

La ségrégation urbaine : une fatalité ?

Thomas Schelling, prix Nobel d'économie 2005, a proposé un mécanisme de la ségrégation dans les villes, tristement vérifié. L'agrégation de microcomportements, en apparence bénins, engendre un effet nuisible majeur que personne ne prévoit ni ne désire.

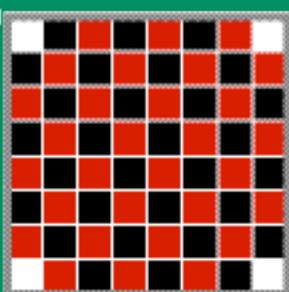
La valeur d'une idée se mesure à son impact : aux nombres de personnes qui la mentionnent, qui en discutent ou qui la reprennent pour l'approfondir. Souvent, un fort impact résulte autant de la simplicité d'une idée que de sa pertinence. Bien sûr, ces idées nouvelles à la fois simples et pertinentes sont rares ! Le prix Nobel d'économie 2005 a été attribué conjointement à Thomas Schelling et Robert Aumann pour leurs travaux en théorie des jeux : nous consacrerons cette rubrique à une avancée de T. Schelling dont la portée a été aussi importante qu'inattendue.

La formation des ghettos

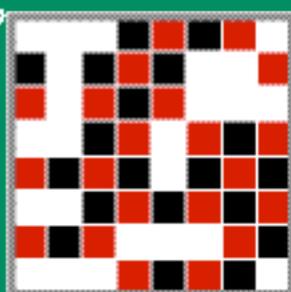
L'idée est celle d'un modèle de ségrégation spatiale que T. Schelling élabora entre 1969 et 1971 (puis qu'il reprit dans son livre de 1978, *Micromotives and Macrobehavior*). Le modèle, dénommé *Solitaire de Schelling*, est aujourd'hui mentionné en théorie des jeux, mais aussi en sociologie et en économie. Il décrit une situation où un ordre naît spontanément d'un désordre initial, sans qu'aucun projet centralisé ne contrôle l'évolution des objets : c'est sans doute le plus simple des exemples montrant l'émergence de structures résultant d'actions locales non coordonnées.

T. Schelling remarque que de nombreux quartiers des villes américaines sont habités soit exclusivement par des Blancs, soit exclusivement par des Noirs. Il s'interroge alors : cette situation résulte-t-elle du désir des Américains de se trouver au milieu de gens de même couleur de peau ? Or, quand on interroge les citoyens, ils n'expriment pas ce désir d'isolement ségrégationniste. La situation est paradoxale.

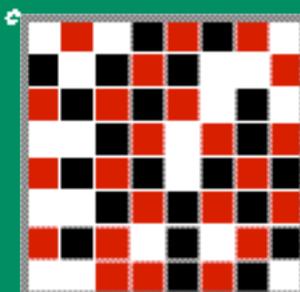
Examinons le mécanisme conduisant, d'après T. Schelling, à cette situation : imaginons qu'initialement un quartier comporte 55 pour cent de Blancs et 45 pour cent de Noirs et que la majorité des gens du quartier soient sans préjugés raciaux. Imaginons que de nouveaux arrivants blancs fassent évoluer ces pourcentages pour les amener à 65 – 35, puis, pourquoi pas, à 70 – 30 ; un moment arrive où les habitants noirs les plus sensibles, peut-être peu nombreux, trouvent inacceptables d'être mis en minorité aussi nettement et quittent alors d'eux-mêmes le quartier, aggravant le déséquilibre. Cela provoque le départ d'autres habitants qui étaient prêts à accepter d'être membres d'un groupe ne représentant que 30 pour cent de leur quartier, mais pas d'un groupe ne représentant que 20 pour cent. Le processus continue jusqu'au jour où le quartier est entièrement blanc ou, dans le processus inverse, complètement noir. Ainsi, les vagues successives de relocalisations conduisent à une ville découpée en quartiers blancs et noirs, caractéristiques de l'habitat urbain aux États-Unis.



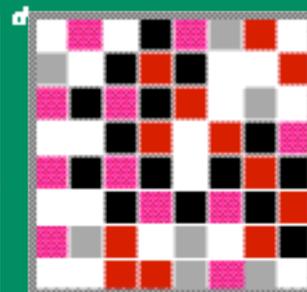
Ville initiale



Enlever 20 maisons



En ajouter 6. Les habitants noirs sont en gris, les habitants rouges, en violet



1. L'évolution d'une ville. Assimilée aux 60 cases d'un échiquier 8×8 au quel on a enlevé les coins, la ville est initialement occupée par des maisons appartenant à deux communautés : les Rouges et les Noirs (*a*). Une mixité parfaite règne, aucun quartier n'étant rouge ou noir. Vingt maisons disparaissent (*b*) laissant 20 emplacements vides,

dont cinq sont aussitôt occupés par de nouvelles maisons (*c*). Ces suppressions et ajouts sont faits au hasard. À partir de là, certains habitants déménagent, car leur voisinage ne leur convient plus (*d, e, f, g, h*). Les règles fixant la satisfaction des habitants sont : [1] si je n'ai qu'un ou deux voisins, un au moins doit être semblable à moi, [2] si j'ai



2. Chinatown,
à San Francisco,
est la plus grande ville
chinoise en dehors d'Asie.
L'entrée à Chinatown
est matérialisée
par un portail.



À la recherche d'un mécanisme numérique explicatif aussi simple que possible, T. Schelling tente de découvrir des modèles mathématiques du phénomène dans les livres de sociologie et n'en trouve pas. À l'occasion d'un voyage en avion, il esquisse de petits dessins avec des croix et des ronds sur un bout de papier. Arrivé chez lui, il reprend ses schémas, et, en utilisant la collection de pièces de monnaie de son fils, il dispose sur un échiquier des pièces en métal clair (nickel, argent, etc.) pour représenter les habitations des Blancs et les pièces en métal jaune (cuivre ou alliages dorés) pour représenter les habitations des Noirs. En déplaçant les pièces, il simule les déménagements des uns et des autres. Cela le conduisit à un système élémentaire de règles au pouvoir explicatif surprenant.

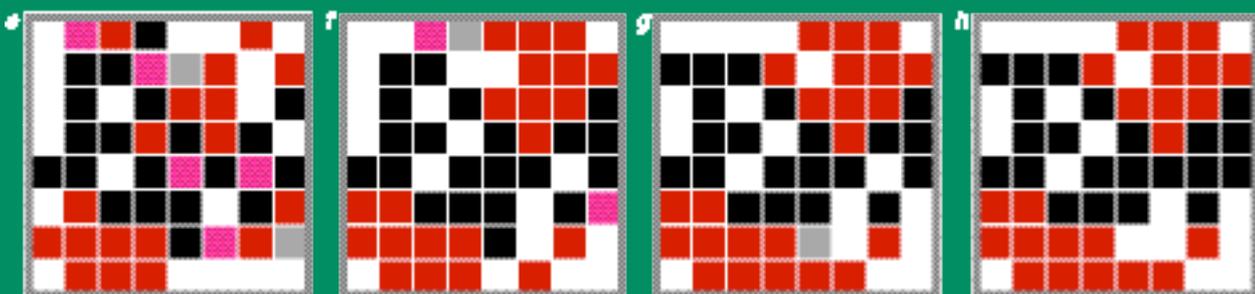
La ville est un échiquier

Le modèle de ségrégation auquel T. Schelling aboutit, et que 35 ans plus tard on étudie encore, ne justifie pas l'attribution qui lui fut faite du prix Nobel 2005 d'économie, mais fait partie des travaux marquants qui attirèrent l'attention sur lui. Les habitations possibles d'une ville sont représentées par les cases d'un échiquier 8×8 (64 cases) auquel on a retiré les coins, ce qui laisse 60 emplacements différents. Certaines cases sont occupées par des maisons noires, d'autres

par des maisons rouges, d'autres sont temporairement vides. Les habitants choisissent de rester ou de déménager en fonction de leurs voisins (8 au plus sur les cases adjacentes à leur maison). T. Schelling propose les règles explicitées sur la figure 1 (en fonction du nombre de voisins, il faut pour ne pas être malheureux qu'un nombre minimal de voisins ait votre couleur de peau), règles que l'on résume par :

$(1, 2) \rightarrow 1$; $(3, 4, 5) \rightarrow 2$; $(6, 7, 8) \rightarrow 3$.

Au départ, on imagine que la ville est occupée de manière parfaitement équilibrée (hypothèse de l'intégration parfaite) par des habitations rouges et des habitations noires



Étapes successives de la ségrégation des maisons

trois, quatre ou cinq voisins, deux au moins doivent m'être semblables, (3) si j'ai six, sept ou huit voisins, trois au moins doivent m'être semblables. À chaque déménagement, les habitants d'une maison s'installent dans un endroit libre conforme à leurs souhaits. Les vagues de déménagements se succèdent jusqu'à ce que tous les habitants

soient satisfaits. Le nouvel état stable correspond à une ville séparée en ghettos : personne ne l'a souhaité, chacun était satisfait au départ de vivre dans une ville à la mixité idéale, mais les 20 départs et les 5 nouvelles installations ont créé une instabilité qui, ajustement après ajustement, a conduit à une affreuse ville ségrégationniste.

3. Dix villes stables. La figure représente le résultat de dix évolutions du même type que celles de la figure 1. On remarque que pour les villes 5 et 9, une partie centrale de la ville reproduit le damier de la situation initiale, ce qui correspond à un quartier où la mixité est satisfaisante. Le modèle d'évolution de Schelling n'interdit pas qu'une ville soit bien équilibrée, il rend cela improbable pour l'ensemble de la ville et difficile pour un quartier de plus d'une dizaine de maisons.

qui alternent sur l'échiquier (voir la figure 1a). Tout le monde est satisfait, car le nombre de voisins est conforme aux exigences raisonnables de chacun : les habitants des bords possèdent 5 voisins dont 2 semblables à eux et 3 différents ; cela leur convient. Les habitants des cases centrales ont 8 voisins, 4 rouges et 4 noirs et sont donc satisfaits. Personne ne souhaite déménager.

On suppose alors que des événements inopinés rompent cet équilibre (20 maisons se libèrent et 5, également choisies au hasard, sont ensuite réoccupées). Commence une succession de déménagements, car certains habitants ont maintenant des voisinages contraires à leurs vœux. On imagine que les gens insatisfaits se déplacent au hasard sur un emplacement libre conforme à leur souhait de voisinage. Le nouveau plan de la ville après la première série de déménagements est celui de la figure 1e. Certains habitants sont à nouveau insatisfaits, car les déménagements ont modifié les voisinages de ceux qui n'ont pas bougé et qui, pour certains d'entre eux, se trouvent maintenant entourés d'une manière ne leur convenant pas. Cela provoque d'autres vagues de déménagements et de nouveaux plans. Tout cela conduit à un dernier plan qui satisfait tout le monde : un nouvel équilibre a été trouvé.

Malheureusement le nouvel équilibre ne correspond plus à une ville bien intégrée : les maisons rouges sont regroupées, ainsi que les maisons noires. Dans notre exemple, il y a un bloc central de maisons noires et deux blocs périphériques de maisons rouges. La ville est devenue ségrégationniste ! En recommençant l'expérience, on aboutit à un autre équilibre correspondant lui aussi à une ville découpée en ghettos. Parfois certaines parties de la ville sont relativement bien intégrées, mais on ne reconstitue pas la cité idéale de départ et qui était conforme aux exigences de tous : personne ne le voulait, mais la géographie de la ville est devenue détestable !

Les habitants de cette ville imaginaire ne sont pas racistes, ils souhaitent juste ne pas être entourés d'une trop grande

proportion de maisons habitées par des gens d'une autre communauté, et acceptent même d'être entourés par plus de maisons de l'autre communauté (cas de 5 voisins, 7 voisins, 8 voisins). Certains plans bien homogènes (« non ségrégationnistes ») conviennent à tout le monde. Malheureusement, une fois déstabilisée, la dynamique des déménagements conduit inéluctablement à la séparation des communautés ; une sorte d'arithmétique maléfique crée des zones communautaires et interdit de revenir à l'équilibre initial.

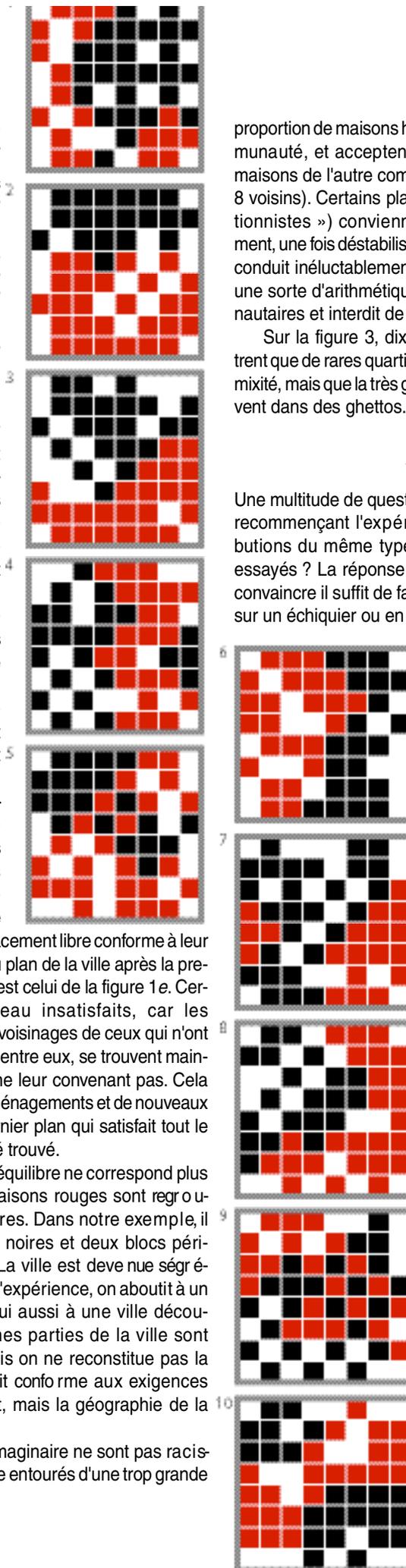
Sur la figure 3, dix exemples de villes stabilisées montrent que de rares quartiers réussissent à conserver une bonne mixité, mais que la très grande majorité des habitants se retrouvent dans des ghettos.

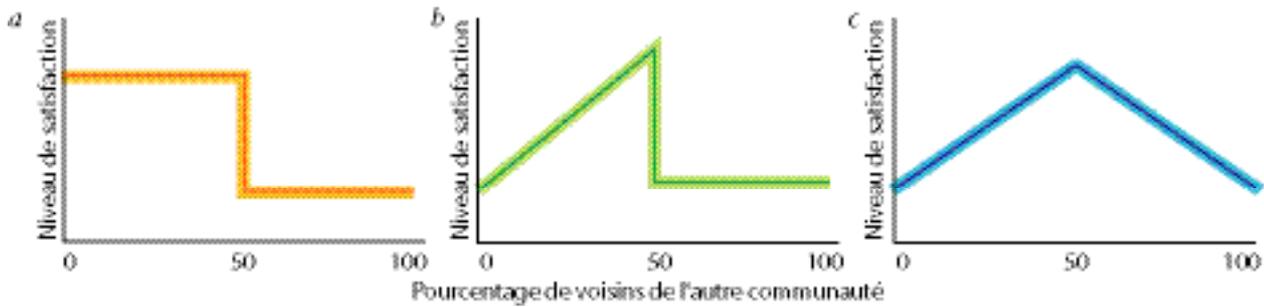
Stabilité et variantes

Une multitude de questions se posent alors. Tout d'abord, en recommençant l'expérience, obtient-on toujours des distributions du même type que celles obtenues dans les cas essayés ? La réponse est oui (voir la figure 3) et pour s'en convaincre il suffit de faire soi-même des essais directement sur un échiquier ou en utilisant un programme.

L'explication mathématique du phénomène est que le système dynamique (aléatoire) défini par le modèle de Schelling possède un grand nombre de points stables, points à partir desquels il n'y a plus évolution, car tous les habitants sont satisfaits. Le schéma intégré initial avec les 60 maisons, les configurations finales de la figure 1 et les 10 configurations de la figure 3 sont des exemples de points stables. Parmi la multitude de ces points stables, seule une faible proportion correspond à des villes où les communautés sont mélangées harmonieusement. De plus, les évolutions se font facilement vers des villes stables avec ghettos et très difficilement vers des schémas stables de villes sans ghetto : les villes sans ghetto ne sont pas des points attractifs.

Deuxième question : en modifiant un peu les règles proposées par T. Schelling, obtient-on toujours les mêmes résultats et que se passe-t-il dans le cas d'échiquiers plus grands ? La réponse, obtenue par l'expérimentation, est sans appel : l'augmentation de la taille de la ville ralentit la stabilisation des villes, mais conduit, dans la grande majorité des cas, à des villes à ghettos. La modification des règles (plus ou moins d'exigences pour être satisfait, déménagements contraints





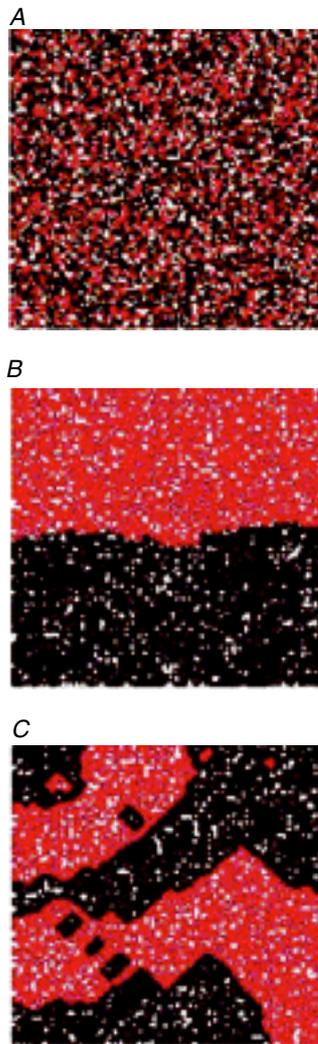
4. Trois fonctions de préférence. Afin d'étudier la formation des ghettos, R. Panks et N. Vriend ont imaginé trois types de préférences pour la mixité de leur quartier. En (a), un individu souhaite avant tout ne pas être entouré de plus de 50 pour cent de voisins appartenant à une autre communauté que la sienne. Il ne cherche pas à éviter des

voisins différents pourvu que le seuil de 50 % ne soit pas dépassé. En (b), l'individu ne veut pas être entouré de plus de 50 % de voisins de l'autre communauté, mais lorsque cette condition est satisfaite, il préfère vivre dans un quartier mixte. En (c), l'individu n'aspire qu'à habiter un quartier parfaitement mixte. Il préfère 50 % à tout autre pourcentage.

de se faire le plus près possible, introduction de nouveaux arrivants extérieurs, etc.) ne change pas les résultats généraux du modèle de Schelling (à la condition bien sûr d'en respecter l'esprit et, par exemple, de permettre aux habitants de déménager quand une trop forte proportion de leurs voisins est d'une communauté différente). Depuis la publication de son premier article sur le sujet, des dizaines de variantes ont été testées ; elles confirment les constats initiaux et en affinent les conclusions, mesurant par exemple la rapidité de la stabilisation en fonction de la dureté des exigences des habitants.

Aucun doute ne persiste sur la question de la réalité du phénomène global mis en évidence par le *Solitaire de Schelling* : la généralité et l'inévitabilité de l'émergence d'un comportement global que n'expriment pas les règles de comportement des agents individuels. Ce phénomène qualifié d'auto-organisation (ou d'émergence) fascine et intrigue : dans le domaine économique et social, ne risque-t-il pas de provoquer des catastrophes en faisant converger certains systèmes complexes vers des configurations que personne ne désire et qui, pour des raisons structurelles profondes (à identifier dans chaque cas), sont le résultat inévitable de toute évolution ?

Un second exemple de situation où des microcomportements engendrent un macro-effet contraire aux aspirations de chacun est celui des accidents sur autoroute. Un accident se produit sur la voie Paris-Provence et, parce que chaque automobiliste sur la voie Province-Paris souhaite jeter un œil sur l'accident, un embouteillage apparaît et grossit dans le sens Province-Paris qui n'aurait pas dû être concerné par l'accident. Chaque automobiliste désire regarder 10 secondes les voitures accidentées le paye par 10 minutes de ralentissement. L'agrégation de microcomportements en apparence bénins engendre, comme dans le modèle de ségrégation, un effet nuisible majeur que personne n'avait ni désiré ni prévu.



T. Schelling pense que la sélection des gènes des enfants, si elle était possible et autorisée, conduirait à des phénomènes de même type : déstabilisation du rapport filles/garçons (problème déjà réel et grave en Chine et en Inde) ; taille moyenne des individus augmentant très vite ; variabilité globale diminuant.

Conclusions affinées

Parmi les travaux récents sur le modèle de Schelling, une étude menée en 2003 par Romans Panks, de l'Université de Stanford, et Nicolaas Vriend, de l'Université *Queen Mary* de Londres, aggrave les conclusions précédentes : la pente naturelle de toute ville est de se structurer en zones communautaires.

Le point principal soulevé est celui de l'indifférence à la ségrégation. Dans le modèle de Schelling, les habitants ne souhaitent pas vivre qu'au milieu de gens de leur propre communauté, mais ils n'y sont pas opposés. Aussi, lorsqu'ils décident de déménager, s'ils trouvent un nouvel endroit dans une zone uniformément occupée par des gens de leur communauté, ils y vont sans réticences : ils acceptent la mixité, mais ne cherchent pas à la préserver ou à la favoriser. Que se passerait-il si, conscients des méfaits pour tous à long terme de l'existence de ghettos, les citoyens préféreraient, autant que possible, aller dans les quartiers mixtes ?

Pour réaliser leurs simulations informatiques, R. Panks et N. Vriend supposent que les habitants déterminent leur choix selon une

5. Grandes villes. La différence entre les comportements (a), (b) et (c) de la figure 4 dans le cas d'une grande ville. En A, la ville déterminée en plaçant au hasard des maisons noires ou rouges (les blancs correspondent aux emplacements vides). En B, ce qu'est devenue la ville après une série de déménagements d'habitants qui suivent la courbe de préférence (a). En C, ce qu'est devenue la ville après une série de déménagements d'habitants opérant d'après la courbe de préférence (b). La ville correspondant à la courbe (c) n'est pas dessinée, car elle ressemble à la ville A : la mixité initiale a été globalement préservée.

règle qui, comme précédemment, les fait quitter et éviter les zones où la composition du voisinage ne leur convient pas. Lorsqu'ils choisissent un nouvel emplacement pour s'installer, les habitants recherchent la plus grande satisfaction possible, celle-ci étant déterminée par une courbe qui représente leurs priorités personnelles et la conscience qu'ils ont ou non des dangers de la ségrégation, cette fois prise en compte.

Trois courbes (figures 4a, 4b, 4c) indiquent, en fonction du nombre d'habitants du voisinage appartenant à l'autre communauté, le niveau de satisfaction d'un habitant de la ville. Les trois courbes envisagées correspondent à trois comportements différents. La courbe (a) (deux segments horizontaux) représente les préférences d'une personne qui souhaite absolument éviter un quartier occupé par une trop grande proportion de gens de l'autre communauté, mais qui n'est pas préoccupée par les dangers de l'existence de ghettos. Cette première courbe décrit la conception des habitants imaginée par T. Schelling : on n'est raciste qu'au-delà d'un certain seuil de membres de l'autre communauté.

La courbe (b) (une oblique et une horizontale) représente les préférences d'un citadin qui rechigne à habiter dans

un quartier où il y a trop de gens de l'autre communauté. Cependant, quand il doit se reloger, entre deux quartiers acceptables (pour le seuil fixé), il préfère celui où la mixité est la plus forte. Un tel individu, du moment qu'il n'est pas mis en minorité, comprend l'intérêt d'éviter une ville ségrégationniste et agit en conséquence.

La courbe (c) (deux obliques symétriques) est celle d'un militant actif de l'intégration : il préfère avant tout être dans un quartier parfaitement mixte 50 – 50. Il a autant d'attrait pour un quartier 40 – 60 que pour un quartier 60 – 40. Son critère déterminant est l'écart entre les proportions de chaque communauté qu'il veut le plus petit possible, et il se moque d'être parmi les minoritaires ou les majoritaires.

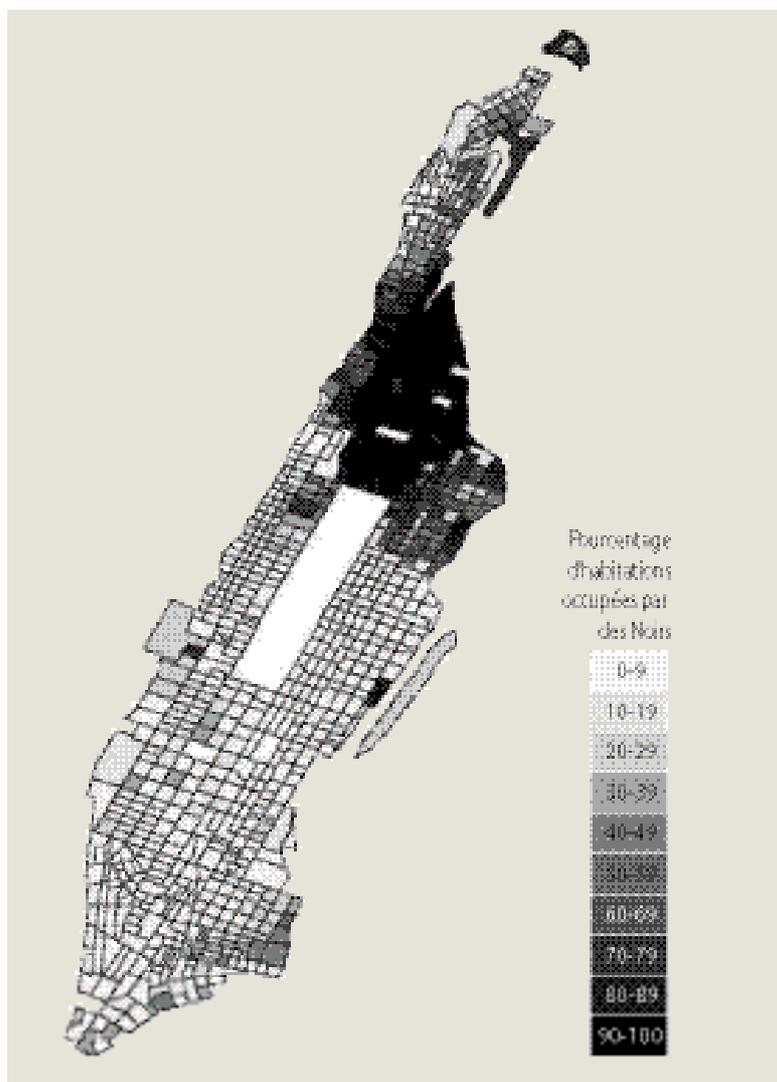
Dans leurs simulations informatiques, R. Panks et N. Vriend ont imaginé que lorsqu'une personne déménage, elle se rend à l'endroit vide qui lui donne la satisfaction la meilleure ; s'il y a des emplacements équivalents du point de vue de sa courbe de satisfaction (a), (b) ou (c), elle choisit au hasard. Avec les courbes (b) et (c), le désir de vivre dans une cité bien intégrée est représenté en même temps que le souhait de ne pas se retrouver au milieu d'un trop grand nombre des gens de l'autre communauté. Bien sûr, selon que les habitants de la ville suivent une courbe de préférence de type (a), (b) ou (c), certaines différences se manifestent, mais les conclusions de R. Panks et N. Vriend sont inquiétantes : même avec des habitants soucieux d'habiter une ville sans ghettos, tout ne se passe pas bien.

Insuffisantes bonnes intentions

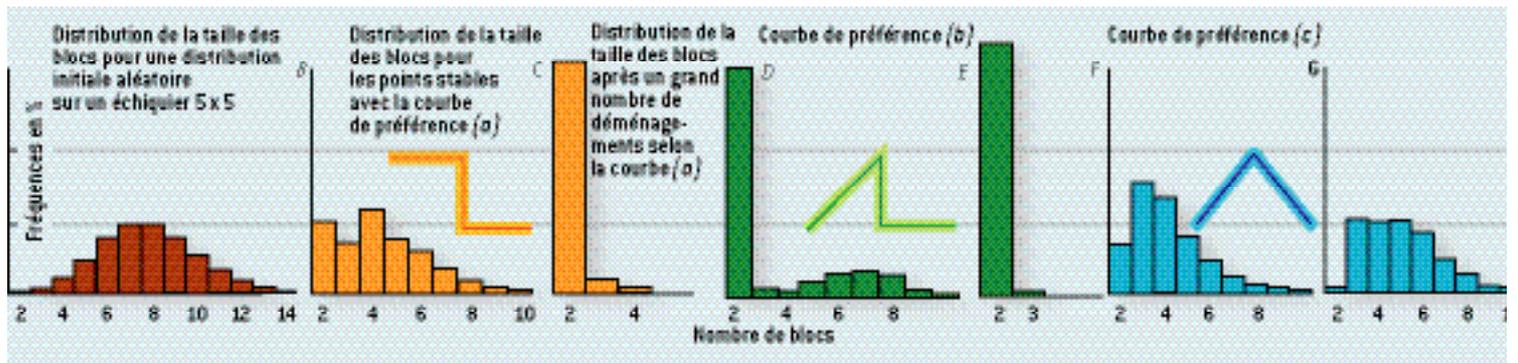
En examinant les points stables (c'est-à-dire les villes dont aucun habitant ne peut améliorer sa satisfaction par un nouveau déménagement), nous découvrons que les ghettos dans les cas (a), (b) et (c) sont plus grands en moyenne que dans des répartitions faites au hasard. Dans le cas (a), le résultat est conforme aux analyses de T. Schelling. Dans le cas (b), assez paradoxalement, la situation est pire. Dans le cas (c), l'écart avec les répartitions au hasard est faible, mais il subsiste. L'explication de ce phénomène surprenant n'est pas très claire, mais est sans doute liée au fait que les points stables ont des structures qui s'opposent à une bonne mixité.

Bien sûr ces constatations sont décourageantes, car elles signifient que la préférence individuelle pour une bonne mixité ne suffit pas à rattacher le refus, même partiel, d'être au milieu de gens de l'autre communauté, refus qui l'emporte systématiquement sur le plan collectif. Même dans le cas (c) où les agents n'expriment plus de réticences à être au milieu de gens de l'autre communauté, leurs actions individuelles non coordonnées ne suffisent pas à engendrer des structures stables d'un niveau de mixité équivalent à ce que produit le hasard.

Ce qui a été noté par l'étude systématique des configurations et de leurs « points stables » se confirme et s'aggrave quand on examine l'état d'une ville, initialement dans un état aléatoire, après une longue suite de déménagements. Dans le cas des courbes de préférence (a) et (b), la situation devient même catastrophique puisqu'après une période de déménagement, la très grande majorité des villes ne comportent plus que deux blocs, c'est-à-dire deux ghettos ! Heureusement, le



6. La complexité des vraies villes. La ségrégation sur l'île de Manhattan vérifie le modèle théorique de T. Schelling.



7. La taille des ghettos dépend des préférences des habitants, comme le montrent les simulations informatiques de R. Pancs et N. Vriend. Le schéma A indique la distribution du nombre de blocs dans des configurations aléatoires (par exemple, dans 20 % des configurations aléatoires, il y a huit blocs). Les schémas B, D et F représentent la distribution du nombre de blocs dans les situations stables d'une ville où les habitants suivent les courbes de préférence (a), (b) et (c) (une situation est stable quand plus aucun habitant ne peut augmenter sa satisfaction en déménageant sur une case libre). Pour obtenir ces statistiques, on explore

cas (c) évolue vers une situation meilleure avec cinq blocs en moyenne (pour une simulation sur un échiquier 5 x 5), ce qui est légèrement moins bien que les 7,8 blocs d'une ville tirée au hasard (voir les courbes de la figure 7).

L'écart entre les souhaits de chacun s'exprimant dans les comportements individuels, et la réalité collective engendrée par l'addition des choix des habitants, est remarquable et choquant : la volonté faiblement exprimée et même totalement réprimée de vivre dans un environnement où une partie de ses voisins appartient à la même collectivité que soi, l'emporte, dans la mécanique d'évolution, sur le souhait collectif d'une cité uniformément équilibrée. Une sorte de force structurelle conduisant aux ghettos régit la topologie des villes.

Sur un plan pratique, ces simulations suggèrent de prendre des mesures déterminées et coordonnées pour créer et maintenir une bonne mixité spatiale dans les villes. L'un des succès du modèle de T. Schelling et de ses variantes est qu'aujourd'hui les spécialistes d'urbanisme et d'aménagement des villes en tiennent compte pour étudier et réfléchir aux mesures à prendre.

Modèles et réalités des villes

Les petites simulations abstraites sur des échiquiers plus ou moins grands ne peuvent prétendre représenter la réalité autrement complexe d'une véritable ville. Parmi les facteurs importants que le modèle de Schelling ne prend pas en compte citons : le coût différent des maisons selon les quartiers ; les écarts entre le revenu moyen des membres d'une communauté et le revenu moyen des membres de l'autre communauté ; la géographie de la ville (fleuves, zones boisées, gares, aéroports, emplacement des écoles, etc.) ; l'histoire de la ville (vieux quartiers, centres administratifs, zones industrielles, etc.) ; la variété des populations et des cultures qui, bien sûr, ne se réduisent pas à deux communautés symétriques.

Ces facteurs sont étudiés et de nouvelles simulations les prennent en compte pour en comparer l'importance. Dans les modèles testés aujourd'hui, on intègre aussi des don-

nées obtenues par des études sur le terrain concernant le niveau de vie des diverses catégories, les préférences individuelles exprimées lors d'enquêtes, etc. On tente de prendre en compte aussi la notion de quartier dans un sens plus large (non limité aux 8 emplacements entourant une case), la densité de population des différentes zones, etc. Une des conclusions d'Elena Irwin, Ciriya Jayaprakash et Keith Warren est que la ségrégation peut apparaître même lorsque les facteurs raciaux sont négligeables dans les motivations des habitants, car des aspirations différentes (en matière d'éducation, de densité d'habitat, etc.) suffisent à créer des zones aux caractéristiques différentes et donc à amorcer, puis renforcer les phénomènes de ghettoïsation des villes.

Jamais une simulation informatique ne pourra prendre en compte tous les détails du monde réel. L'exemple de T. Schelling est cependant remarquable, car il prouve qu'un modèle met parfois en évidence des propriétés structurelles et dynamiques – en définitive de nature abstraite – que rien ne laisse soupçonner et qui, sans nos ordinateurs, passeraient inaperçues, empêchant la compréhension profonde d'une réalité complexe que notre intelligence perçoit faussement et que les mathématiques seules ne réussissent pas à démêler.

Jean-Paul DELAHAYE est professeur d'informatique à l'Univ. de Lille.

Thomas SCHELLING, *Models of segregation*, in *American Economic Review, Papers and Proceedings*, 59-2, pp. 488-493, 1969.

Thomas SCHELLING, *Micromotives and macrobehavior*, W.W. Norton, 1978.

Philippe MATHIEU, Sébastien PICAULT et Jean-Christophe ROUTIER, *Les agents intelligents*, in *Pour La Science*, n°332, pp. 44-51, juin 2005.

Romans PANCS et Nicolaas VRIEND, *Schelling's spatial proximity model of segregation revisited*, in *Computing in Economics and Finances 2003*. Voir : <http://ideas.repec.org/p/sce/cplx03/15.html>

Denis PHAN, *The Schelling model of segregation*. Voir : <http://www.eco.enst-bretagne.fr/~phan/complexe/schelling.html>

E. IRWIN, C. JAYAPRAKASH et K. WARREN. *The emergence of racial segregation in an agent-based model of residential location : The role of competing preferences*, 2003.

Voir : www.casos.cs.cmu.edu/events/conferences/2004/2004_proceedings/Irwin_Elena.doc