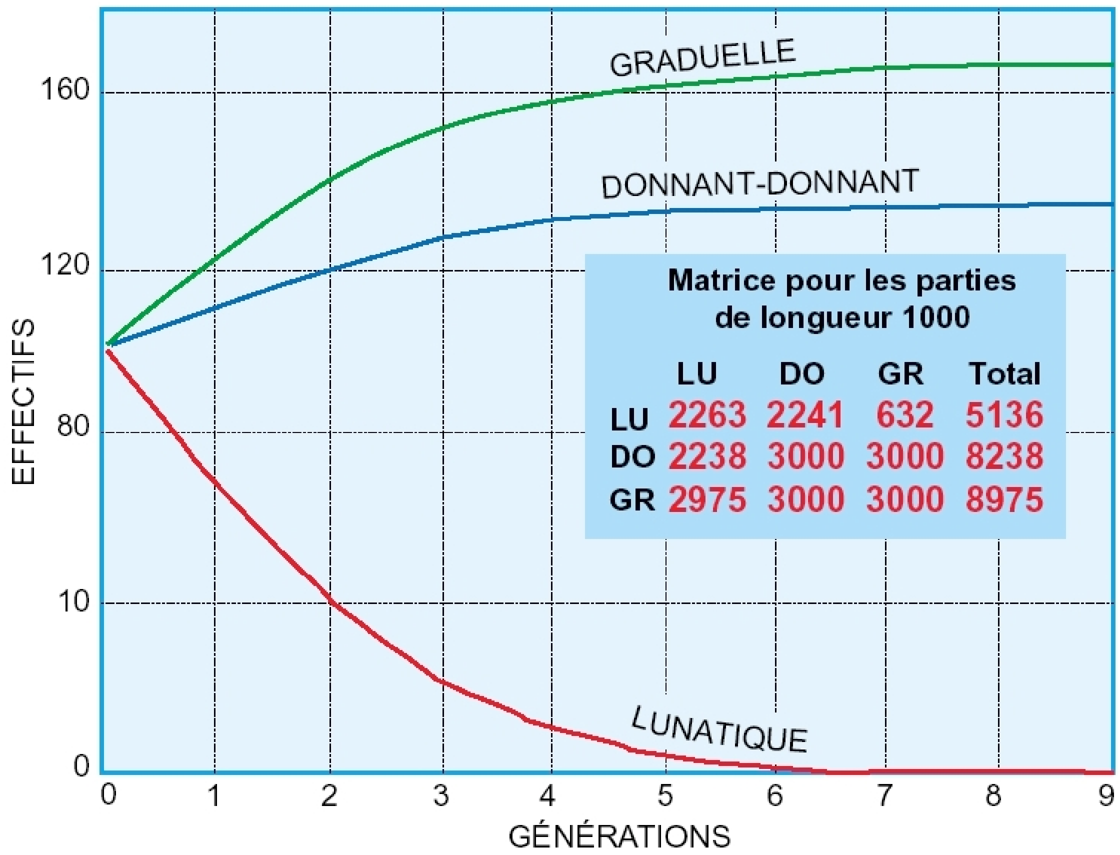
Un tel univers de A et de B serait donc le lieu d'un conflit permanent et impossible à interrompre entre les A et les B

pourtant parfaitement semblables

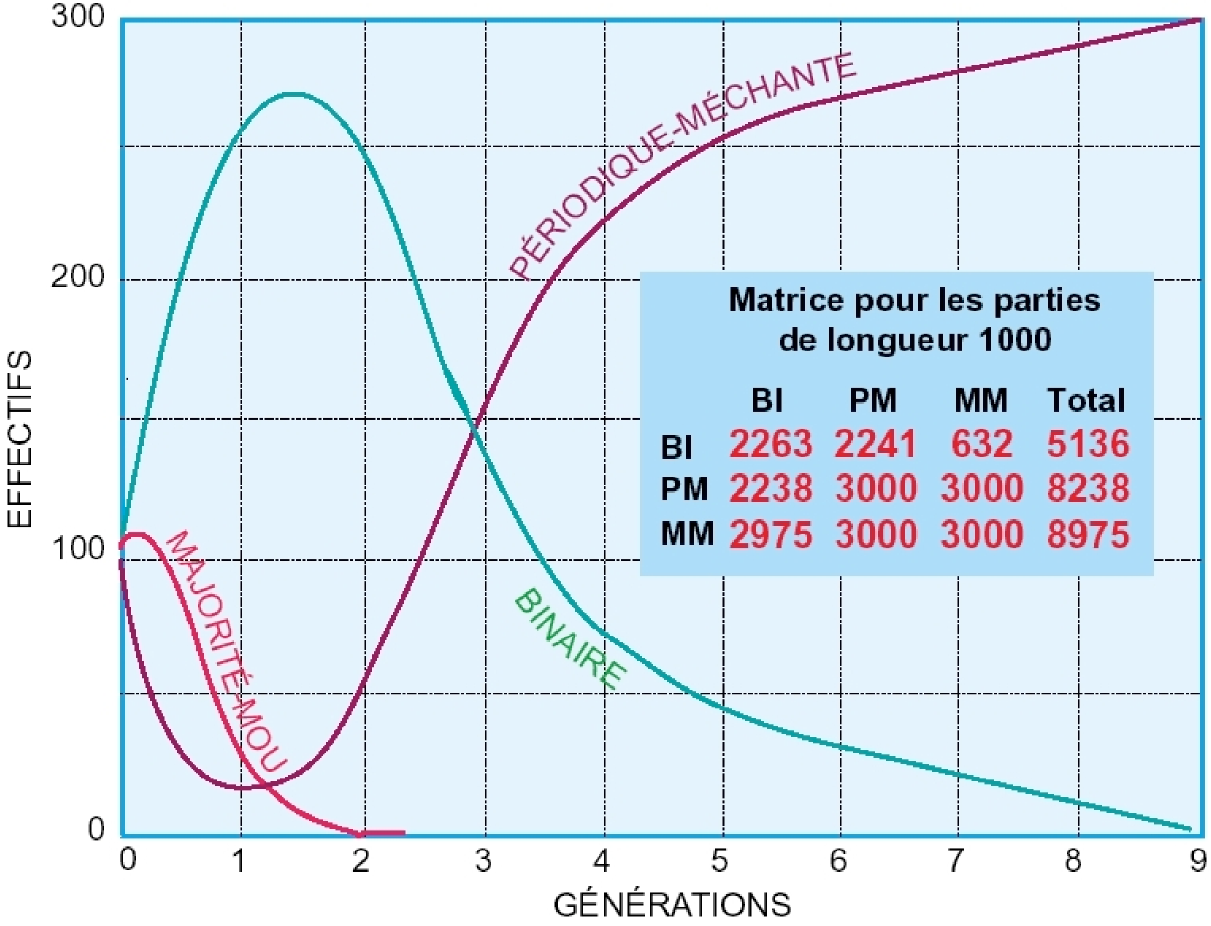
Aucun n'est plus méchant que l'autre, mais chaque interaction des A avec les B confirme les uns et les autres dans le préjugé que :

«seuls ceux de mon camp sont bons et que les autres sont méchants».

«Le crime ne paie pas.»



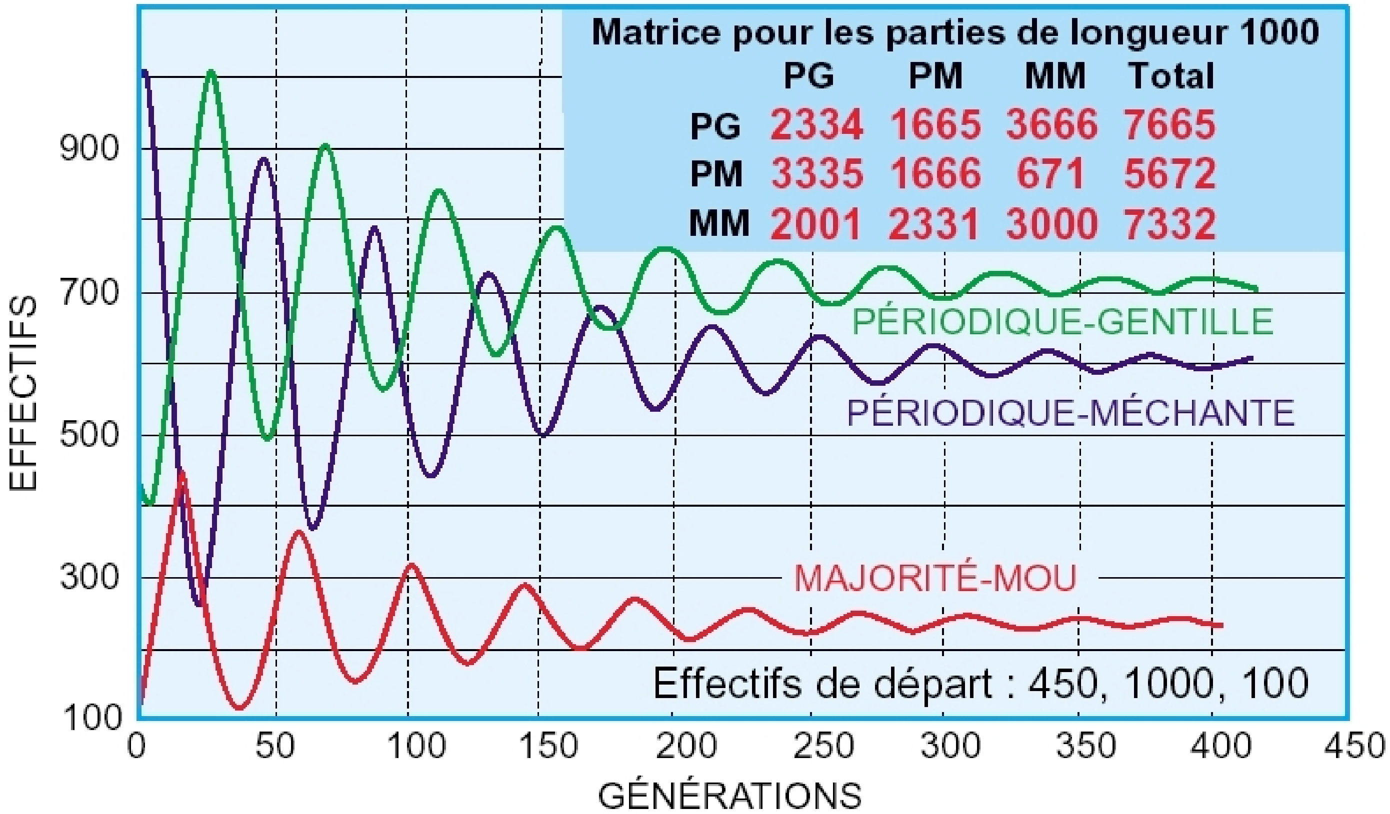
«LE CRIME... PAIE.»



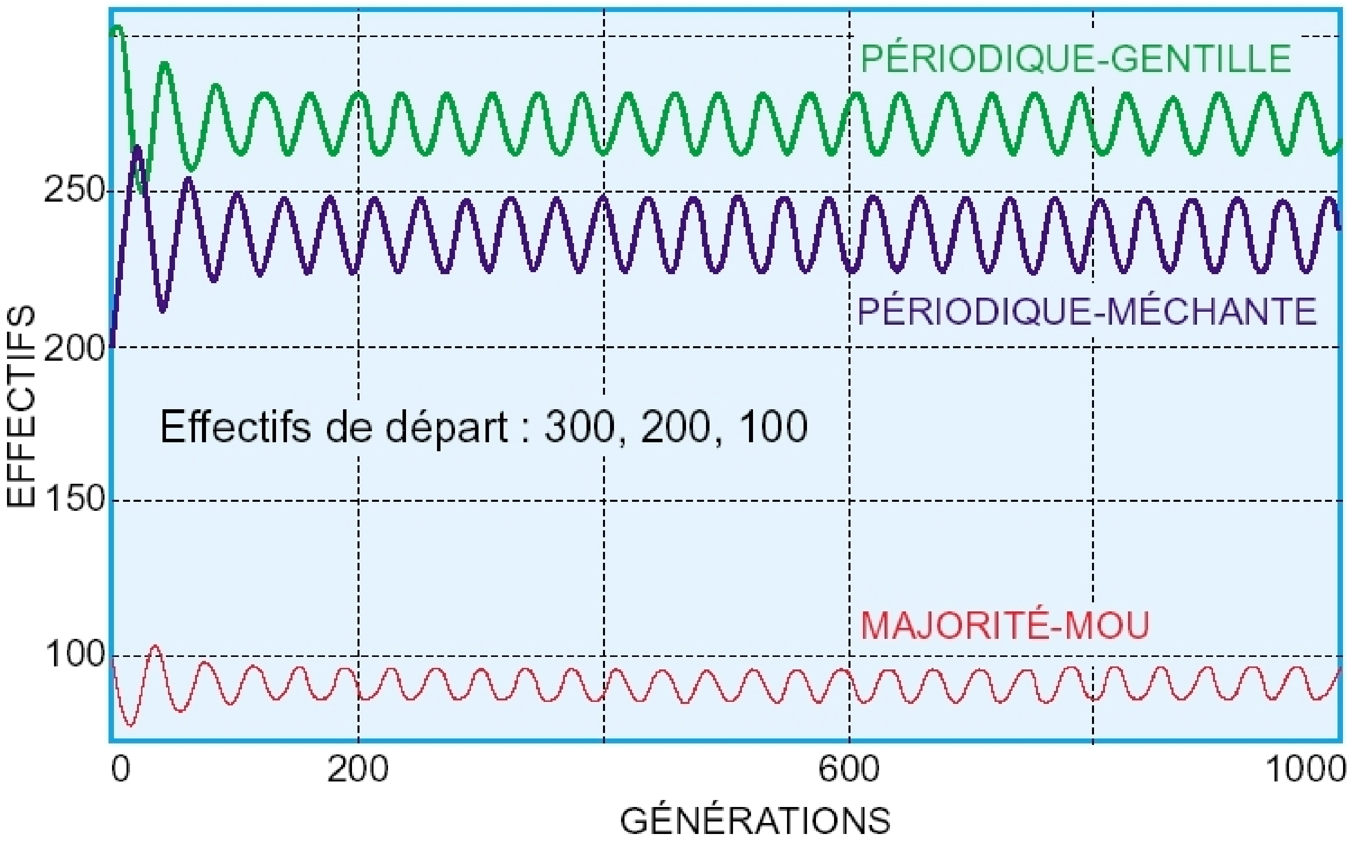
Matrice pour les parties de longueur 1000

	BI	PM	MM	Total
BI	2263	2241	632	5136
PM	2238	3000	3000	8238
MM	2975	3000	3000	8975

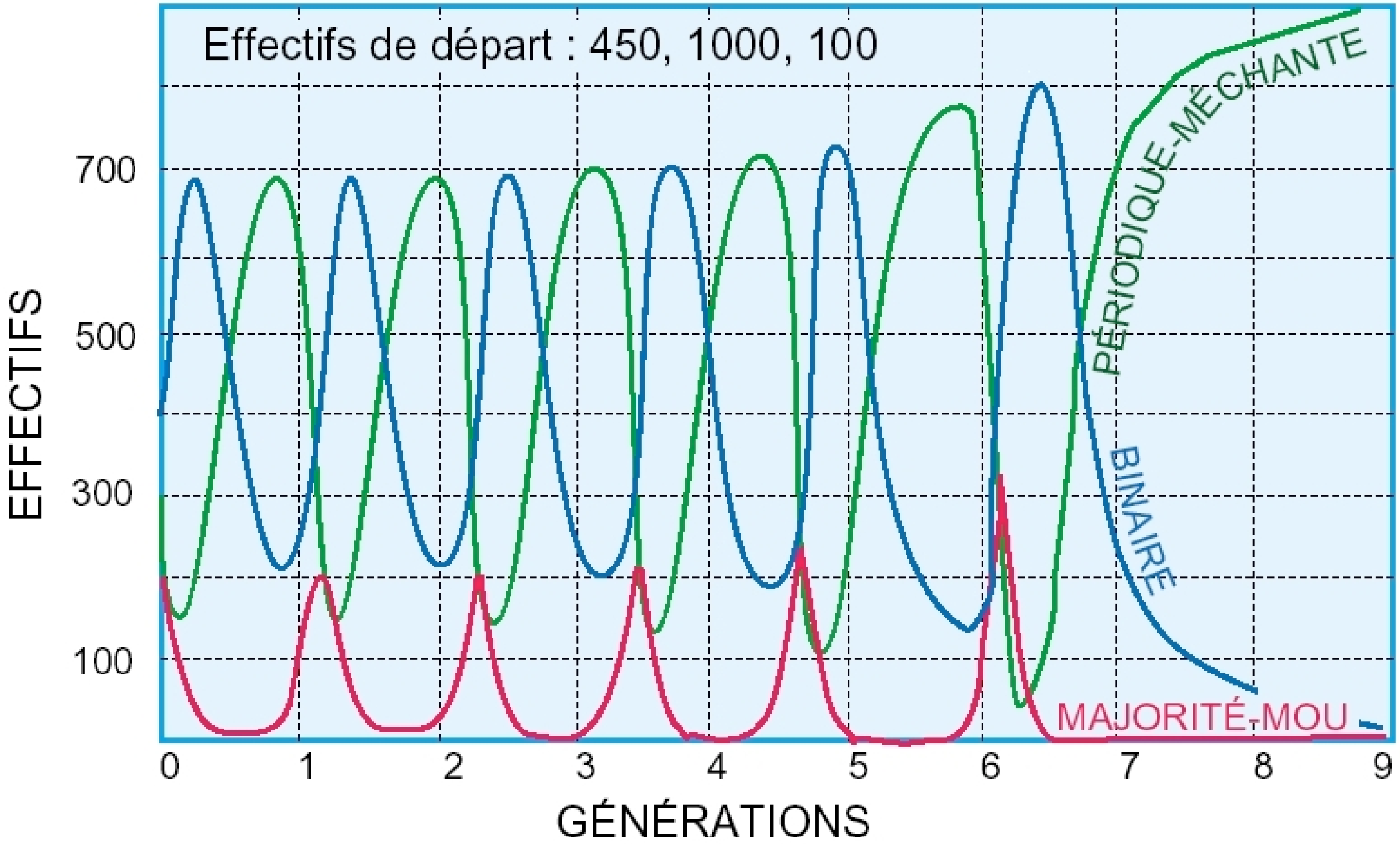
«Tout vient à point à qui sait attendre.»



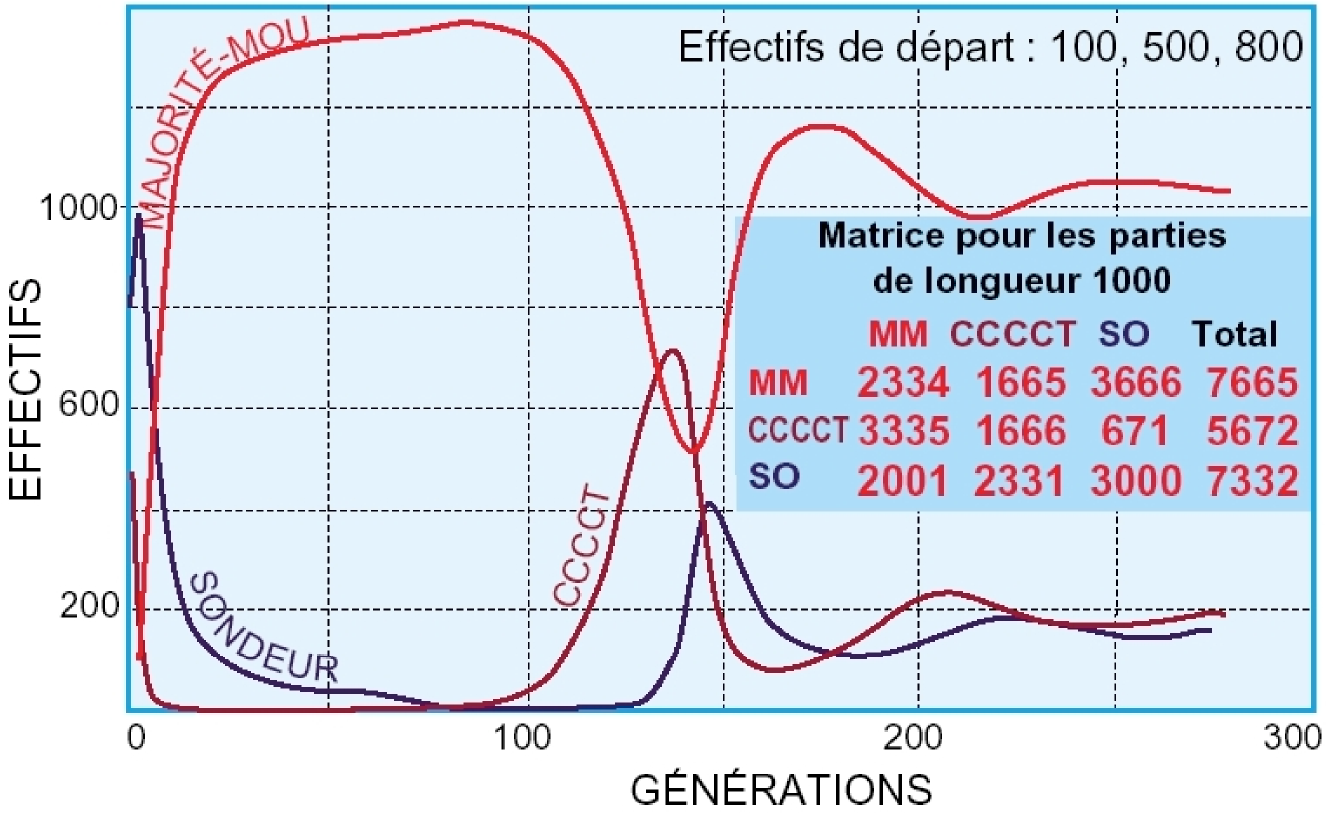
«L'ÉTERNEL RECOMMENCEMENT»

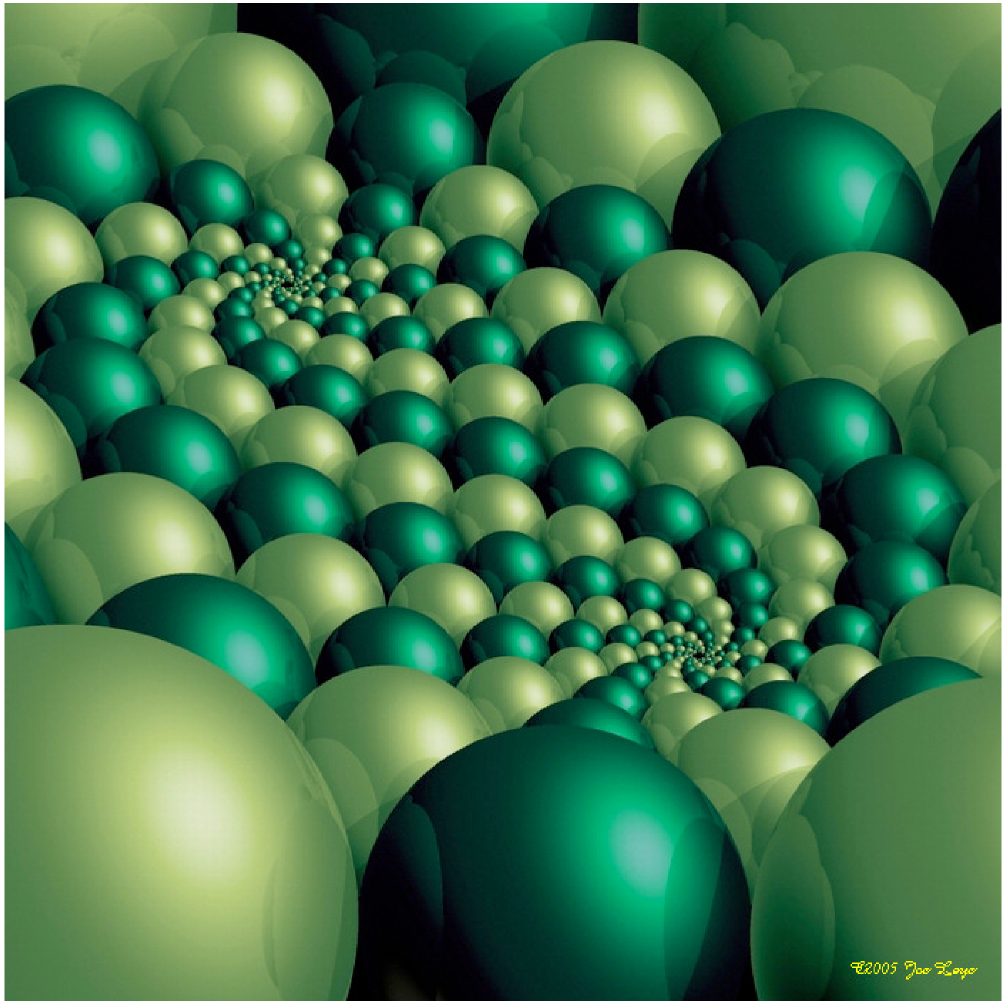


«Tant va la cruche à l'eau...»



«De la discussion naît la lumière»




©2005 Joe Leys

La variante avec renoncement et le concours

Dans bien des situations réelles la possibilité est offerte de refuser de jouer :

On évite les gens qui semblent ne pas avoir un comportement correct, trop peu coopératifs, trop lunatiques,.

Après une série de mauvaises expériences on dit :

«celui-là je ne veux plus en entendre parler».

Le patron mécontent de son employé le renvoie.

En plus de coopérer (c), et de trahir (t) on peut :

renoncer à jouer (r).

Lorsque vous refusez de jouer c'est définitif.

Mêmes coefficients que :

T=5, D=0, C=3, P=1

Nous introduisons le coefficient

N=2

qui est le gain pour les deux stratégies lorsqu'une partie n'aura pas lieu parce que l'une a refusé de jouer.

Le coefficient N est pris plus petit que T et C, car il y a avantage à trahir un adversaire qui coopère ou à coopérer avec quelqu'un qui coopère par rapport à se débrouiller seul.

Mais N est pris plus grand que D et P car l'attitude prudente consistant à se débrouiller seul rapporte plus que de se faire duper par un traître ou que de se faire mutuellement mal en trahissant quelqu'un qui vous trahit.

Ce coefficient N=2 n'encourage pas le renoncement à jouer car entrer dans un cycle [c,t] [t,c] [c,t] [t,c] ... rapporte 2,5 points en moyenne par partie alors que renoncer à jouer ne rapporte que 2 points par partie.

Toutes les stratégies du premier jeu sont encore des stratégies pour ce nouveau jeu,

PRUDENCE TOTALE : je refuse de jouer dès la première partie.

SUSCEPTIBLE : je coopère tant que l'autre coopère, et je renonce à jouer dès que l'autre a trahi.

INDULGENTE : je coopère tant que dans les parties passées l'autre n'a pas trahi plus de fois qu'il n'a coopéré; sinon je renonce à jouer.

DURE : je trahis toujours tant que l'autre coopère, et je refuse de jouer dès qu'il a trahi.

Les règles du concours ouvert aux lecteurs étaient les suivantes :

- Chaque joueur ne peut proposer qu'une seule stratégie au plus.

- La confrontation généralisée des stratégies proposées (chaque stratégie contre chaque autre) sera faite avec un nombre de parties non fixé à l'avance, mais plus grand que 100 et plus petit que 1000.

- C'est cette confrontation généralisée qui détermine le gagnant.

Les tribus de chasseurs

Dans une savane éloignée vivent proches l'une de l'autre deux tribus de chasseurs, les A et les B.

• Chaque jour, elles vont chasser ensemble et peuvent donc coopérer l'une avec l'autre, auquel cas elles ramènent en tout 6 pièces de gibiers qu'elles se partagent : 3 + 3.

Une telle journée est notée [c,c] et le gain en récompense de la sage **c**oopération est donc pour chaque tribu de C=3.

• Il se peut que la tribu A choisisse d'exploiter la tribu B, par exemple en lui subtilisant du gibier et en se sauvant.

Dans de tels cas qu'on notera [t,c] le gain pour la tribu A qui a **t**rahi est de T=5, et pour la tribu B qui s'est fait **d**uper de D=0.

• Les jours où les deux tribus cherchent à trahir simultanément, parties notées [t,t], il en résulte une bagarre qui nuit à la chasse.

Chaque tribu est **p**unie et ne gagne que P=1.

• La tribu A peut arriver à la conclusion qu'il vaut donc mieux déménager le village loin des B, et ensuite aller chaque jour sans eux à la chasse.

Dans un tel cas les A rapportent chez eux exactement 2 pièces de gibier par jour : R=2.

Bien sûr, les B qui eux aussi se retrouvent seuls pour chasser rapportent 2 pièces de gibier par jour.

Exemples de stratégies, de parties et de calculs de score.

Mini-concours

DUR. Je trahis tant que mon adversaire coopère. Dès qu'il trahit je renonce.

SONDEUR-4-COUPS. Aux quatre premiers coups je joue *coopérer, coopérer, trahir, trahir*. Ensuite, si dans les quatre premiers coups mon adversaire a trahi 3 ou 4 fois je renonce, sinon je coopère tout le reste du temps.

DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL. Je joue la stratégie DONNANT-DONNANT, mais de plus, tous les cinq coups je compte mon score, et si j'ai obtenu moins de 2 points en moyenne par coup, je renonce.

• DUR contre SONDEUR-4-COUPS :

	[t,c]	[t,c]	[t,t]	[r]
DUR				2005
SONDEUR-4-COUPS				1995

• DUR contre DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL :

	[t,c]	[t,t]	[r]
DUR			2002
DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL			1997

- SONDEUR-4-COUPS contre DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL :

[c,c] [c,c] [t,c] [t,t] [c,t] [c,c] [c,c] [c,c] ...

SONDEUR-4-COUPS	2997
DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL	2997

- DUR contre lui-même : [t,t] [r]

DUR	1999

- DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL contre lui-même :

[c,c], [c, c] ...

DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL	3000

- SONDEUR-4-COUPS contre lui-même :

[c,c] [c,c] [t,t] [t,t] [c,c] [c,c] ...

SONDEUR-4-COUPS	2996

DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL	7994
SONDEUR-4-COUPS	7988
DUR	6006

DUR qui bat individuellement chacun de ses adversaires, perd au total, car *pour faire un bon score*

• il faut réussir à établir une coopération mutuelle (ce que l'attitude intransigeante de DUR interdit),

• et non pas de réussir à voler quelques points à un adversaire coopératif, qui risque de ne pas se laisser faire longtemps.

On peut être certain d'avoir 2000 points par partie contre chaque adversaire :

il suffit de renoncer dès le premier coup

Une telle stratégie solitaire est certaine de ne jamais se faire exploiter,

mais elle se condamne à ne jamais tirer aucun bénéfice de coopérations réussies

Il est parfois utile de renoncer.

Certains lecteurs ont soutenu que :

celui qui gagnerait n'utiliserait pas l'opportunité de renoncer,

et donc le jeu-concours se ramenait au problème classique du dilemme itéré des prisonniers

Il semble pourtant évident que renoncer est utile lorsqu'on se trouve face à quelqu'un qui trahit sans arrêt (stratégie proposée par deux lecteurs).

• Il vaut mieux gagner 2 points par partie —ce que donne le renoncement—, que gagner 1 point par partie —ce qui est le mieux qu'on puisse faire face à celui qui trahit toujours si on ne renonce pas.

• Si on reprend les 12 stratégies de l'article de novembre en y ajoutant DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL, c'est lui qui gagne.

• La meilleure des stratégies du concours n'utilisant pas le renoncement est classée 16 ème.

Renoncement définitif ?

Cette règle est bien sûr simplificatrice, mais c'est elle aussi qui rend le problème intéressant.

En effet, si on acceptait que le renoncement soit temporaire alors nous aurions un jeu où à chaque étape nous pourrions choisir trois options.

Pourquoi pas 4 options, ou même encore plus ?

De tels jeux ont déjà été étudiés et rien d'extrêmement clair n'a été obtenu.

La dissymétrie que nous avions retenue entre l'option renoncer et les autres était délibérée, et c'est parce qu'il nous semblait qu'elle préservait bien la structure du dilemme classique en la généralisant légèrement que nous étions persuadés qu'elle conduirait à des résultats intéressants.

Les stratégies éliminées

Nous avons reçu 104 propositions de stratégies.

9 n'ont pas pu être programmées car elles étaient incomplètes ou parce que malgré nos efforts nous n'avons pas réussi à les comprendre.

Une proposition a dû être écartée pour un motif spécial.

Un de nos collègues, nous a proposé une stratégie parfaitement claire, compréhensible et programmable, mais les calculs à faire pour déterminer les choix de sa stratégie sont tellement longs que même le plus puissant des ordinateurs actuels n'y arriverait pas en moins de plusieurs années.

Cette stratégie, proposée uniquement pour nous faire une farce, n'a en réalité aucune chance de gagner car elle n'est pas réactive.

Le concours était-il un jeu psychologique ?

Le côté psychologique du jeu-concours a été souligné par de nombreux lecteurs.

C'est vrai de prime abord, car bien sûr le gagnant n'obtient son score que contre des stratégies envoyées par d'autres lecteurs.

Pour savoir avec qui il va être confronté, un joueur en est réduit à des conjectures psychologiques.

Les meilleures stratégies sont robustes :

elles restent bonnes quand on change les environnements auxquelles on les soumet.

Le jeu était bien plus *logique* que *psychologique*.

Raisonner psychologiquement a conduit des lecteurs à de très mauvaises stratégies. Exemple :

Tous les concurrents vont avoir lu l'article et donc puisqu'il y est dit qu'il faut être gentil vont proposer des stratégies gentilles.

Je vais donc proposer une stratégie plutôt méchante pour exploiter les gentilles.

Pas de chance !

Nombreux sont ceux qui ont eu l'idée de ce raisonnement, ce qui fait que plus du tiers des stratégies prend l'initiative de trahir.

Etre méchant ne paye pas :

A deux exceptions près les méchantes sont dans la seconde moitié du classement.

Nous ne nous attendions pas à ce qu'il y ait tant de méchantes, mais sans doute que la tentation de profiter des gentilles reste grande, même lorsqu'on vous a expliqué que cela ne marche pas !

Un autre raisonnement psychologique a été proposé.

Celui-ci s'est dit :

- Tout le monde va jouer DONNANT-DONNANT et arrivera donc ex aequo.

- Pour gagner il faut donc proposer autre chose.

Sa proposition «DONNANT-DONNANT sauf une trahison au coup 991» est arrivée 52ème du classement.

Les théories fausses

Des lecteurs nous ont fait parvenir des théories, parfois sur de longues pages pleines de calculs et de grands tableaux.

Nous avons soumis les résultats de ces théories en faisant concourir les stratégies résultantes.

Nous avons constaté que plus la théorie était longue moins bon était le résultat.

L'erreur la plus commune, consiste à vouloir utiliser les

probabilités

Elles ne s'appliquent ici, car rien n'assure que ce qui va être joué par les stratégies adverses satisfait une loi de probabilités :

il n'y a aucune raison par exemple de supposer qu'une fois sur deux l'adversaire trahira, et qu'une fois sur deux il coopérera

La stratégie d'un lecteur qui a souhaité garder secrète sa théorie utilise *le nombre d'or*, elle est arrivée 14 ème.

La stratégie *toujours coopérer* a été proposée par quelqu'un qui l'appuyait sur une citation de la bible, elle est 65 ème

Un lecteur a proposé une stratégie qu'il suggérait d'appeler JESUS :

je coopère toujours ; lorsqu'on me trahit une fois je continue à coopérer —je tends l'autre joue ; mais si on me trahit une deuxième fois je renonce.

Elle est 48 ème

La possibilité de tricher

Une dizaine de stratégies semblent chercher à faire renoncer leur adversaire en trahissant plusieurs fois dans les premiers coups.

Elles sont toutes classées dans les dernières.

Nous nous sommes demandés si certains des lecteurs n'avaient pas essayé d'élaborer la plus mauvaise stratégie possible !

Il est prévisible que trahir plusieurs fois au début ne peut que donner des résultats catastrophiques, puisque cela compromet l'instauration d'un régime stabilisé de coopérations réciproques.

De telles stratégies ne pourraient être bonnes que dans un environnement de *gentilles-non-réactives* qu'elles réussiraient à exploiter.

Tentative de tricherie ?

Bien que certaines stratégies tirent profit de la présence de ces incompréhensibles stratégies nous pensons qu'il n'y a pas eu tricherie, et en tout cas, que cela ne change pas le gagnant.

Test.

Nous avons ajouté aux stratégies des lecteurs une stratégie MAITRE, et 9 exemplaires d'une stratégie ESCLAVE destinée à favoriser MAITRE.

MAITRE :

je joue DONNANT-DONNANT sauf si l'adversaire a joué consécutivement :

1 fois *coopérer*, 50 fois *trahir*, puis 1 fois *coopérer*,

auquel cas je trahis toujours.

ESCLAVE :

1 fois *coopérer*, puis 50 fois *trahir*, puis toujours *coopérer*.

Face à ESCLAVE la plupart des stratégies renoncent avant le coup 50, obtenant donc environ 2000 points.

De son côté MAITRE, qui reconnaît ESCLAVE obtient contre elle $3+0+49\times1+949\times5= 4797$ ce qui constitue donc un avantage substantiel (de plus de 2700 points).

Sans ses esclaves MAITRE est classée 50ème.

Bien que la stratégie MAITRE ne soit pas très astucieuse (elle ne renonce jamais) le panel obtenu en ajoutant MAITRE et ses 9 ESCLAVES aux 95 stratégies des lecteurs est suffisamment faussé en faveur de MAITRE, pour qu'il gagne.

Les ESCLAVE sont classés 92ème sur 105.

Ceci illustre qu'on peut fabriquer des milieux artificiels ajustés à certaines stratégies.

Autre tricherie possible

Nous offrions la possibilité aux lecteurs de programmer eux-mêmes leurs stratégies et de les essayer sur le programme réalisant la confrontation un autre type de tricherie était possible.

Ecrire une stratégie qui modifie les compteurs globaux du programme dans lesquels les scores sont mémorisés.

Les noms amusants

soupe-au-lait-boudeur, *caractérielle,*

le thérapeute, *faut-pas-pousser,*

trois-partout-j'arrête, *traître-mou,*

holocausteIII, *Euclide,*

contre-pied, *optimiste-prudente.*

donnant-donnant-pas-masochiste,

donnant-donnant-pas-poire,

donnant-donnant-mauvais-perdant,

LA-MEILLEURE :

(A) je coopère au premier coup;

(B) tous les 20 coups j'évalue mon score et si en moyenne il est inférieur à 1,5 je renonce;

(C) à chaque fois que l'autre me trahit, si je ne suis pas déjà dans une phase de punition, je rentre dans une phase de punition comportant (1+2+...+N)=N(N+1)/2 trahisons suivies de deux coopérations, N étant le nombre de fois où l'adversaire m'a forcé à le punir.

Cette stratégie synthétise plusieurs principes élémentaires :

- elle ne prend jamais l'initiative de la trahison, c'est une *gentille*;
- elle *renonce* si elle obtient de trop mauvais résultats;
- elle est *réactive* (c'est une sorte de DONNANT-DONNANT) : elle entre dans une période de punition lorsqu'elle est trahie en dehors de ses phases de punitions;
- elle est *de plus en plus sévère* : sa première période de punition consiste en 1 trahison, sa deuxième en 1+2 trahisons, etc;
- elle *tente de calmer son adversaire* après une période de punition en coopérant deux fois de suite;
- elle est *compréhensive* : elle ne tient pas compte des réactions de son adversaire pendant les périodes de punition (nous allons voir qu'en réalité c'est un défaut).

LA-DEUXIEME :

(A) je joue successivement 5 coups de chacune des stratégies

DONNANT-DONNANT,

GENTILLE (toujours coopérer),

RANCUNIERE (toujours trahir dès que l'autre a trahi),

PERIODIQUE-GENTILLE (jouer périodiquement *coopérer, coopérer, trahir*).

(B) Je calcule le score moyen obtenu par les 4 derniers coups de chaque série.

(§) Si la meilleure moyenne est inférieure à 1,5 j'abandonne;

Sinon je joue 12 coups de la meilleure.

Sur la base des 12 derniers coups je réévalue alors le score moyen de la stratégie jouée.

Je retourne en (§).

Le principe utilisé ici est intéressant et original.

L'idée est de *faire un essai avec 4 stratégies simples*, d'étudier les résultats obtenus et de jouer la meilleure, sauf si rien de bien n'a été obtenu, auquel cas on renonce à jouer.

Le seul défaut de cette stratégie est qu'elle trahit au 18 ème coup même si l'adversaire coopère toujours.

LA-TROISIEME :

A la première partie je coopère et je suis calme.

Lorsque je suis calme je joue DONNANT-DONNANT, mais si mon adversaire trahit je m'énerve.

Si je suis énervé et qu'il coopère je coopère et redeviens calme, mais s'il me trahit je le trahis et deviens furieux.

Lorsque je suis furieux, je trahis toujours sauf s'il trahit 12 fois de suite, auquel cas je regarde s'il a trahi plus souvent qu'il a coopéré.

Si c'est le cas je renonce, sinon je coopère et redeviens seulement énervé.

L'idée de cette stratégie est un peu plus difficile à comprendre, cependant :

- elle est *gentille*,

- elle est *réactive*, et même très sensible car elle s'énerve et devient furieuse facilement,

- lorsqu'elle est furieuse, elle tente d'exploiter l'autre au maximum en trahissant toujours; si l'autre ne se laisse pas faire (ce qu'elle considère établi quand il a trahi 12 fois de suite) alors elle lui donne une dernière chance de coopération s'il n'a pas été trop méchant dans le passé, et renonce sinon.

Les leçons du concours

Ce ne sont pas des stratégies très simples qui gagnent.

Les principes à la base des gagnantes sont compréhensibles et ne recourent qu'à des considérations de *bon sens*.

Ce sont trois stratégies assez différentes qui arrivent en tête. Cela prouve que, comme cela se passe dans le monde vivant,

plusieurs schémas d'organisation différents sont viables.

La comparaison avec le monde vivant se prolonge :

- *certains principes doivent absolument être respectés* : pour un être vivant il faut réussir à tirer de l'énergie de son environnement, et disposer d'un mode de reproduction efficace ; pour une stratégie il faut être réactive et savoir renoncer ;

- *certaines idées sont mauvaises* : chez les êtres vivants il n'y a pas de mammifères à 5 pattes, ni d'animaux ayant des roues à essieux ; chez les stratégies être méchant, renoncer trop vite se révèlent mauvais ;

- *certaines combinaisons de principes de bon sens s'accordent bien ensemble*.

Liste de principes permettant de composer une bonne stratégie :

Etre réactive : ne pas être indifférent au comportement de l'adversaire

Etre gentille : ne pas prendre l'initiative de la trahison

Savoir renoncer : si les résultats obtenus sont trop mauvais, renoncer

Etre de plus en plus dur : punir de plus en plus sévèrement en fonction du nombre de trahisons passées de l'adversaire.

Manifester sa volonté de coopérer : après une période de rétorsion coopérer plusieurs fois de suite.

Tester son adversaire : étudier les réactions de son adversaire à l'aide d'une série de coups fixés à l'avance.

Tester des stratégies et choisir celle qui donne le mieux : idée de la stratégie LA-DEUXIEME

• Pour obtenir une stratégie bien placée, il faut exploiter une ou plusieurs bonnes idées.

• Le DONNANT-DONNANT n'utilise que les 2 premières idées, ce qui ici ne suffisait pas pour être en tête du classement.

• Le gagnant utilise lui les 5 premières idées.

• Les bonnes idées sont nombreuses (quoique difficiles à trouver) et comme dans le monde du vivant il n'y a pas de limite à la variété et au perfectionnement.

• L'utilisation de la seule idée du SEUIL (au-delà duquel on renonce) ou du DONNANT-DONNANT ne suffisait pas pour être dans les 40 premiers.

• La combinaison des deux idées (voir le DONNANT-DONNANT-AVEC-SEUIL) imaginée pas de nombreux lecteurs donne, selon les paramètres retenus dans cette combinaison un classement entre 7 ème et 47 ème.

• Parmi les 40 premières, seules 3 n'utilisent pas le renoncement (la 14ème, la 16ème et la 37ème) et seules 2 prennent l'initiative de trahir (le 2ème et la 10ème).

• Le DONNANT-DONNANT est classé 50ème.

• Si on ajoute les douze du début (dont aucune ne renonce) peu de changements en résultent et la meilleure des 12 stratégies —qui est RANCUNIERE— est classée 45éme.

• La stratégie la plus compliquée en longueur de programme arrive 64ème.

• Les trois premières stratégies utilisent presque les cents mots maximum que nous avions autorisés pour ceux qui ne programmaient pas eux-mêmes leur stratégie.

• Aucune stratégie aussi simple que DONNANT-DONNANT n'est bien placée.

Perfectionnements possibles

La stratégie DONNANT-DONNANT est susceptible d'être perfectionnée.

Vraisemblablement il n'y a pas de limites aux perfectionnements possibles.

Etablir cette thèse est sans doute très difficile

Nous avons fait un premier pas en concevant plusieurs stratégies qui auraient gagné si elles avaient joué.

ENCORE-MEILLEURE-A :

je joue comme LA-MEILLEURE sauf que je comptabilise toutes les trahisons de l'autre y compris lorsque je suis en phase de punition.

On corrige un défaut de LA-MEILLEURE qui a tort de ne pas comptabiliser les trahisons de son adversaire pendant les phases de punition :

il ne faut pas être indifférent aux coups de pieds que vous recevez pendant que vous donnez une fessée !

ENCORE-MEILLEURE-B :

je joue comme LA-DEUXIEME, sauf que je ne commence mon système de test et de choix que lorsque mon adversaire a trahi une fois.

On enlève à la stratégie LA-DEUXIEME son défaut majeur qui était d'être méchante,

ENCORE-MEILLEURE-C :

je joue comme LA-TROISIEME sauf que je ne m'énerve que lorsque mon adversaire a trahi deux fois de suite (au lieu d'une fois).

On corrige la trop grande susceptibilité de la stratégie LA-TROISIEME.

Evolution

Simuler une sélection naturelle.

Il est spectaculaire de voir l'élimination systématique des méchantes.

La stratégie classée deuxième se trouve éliminée en quelques générations.

Les stratégies qui profitaient trop des méchantes reculent car les méchantes disparaissent vite.

La stratégie LA-MEILLEURE reste classée première.

Robustesse des résultats

Nous avons fait d'autres tests en faisant varier les coefficients du jeu, ou la durée des parties.

Légers changements dans le classement.

Premiers instants de la vie

Nous sommes donc convaincus que la mise au point de stratégies de plus en plus robustes et obtenant de bons résultats dans de nombreuses situations différentes est possible.

Pour aller plus loin; il faudrait disposer d'une variété toujours plus grande de stratégies de base.

La centaine de stratégies que nous avons ne nous permet pas, raisonnablement, d'obtenir plus que ce que nous venons de dire.

Une perspective infinie de perfectionnements successifs se présente devant nous dont seule une infime partie nous a été dévoilée.

Nous en sommes à un niveau de complexité équivalent aux premiers instants de la vie sur terre, et seules d'autres méthodes comme par exemple celles des algorithmes génétiques, pourront nous permettre d'aller plus loin.

Classement avec les scores.

1	276396	C. Dziengelewski	2	275329	P. Gagnon
3	274562	M. Fourneaux	4	274061	J. P. Cottin
5	269928	J. Deligne	6	268435	C. d'Halluin
7	265703	X. Ackaouy	8	265516	C. Servant
9	265483	P. Turpin	10	265156	P. Franceschi
11	264965	E. Azoulaï	12	264849	P. O. Terrisse
13	264846	E. Quilichini	14	264833	F. Levron
15	264775	V. Faye	16	264009	D. Simonot
17	263897	M. Rudnianski	18	263596	Y. David
19	263061	J. Doux	20	262682	N. Le Van Guyen
21	261933	H. Suquet	22	261811	P. Gouillou
23	261572	B. Roger	24	261570	J. Terrier
25	261563	C. J. Dechesne	26	261560	M. Moez
27	261554	M. Kilani	28	261544	S. Scrive
29	261506	S. Degos	30	261443	E. Rançon
31	261337	M. Mouly	32	260203	A. Moreau
33	260195	C. Rietsch	34	260193	B. C. Ryel
35	260091	P. Ceteaud	36	259914	T. Ocquet
37	259683	J.-L. Feït	38	259537	F. Jamet
39	259125	J.-M. Bellot	40	259116	B. Hemon
41	259114	D. Wanaverbecq	42	259113	E. Kreyer
43	258823	E. Pulchini	44	258776	A. Sinnesael
45	257748	P. Bignolles	46	257686	G. Burel
47	257141	L. Knogkaert	48	257139	J. Dezeuze
49	256989	J.-F. Brun	50	256972	I. Fernandez
51	256952	S. Douady	52	256710	J.-P. Jouineau
53	256661	A. Lion	54	256214	C.A. Rohrbach
55	255843	R. Lavigne	56	255068	G. Laduron
57	254963	J.-C. Michel	58	252339	A. Filipe
59	252097	H. Immediato	60	251965	P. Charat
61	249912	V. Gosselin	62	248588	B. Prieur
63	248468	A. Prod'Homme	64	248145	M. Leitner

65	243690	P. Fourat	66	243157	J. F. Martin
67	242768	A. Torrielli	68	239337	J.-L. Verrel
69	237124	J. M. Renders	70	232554	C. Catacombe
71	231457	V. Cachou	72	230273	H. Itel
73	222542	E. Horth	74	222412	F. Perché
75	212801	S. Chalos	76	208378	O. Chazot
77	204521	B. Turpin	78	202359	O. Goblot
79	202341	G. Lavau	80	201050	D. Pettiaux
81	200487	O. Franck	82	200216	P. Lefevre
83	200203	F. Cancel	84	197080	B. Laffineur
85	197079	N. Clerbaux	86	195724	O. Flandre
87	193853	P. Mont	88	193037	C. Goalard
89	190487	A. Dutreix	90	190453	Ph. Turpin
91	190441	N. Reboullet	92	190421	F. Dumont
93	190004	C. Raffort	94	189144	S. Lamy
95	185523	M. Seguy			

La stratégie «renoncer dès le début» aurait obtenu un score de

$95 \times 2\,000 = 190\,000$

que seuls deux candidats n'ont pas réussi à atteindre.

Bibliographie.

R. Axelrod. Donnant donnant : Théorie du comportement coopératif. Editions Odile Jacob. Paris, 1992.

R. Axelrod. An evolutionary approach to norms. American Political Science Review. Vol. 80 n°4, December 1986. pp. 1096-1111.

R. Axelrod. Laws of Life. The Sciences, 27, n°2. 1987. pp. 44-51.

R. Axelrod. Genetic Algorithms and Simulated Annealing. L. Davis Ed. Pitman, London 1987. p. 32.

R. Axelrod, W. D. Hamilton. The evolution of cooperation. Science, V. 211, 27. March 1981. pp.1390-1396.

R. Axelrod, D. Dion. The Further Evolution of Cooperation. Sciences V. 242. 9 December 1988. pp. 1385-1390.

J. Bendor. In Good Times and Bad: Reciprocity in an Uncertain World. Am. J. Polit. Sci. 31. 1987. pp. 531-558.

J. Casti. Paradigmes Perdus. La science en question. InterEditions. Paris, 1991.

R. Boyd, J. P. Lorberbaum. No pure strategy is evolutionarily stable in the repeated Prisoner's Dilemma game. Nature V. 327. 7 may 1987. pp. 58-59.

R. Dawkins. The Selfish Gene. Oxford University Press 1976. Seconde Edition, Richard Dauwkins 1989. Traduction française Le Gène Egoïste, Editions Colin, Paris. 1990.

J.-P. Delahaye, P. Mathieu. Expériences sur le dilemme itéré des prisonniers. Rapport de Recherche du Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille, n°233. Juin 1992.

P. S. Fader, J. Hauser. Implicit Coalitions in the Generalized Prisoner's Dilemma. Journal of Conflict Resolution 32,3. 1988. pp. 533-582.

M. W. Feldman, E. A. C. Thomas. Behavior-dependant Context for Repeated Plays of the Prisoner's Dilemma II: Dynamical Aspects of the Evolution of Cooperation. J. Theor. Biol. 1987. pp. 297-315.

H. C. J. Godfray. The evolution of forgiveness. Nature V. 355. 16 january 1992. pp. 206-207.

D. R. Hofstadter. Metamagical Themas: Questing for the Essence of Mind and Pattern. Basic Book 1985, Bantam Books, New York. 1986 (Traduction française: Ma Thémagie. InterEditions, Paris. 1988.)

N. V. Joshi. Evolution of cooperation by reciprocation within structured demes. J Genet. V. 66-1. 1987. pp. 69-84.

G. Le Cardinal, J.-F. Guyonnet. Les Mathématiques de la confiance. Pour La Science. Juillet 1984. pp. 71-77.

R. M. May. More evolution of cooperation. Nature V. 327. May 1987. pp. 15-117.

P. Molander. The Optimal Level of Generosity in a Selfish, Uncertain Environment. Journal of Conflict Resolution. Vol. 29-4. December 1985. pp. 611-618.

H. Moulin. Théorie des Jeux et Sciences Sociales. La Recherche. Vol. 9 n°89. mai 1978. pp. 449-456.

U. Mueller. Optimal Retaliation for Optimal Cooperation. Journal of Conflict Resolution. 31, 4. December 1987. pp. 692-724.

M. Nowak, K. Sigmund. Tit for tat in heterogeneous populations. Nature, V. 355 16 january 1992. pp. 250-253.

M. Nowak, K. Sigmund. Oscillations in the Evolution of Reciprocity. J. Theoretical Biology. 137. 1989. pp. 21-26.

M. Nowak. Stochastic Strategies in the Prisoner's Dilemma. Theoretical Population Biology. 38 1990. pp. 93-112.

W. Poundstone. Les Labyrinthes de la raison : Paradoxes, énigmes et fragilité de la connaissance. Belfond, Paris, 1990. (Traduction française de "Labyrinths of reason" Anchor Doubleday Publishing Company, New York, 1988).

W. Poundstone. Prisoner's dilemma. Oxford University Press, 1993

A. Rapoport, A. M. Chammah. Prisoner's Dilemma : A Study in Conflict and Cooperation. The University of Michigan Press, Ann Arbor. 1965.