

MEHDI MOUSSAÏD

est chercheur en sciences cognitives au sein du Centre de rationalité adaptative, à l'institut Max-Planck de Berlin. Il a récemment publié *Fouloscopie* (HumenSciences, 2019), un essai où il relate tant ses premiers pas de chercheur que les dernières découvertes sur les foules.



Moins la foule est dense, plus elle est imprévisible

Comment organiser les zones urbaines pour que le trafic y soit fluide ? Comment éviter les bousculades meurtrières lors de rassemblements ? Comment lutter contre la propagation des fausses informations ? Toutes ces questions sont au cœur d'une jeune discipline, l'étude des foules, qui commence déjà à fournir des réponses. Petit tour d'horizon avec le « foulologue » Mehdi Moussaïd.

Le 24 septembre 2015, une terrible bousculade à l'entrée du pont Djamarat, à La Mecque, a entraîné près de 2 500 décès, alors que ce pont venait d'être reconstruit à la suite d'un autre mouvement de foule, en 2006, qui avait causé 362 morts. Sait-on pourquoi ces travaux n'ont pas amélioré les choses ?

Malheureusement, on a assez peu d'informations sur ce qui s'est passé ce jour-là, car les autorités saoudiennes sont très opaques sur l'accident. Jusqu'en 2006, l'entrée du pont Djamarat constituait un goulot d'étranglement. Or, en termes de gestion de foule, les goulots d'étranglement sont un enfer. Comme ce sont des endroits où les gens se massent pour passer, à l'instar d'une porte de métro, des pics de densité apparaissent à certains endroits, qui constituent alors autant de zones à risque.

À partir de quelle densité la situation devient-elle dangereuse ?

Depuis l'accident de 2006 et l'étude des films de vidéosurveillance du lieu, on sait qu'il existe des seuils de densité, notamment autour de 6 à 7 personnes par mètre carré, à partir desquels se produisent divers phénomènes collectifs. L'un d'eux, dit de turbulences, est meurtrier : des vagues de bousculades où les gens chutent et subissent des pressions impossibles à encaisser. Depuis cette étude, on recommande donc de toujours maintenir la densité en dessous de ce seuil critique. Mais c'est plus facile à dire qu'à faire : même si la foule est peu nombreuse, il suffit que tout le monde se retrouve au même endroit, comme c'est le cas autour d'un goulot d'étranglement, pour que des accidents se produisent.

À l'entrée du pont Djamarat, jusqu'en 2006, les bousculades étaient fréquentes et souvent meurtrières (comme ce fut le cas en 1994, 1998, 2001, 2003, 2004 et 2006). À partir de ces découvertes, les autorités saoudiennes ont décidé de reconstruire cet endroit pour élargir le goulot d'étranglement. Il existera toujours, car la foule doit se rendre dans un endroit précis – où l'on lapide trois piliers symbolisant Satan –, mais en l'élargissant, on a voulu réduire le risque d'accident. Et force est de constater que cela a plutôt bien fonctionné : entre 2006 et aujourd'hui, la catastrophe de 2015 demeure unique. Néanmoins, une foule reste un système chaotique dont on perd vite le contrôle. Une foule en déplacement est ainsi très difficile à gérer, surtout quand elle rassemble trois millions de personnes dans une ville aussi petite que La Mecque. En 2015, c'est probablement une combinaison de petits facteurs qui a causé l'accident.

Ces recherches sur les films de 2006 ont-elles fait émerger d'autres pistes pour améliorer les flux de foule ?

Une seconde chose effectivement très utile a changé à La Mecque après ces travaux : on a

supprimé les routes bidirectionnelles. Le nouveau pont constitue un circuit tel qu'il n'autorise le déplacement des pèlerins que dans un sens, ce qui fluidifie considérablement le trafic. À l'accident de la Love Parade de Duisbourg, en Allemagne, en 2010, ce sont des flux bidirectionnels qui ont causé l'accident : deux masses humaines arrivaient l'une vers l'autre de deux directions opposées, et le drame s'est produit à l'endroit où elles se sont rencontrées. Dans les heures qui avaient précédé l'accident, les forces de l'ordre s'étaient rendu compte que la foule était trop nombreuse (1,5 million de festivaliers) et dense et qu'elles en perdaient le contrôle. Elles avaient commencé à créer des barrières de sécurité, à rediriger la foule dans certains endroits et, à un moment, par erreur, deux flux se sont retrouvés face à face, produisant un pic de densité qui a entraîné la mort de 21 personnes.

D'une manière générale, la meilleure pratique est que l'événement soit planifié de façon quasi chirurgicale. À La Mecque, cela fonctionne bien : les pèlerins ont maintenant des tickets avec une heure de passage, ce qui permet de contrôler qui est où et à quel moment. Mais en cas d'affluence trop importante dans un festival de musique, bloquer l'entrée est une mauvaise idée : les gens s'accumuleront de l'autre côté, créant un pic de densité à cet endroit.

Que savait-on sur les foules avant 2006 ?

L'année 2006 a vraiment été charnière. Pour la première fois, les chercheurs ont eu accès à des données sur un mouvement de foule meurtrier. Ces données sont arrivées dans le laboratoire de Dirk Helbing, à l'École polytechnique fédérale de Zurich, où j'étais alors doctorant, et c'est grâce à elles qu'on a commencé à comprendre les mouvements de foule et les bousculades. En effet, on avait déjà une bonne connaissance des déplacements des foules en général, mais à une densité moindre, dans un contexte de vie quotidienne – une station de métro, par exemple. Les recherches sur les foules avaient débuté vers le milieu des années 1950, lorsque les villes commençaient à s'engorger. Des ingénieurs urbanistes voulaient comprendre comment les gens se déplacent dans les rues pour mieux adapter l'environnement urbain. Ils ont fait plein d'observations, dont une qui paraît assez intuitive aujourd'hui, sur le rapport entre densité et vitesse de déplacement des individus : plus une foule en mouvement est dense et moins les individus qui la composent se déplacent vite. Toutefois, il leur manquait un cadre théorique pour interpréter plus avant leurs observations. C'est une communauté de physiciens qui l'a apporté dans les années 1970, en particulier l'Australien Leroy Henderson, qui a eu l'idée de considérer qu'une foule dans une rue se comporte comme un liquide dans un tuyau et que l'on peut donc



Mehdi Moussaïd a récemment publié : **Fouloscopie**
Ce que la foule dit de nous
(HumenSciences, 2019).

► modéliser ses mouvements à l'aide de la dynamique des fluides. Cette analogie fonctionnait très bien... tant que la foule était très dense.

À quelle densité ne fonctionne-t-elle plus ?

La limite n'est pas claire, mais on peut faire un découpage grossier : à très forte densité, une foule se comporte comme un fluide. À une densité intermédiaire, ce n'est plus aussi simple. Cependant, dans les années 1990, Dirk Helbing a proposé une autre analogie, où les piétons sont des particules. Avec les fluides, le cadre théorique était celui de l'hydrodynamique. Avec les particules, c'est la mécanique newtonienne, où l'on attribue des forces de répulsion aux individus pour décrire le système (voir l'article page 32). Et quand on descend encore en densité, le modèle particulaire marche à son tour beaucoup moins bien. Il faut alors un autre cadre théorique : les sciences comportementales, principalement la psychologie et l'éthologie humaine. C'est ce que j'ai montré durant mon doctorat : dans un cadre quotidien, le modèle des piétons-particules n'a pas vraiment de sens. Il faut plutôt regarder comment les gens se comportent. C'est d'ailleurs fascinant qu'il faille ainsi passer d'une discipline à l'autre pour étudier les foules, et que cela ne dépende que de l'augmentation d'un paramètre, la densité. Au laboratoire, nous essayons justement de caractériser ces transitions et les comportements des foules dans les différents régimes.

Comment étudie-t-on le comportement d'une foule, concrètement ?

On a surtout parlé de théorie, mais la partie observationnelle est aussi très importante. On procède de deux façons. D'une part, dans la rue, en « milieu naturel ». C'est ce que j'ai beaucoup fait pendant ma thèse : on part avec une caméra et un trépied et on cherche un endroit très fréquenté, on se positionne un peu en hauteur et on filme les passants, puis, de retour au laboratoire, on suit le déplacement des gens et on regarde si les modèles reproduisent ces observations. D'autre part, on organise des expériences, certes plus artificielles, mais avec un bien meilleur contrôle sur ce qui se passe. On commence par se poser une question. Par exemple, comment se structurent deux flux de piétons qui se déplacent en sens opposé ? Et on conçoit une expérience pour y répondre. En l'occurrence, nous avons construit un couloir circulaire (cela nous permettait de maintenir les flux de piétons sans avoir à en rajouter) où nous avons placé des groupes de 30, 50 ou 60 participants. À chaque fois, une moitié avait pour instruction de tourner dans un sens, l'autre dans l'autre sens, tout en étant mélangées. Au départ, la foule était complètement désorganisée, mais après une vingtaine de secondes, elle s'autoorganisait spontanément :

une « autoroute de piétons » apparaissait, caractérisée par le fait que tous les gens qui allaient dans un même sens occupaient une moitié de l'espace disponible, tandis que l'autre moitié était réservée au sens opposé. Comme si la foule avait décidé de se partager l'espace. On peut y voir une forme d'intelligence collective : cette organisation a émergé par simples interactions successives, sans même que les gens ne s'en rendent compte, et a conduit à un bien meilleur trafic piétonnier.

Les participants privilégiaient-ils un côté ?

Oui, ils marchaient presque toujours à droite. Pour comprendre pourquoi, on a fait une autre expérience, où cette fois deux piétons se croisent dans un couloir droit. On voulait voir comment ils s'évitent. On s'est aperçu que dans cette situation, les piétons s'évitent principalement par la droite, sans même communiquer. Une sorte de règle implicite – on parle de convention sociale – facilite l'évitement entre les deux piétons. Cette règle diffère d'un pays à l'autre. Dans certains, comme la France, on s'évite par la droite ; dans d'autres, comme l'Australie ou le Japon, par la gauche. C'est ce biais d'évitement à l'échelle d'un piéton qui crée la structure de l'« autoroute » : si les piétons s'évitent par la droite, l'autoroute apparaît à droite, et inversement. Est-ce en rapport avec la façon dont roulent les voitures ? Presque toujours, mais il y a des exceptions. À Londres, les gens marchent à droite et les voitures roulent à gauche.



© Muhammad Fala'ah Interim/Getty