

Mouvements de foule : un

Lors du Congrès national des sapeurs-pompiers de 2011 à Nantes, la conférence organisée par la commission Prévention de la Fédération portait sur les rassemblements de type festival, concert, événement sportif... L'occasion de réfléchir à la gestion des risques générés par ces événements de grande ampleur.



Lors des grands rassemblements, il est essentiel de garantir la fluidité des voies principales d'accès, pour éviter la formation de goulets d'étranglement.

Leonhard Foeger / Reuters

Le risque lié aux mouvements de foule semble globalement maîtrisé dans les établissements recevant du public. Mais, lors d'importantes manifestations, ils peuvent provoquer de dangereuses bousculades, des piétinements et des phénomènes de panique susceptibles de conduire à des drames humains considérables. Malheureusement, ce type d'accident donne lieu à des bilans graves. On peut citer en exemple :

- la « Love Parade » de Duisbourg (Allemagne), en 2010 : 21 morts ;
- le stade du Heysel à Bruxelles (Belgique), en 1985 : 39 morts ;
- la fête de l'eau à Phnom-Penh

(Cambodge), en 2010 : 350 morts ;

- la nuit du Nouvel An à Abidjan (Côte d'Ivoire), en 2013 : 63 morts.

Mises à part quelques études pionnières (voir encadré), peu de recherches ont été menées sur ce sujet.

De manière corollaire, il n'existe pas de règles visant à diminuer les risques liés aux mouvements de foule.

Quelques règles à respecter

Les recherches menées à l'université de Toulouse ont démontré qu'une densité

Une densité de quatre personnes par mètre carré constitue un seuil critique au-delà duquel peuvent se produire des phénomènes d'instabilité et de turbulence.

Il est donc prudent de maintenir la densité humaine sous ce seuil. Si cette règle est facilement applicable dans le cadre de manifestations où le public peut être limité (par une billetterie par exemple), cela s'avère plus délicat lors d'événements ouverts à tous. Toutefois, certains outils de comptage dynamique peuvent être mis en œuvre pour faciliter la gestion des foules.

Un seul critère constitue un seuil critique au-delà duquel peuvent se produire des phénomènes d'instabilité et de turbulence.

Il est donc prudent de maintenir la densité humaine sous ce seuil. Si cette règle est facilement applicable dans le cadre de manifestations où le public peut être limité (par une billetterie par exemple), cela s'avère plus délicat lors d'événements ouverts à tous. Toutefois, certains outils de comptage dynamique peuvent être mis en œuvre pour faciliter la gestion des foules.

Un seul critère constitue un seuil critique au-delà duquel peuvent se produire des phénomènes d'instabilité et de turbulence.

Il est également important d'éviter la présence d'obstacles, de goulets d'étranglement ou de rétrécissements. En effet, ce type d'aménagement est de nature à « densifier » le public alentour et devient générateur de bousculades collectives. Au stade de l'étude du dossier d'une manifestation, ces zones doivent faire l'objet d'une attention toute particulière.

Un domaine à explorer

Enfin, l'expérience montre qu'en cas d'évacuation, le public emprunte très majoritairement l'accès par lequel il a gagné la manifestation. Au regard de ce constat, il est important de privilégier la largeur comme la fluidité des entrées et voies principales permettant l'accès au site siège où se déroule l'événement.

En résumé, l'analyse du risque des mouvements de foule est un domaine qui reste à explorer. Ce danger est d'autant plus à prendre en compte que les grands rassemblements rencontrent un succès grandissant (*rave party*, *apéros géants*, concerts, fêtes du Sud-Ouest...). Les sapeurs-pompiers ont un rôle à jouer dans la prévention de ce risque.

Ils peuvent s'appuyer sur quelques principes simples à prendre en compte, en attendant d'éventuelles dispositions réglementaires à venir.

Lieutenant-colonel Philippe Molneau, directeur départemental adjoint du Ssis 47, membre de la commission Prévention de la FNSPF

Pour aller plus loin...

- <http://www.smart-flows.com/>
- <http://cognition-ups-tlse.fr/dynactom/dynactom.html>
- Sur les foules**
- Moussaïd M. & Theraulaz G. 2011. Comment les piétons marchent dans la foule. *La Recherche* 450: 56-59.
- Moussaïd M., Helbing D. & Theraulaz G. 2011. How simple rules determine pedestrian behavior and crowd disasters. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA* 108: 6884-6888.
- Sur les fourmis**
- Theraulaz G., Perna A. & Kurtz P. 2012. L'art de la construction chez les insectes sociaux. *In Pour la Science* 420: 28-35.
- Theraulaz G. 2010. L'intelligence collective des fourmis. *Le Courrier de la nature* 250: 46-53.

risque à maîtriser



Le comportement des foules à l'étude

Le docteur Guy Theraulaz, directeur de recherche au Centre national de la recherche scientifique (CNRS), dirige une équipe travaillant sur l'analyse et la modélisation des comportements collectifs au Centre de recherches sur la cognition animale (CRCA, UMR CNRS 5169), à l'université Paul Sabatier de Toulouse. Ses recherches portent notamment sur les comportements collectifs des piétons, ainsi que sur les processus d'auto-organisation dans les foules.

Ses travaux l'ont conduit à étudier de façon expérimentale les interactions entre piétons dans une foule et à analyser les vidéos des récentes catastrophes qui se sont produites lors du pèlerinage annuel de La Mecque en 2006 ou au cours de la *Love Parade* à Duisbourg en 2010.

À La Mecque, la densité d'individus peut atteindre, dans certaines zones, jusqu'à neuf personnes par mètre carré ! En décembre 2006, une équipe de l'École polytechnique fédérale de Zurich s'est rendue sur place pour observer les mouvements de foule qui s'opèrent à un tel niveau de densité. Devant leur caméra s'est produit un phénomène collectif, jamais identifié auparavant, qu'ils ont appelé « turbulence » : lorsque la densité de piétons dépasse un seuil critique, la foule devient soudainement instable et de gigantesques mouvements de masse se produisent. Les individus, compressés les uns contre les autres, commencent à se bousculer pour dégager leur espace vital. Mais à un tel niveau de densité, les pressions physiques exercées localement se propagent rapidement de proche en proche et s'étendent à l'ensemble de la foule. Des groupes entiers de piétons peuvent être soudainement emportés, dans une direction aléatoire, perdant même parfois le contact avec le sol. L'amplitude de ces mouvements peut atteindre une dizaine de mètres. Lorsque ce phénomène se produit, la foule, vue du ciel, ressemble à une mer en pleine tempête. En 2006 à La Mecque, 345 personnes ont succombé dans ces bousculades collectives.

Une nouvelle approche

Pour comprendre comment surviennent ces phénomènes, l'équipe de Guy Theraulaz a développé une nouvelle approche qui combine étroitement expérience et modélisation. Les chercheurs ont monté qu'il était possible de représenter très fidèlement le déplacement d'un piéton dans une foule au moyen de deux règles de comportement. Ce dernier cherche simplement à minimiser l'encombrement de son champ visuel en se dirigeant vers les espaces libres qu'il perçoit, tout en ajustant sa vitesse pour conserver une distance de sécurité par rapport à l'obstacle le plus proche. En rupture avec l'approche traditionnelle, s'appuyant sur la mécanique des fluides, le modèle prédit correctement la relation fondamentale qui existe entre la vitesse moyenne de déplacement des piétons et la densité d'individus. Par ailleurs, le modèle prédit l'émergence de vagues de ralentissement pour deux niveaux de densité compris entre deux et trois piétons par mètre carré. Ce phénomène, parfois appelé « stop and go » ou « effet accordéon », peut également être observé lors d'embouteillages automobiles. L'analyse des images vidéo du pèlerinage à La Mecque de 2006 témoigne de ce même phénomène et permet d'établir une correspondance entre les prédictions du modèle et les observations empiriques.

Les méthodes d'étude et de modélisation du comportement des foules utilisées par l'équipe du CRCA ont été initialement développées pour l'analyse des comportements collectifs chez les insectes sociaux comme les fourmis ou les bancs de poissons. Le comportement des colonies de fourmis a fait l'objet de nombreuses études expérimentales en laboratoire au cours des trente dernières années. Ces expériences ont permis de développer des outils de quantification des comportements et des interactions à l'échelle individuelle et d'élaborer des modèles permettant de mieux comprendre comment s'organise une colonie.