

La panique modélisée

Un modèle reproduit l'écoulement des foules paniquées en assimilant les individus à des particules mues par des «forces sociales».

A Johannesburg, en avril 2001, plus de 120 000 billets ont été vendus pour le match opposant les *Kaizer Chiefs* aux *Orlando Pirates*. L'équipe locale de football américain devait affronter sa concurrente venue de Floride dans le stade, prévu pour 68 000 personnes. Lorsque des spectateurs munis de billets, mais bloqués dehors ont commencé à pousser pour rentrer, la panique s'est répandue dans le stade. Plus de 120 personnes sont mortes piétinées, des centaines ont été blessées.

La question de l'écoulement des foules préoccupe tous les organisateurs de grands rassemblements, et les mathématiciens tentent de modéliser ces mouvements. Tous les modèles du passé sont fondés sur l'idée qu'une foule fuit la menace, comme une masse fluide et homogène s'écoule sous la pression. Toutefois, les molécules qui composent un fluide ignorent la peur et les comportements sociaux... Pour tenir compte de ces caractéristiques humaines, Dirk Helbing et ses collègues de l'Université de Dresde ont reformulé le modèle classique en représentant par des forces les principaux instincts humains en groupe. Il reproduit ainsi beaucoup mieux la fuite d'une foule paniquée.

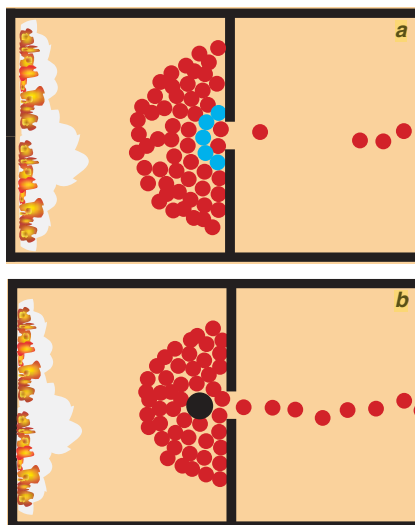
D. Helbing a mis au point une «mécanique pour particules bipèdes». Il suppose que l'accélération de chacun des piétons qui compose la foule est égale, à chaque instant, à la somme des forces qu'il subit. Elles sont de trois types : une «force motrice» qui traduit le fait que toute personne dirige sa vitesse en fonction d'objectifs propres ou d'instincts ; en cas de panique, cette force contient une composante grégaire dirigée vers ce que le groupe a reconnu comme le salut (par exemple, la sortie) ; une «force psycho-sociale» répulsive à courte distance qui

pousse chaque membre d'une foule à maintenir une distance minimale entre lui et ses voisins ; finalement deux «forces de contact», une force «corporelle», que chaque piéton exerce sur ses voisins pour contrecarrer la pression qu'il subit et l'autre de «friction» qu'il exerce lorsqu'il se faufile. À ces forces entre individus s'ajoutent les forces entre les piétons et les murs, traitées de façon similaire.

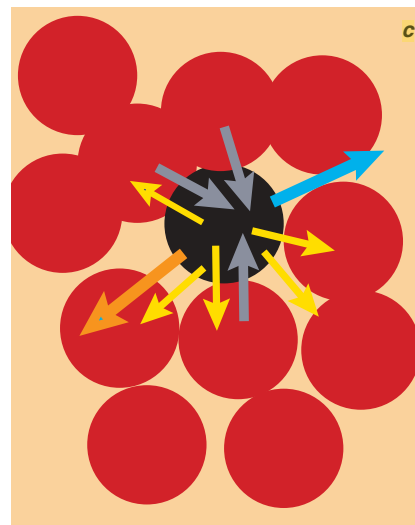
Dans une première simulation, D. Helbing a étudié comment une foule de 200 personnes évacue une pièce carrée de 15 mètres de côté par une ouverture de un mètre de largeur. Tant que tout est normal, seule une légère concentration de gens se forme en face de la porte. Chacun progresse vers la sortie de un mètre par seconde environ, vitesse qui augmente jusqu'à 1,5 mètre par seconde si une raison de se presser apparaît, et beaucoup plus encore si la panique se répand. En présence de danger, les personnes enfermées dans la pièce commencent à pousser et à s'entrechoquer. Ces contacts augmentent les «forces de contact», notamment celles de «friction», de sorte que le mouvement général se ralentit. Celui-ci devient encore plus lent, si la panique gagne

la foule. La «force grégaire» augmente alors, car chacun veut fuir vite, et la concentration d'individus en face de la porte provoque la formation d'«arcs-boutants», structures d'où les individus ne s'extraient qu'avec difficulté. Pour rechercher une solution, l'équipe de Dresde a montré, dans une deuxième simulation, que dans une telle situation, la vitesse de sortie augmente notablement quand une colonne, placée en face de la porte, empêche la formation des arcs-boutants.

Une troisième simulation met en évidence le rôle contrasté de la «force grégaire». Elle reproduit l'évacuation d'une pièce enfumée munie de deux sorties. Comme les individus enfermés ont des difficultés à localiser la sortie, ils commencent par la rechercher. Puis, dès qu'une première personne la trouve, ils s'engouffrent à sa suite. Seuls, quelques individus profitent de la découverte plus tardive d'une autre personne qui a trouvé la seconde sortie : leur fuite est plus rapide. Le modèle confirme que l'instinct grégaire est à double tranchant. S'il permet à une foule de profiter du salut découvert par un seul, il peut aussi la précipiter dans l'abîme.



Lorsque sous la pression d'une menace (le feu), une foule cherche à quitter une pièce, elle s'agglutine près de la sortie, et des «arcs-boutants» (a, en bleu) se forment entre les individus, ce qui ralentit l'évacuation. Une colonne (b, en noir) judicieusement placée en face de la porte empêcherait la formation des arcs-boutants qui obstruent la sortie. Dans un nouveau modèle, on représente les interactions entre individus par quatre forces : une force motrice (c, en bleu), une force psycho-sociale (en jaune), et deux forces de contact (une force corporelle (en gris) et une force de friction (en orange)).



Vous cherchez un article scientifique ou technique ?

[//articlesciences.inist.fr](http://articlesciences.inist.fr)

Le moteur de recherche et de commande d'articles scientifiques et techniques

Un service de l'Institut de l'Information Scientifique et Technique du CNRS

www.inist.fr

Une sexualité de survie

Menacés d'extinction, les cyprès de Duprez ont recours à une sexualité particulière.

Au Sud-Est de l'Algérie, près de la frontière lybienne, dans les montagnes du Tassili des Ajjer, les 231 cyprès de Duprez (*Cupressus dupreziana*) sont les derniers survivants de cette espèce. Dans une telle population restreinte, le danger est la « consanguinité » et l'accumulation de mutations délétères qui en résulte. Le cyprès de Duprez est-il pour autant condamné ? Non, l'équipe de Christian Pichot, de l'Institut national de la recherche agronomique, à Avignon, a mis en évidence chez ces arbres une sexualité unique, où le grain de pollen donne, seul, naissance à un nouvel individu.

Plusieurs indices ont mis les botanistes sur la voie. D'abord, les grains de pollen du cyprès de Duprez sont plus gros que ceux des autres espèces de cyprès. Par ailleurs, les fruits de croisements entre ce cyprès et celui de Provence ressemblaient beaucoup au cyprès de Duprez lorsque celui-ci est le père. Comment expliquer ces observations ?

C. Pichot et ses collègues ont analysé les gros grains de pollen du cyprès de Duprez et les individus issus de croisements. Le grain de pollen est diploïde, c'est-à-dire qu'il contient les deux lots de chromosomes paternels, alors que ceux d'autres espèces sont haploïdes (ils n'ont qu'un seul lot de chromosomes). Ensuite, les cyprès issus des croisements du pollen de *C. dupreziana* et de l'ovule d'une autre espèce sont génétiquement identiques à l'arbre père. Ainsi, le pollen se pose sur l'ovaire, émet un tube pollinique qui introduit le noyau dans l'ovule, mais la fusion des deux noyaux n'a pas lieu : celui de l'ovaire dégénère alors que celui, déjà diploïde, du grain de pollen prend en charge le développement du nouvel arbre. L'ovule n'est alors qu'une réserve nourricière.

Ce mode de reproduction est nommé apomixie. Il est connu chez les angiospermes (les plantes à fleurs), chez qui le développement d'un ovule seul en un nouvel individu est fréquent. Cependant, l'apomixie du cyprès de Duprez est inédite à deux titres : elle concerne les gamètes mâles, le pollen, et apparaît chez un gymnosperme, une plante à graines nues sans fleurs.

L'apomixie apporte un avantage aux cyprès qui, grâce à elle, évite la consanguinité ; cependant, elle fige leur évolution, car elle supprime le brassage génétique. L'adoption d'un tel mode de reproduction rend délicate la sauvegarde de l'espèce, menacée à long terme : les généticiens de l'INRA espèrent analyser chacun des 231 survivants dans l'espoir de découvrir un exemplaire encore capable de fécondation. Enfin, ils étudient différents croisements interspécifiques qui sauveraient le patrimoine génétique des cyprès de Duprez, et, pourquoi pas, le ramèneraient dans le chemin de la fécondation.



Dans le Sud-Est de l'Algérie, les cyprès de Duprez résistent à l'extinction grâce à une sexualité originale : les grains de pollen, à eux seuls, donnent naissance à de nouveaux cyprès.

F. Abouin

L'homme à face plate

Un nouveau visage dans notre arbre généalogique.

Après avoir trouvé *Orrorin tungenensis*, un hominidé de six millions d'années, les paléontologues ont annoncé, quelques mois plus tard, la découverte d'un autre de nos ancêtres au Kenya. Le crâne mis au jour est presque complet : il daterait de 3,5 millions d'années environ. Toutefois, ses caractères à la fois primitifs et évolués laissent les paléontologues perplexes quant à la place qu'il occupe dans notre arbre généalogique.

Le fossile, mis au jour par l'équipe de Meave Leakey, paléontologue aux Musées nationaux du Kenya, se trouvait à Lomekwi, sur la rive Ouest du lac Turkana, dans le Nord du Kenya. Ce site a livré plus de 30 fragments de crânes et de dents, dont deux ont été attribués au nouvel hominidé (les autres n'ont pas encore été classés). Tous ces fragments ont été découverts entre deux couches de sédiments datées de 3,2 et 3,5 millions d'années. D'après les restes de mammifères qui les accompagnaient, la région était recouverte, à cette époque, de forêts et de prairies, comme les sites de Tanzanie et d'Éthiopie où l'on a retrouvé des restes d'australopithèques.

Le nouveau fossile présente une mosaïque de caractères, qui ne sont pas nouveaux en soi, mais qu'aucun autre fossile ne rassemble. Par le petit volume de son crâne, le nouvel hominidé ressemble au chimpanzé, mais par ses dents à émail épais (qui révèlent la dureté des aliments dont il se nourrissait), il se rapproche des australopithèques de l'espèce *afarensis*, vieille de 3,2 millions d'années (celle de Lucy) et de l'espèce *anamensis*, encore plus ancienne. Enfin, par sa face plate, il ressemble à *Homo rudolfensis*, découvert sur la rive opposée du lac Turkana, mais beaucoup plus jeune, puisqu'il daterait de 2 à 2,5 millions d'années. Ainsi, ne pouvant attribuer le nouveau fossile à aucun de nos ancêtres déjà connus, les paléontologues l'ont classé dans un nouveau genre, qu'ils ont nommé *Kenyanthropus platyops*, c'est-à-dire l'homme à face plate.

Ses caractères propres le distinguent des australopithèques et des paranthropes (un genre d'hominidés aussi appelés les australopithèques « robustes », mais plus jeunes que les australopithèques, puisqu'ils prospéraient il y a 2,5 à 1,4 millions d'années). Qu'en est-il de sa ressemblance avec *Homo rudolfensis*, ou plus précisément avec le fossile dit de « l'homme 1 470 », daté de 1,8 millions d'années, à partir duquel on a défini ce genre ? Certains paléontologues pensent que *Homo rudolfensis* est plus proche des australopithèques que des *Homo*. Au lieu de créer un nouveau genre, Meave Leakey aurait pu considérer que les paranthropes et les *Homo* primitifs étaient en fait des australopithèques, mais ce dernier genre serait alors devenu un « fourre-tout ». Elle suggère plutôt de classer « l'homme 1 470 » dans le groupe des kenyanthropes (celui de *Kenyanthropus platyops*). Cette proposition controversée ravive des désaccords déjà anciens à propos de ce fossile, retrouvé en petits morceaux, de surcroît écrasés par le poids des sédiments.

Comment expliquer les ressemblances de *Kenyanthropus platyops* avec des hominidés si différents les uns des autres et si éloignés dans le temps ? Les indices dont nous disposons (les



Kenyanthropus platyops, l'homme à face plate.

Musée national du Kenya