

Quelle approche pour l'expertise ?

Héritière de son histoire, l'expertise avalanche s'est enrichie des moyens modernes de calcul et de modélisation. Ils butent cependant sur la complexité du phénomène.

> PAR CHRISTOPHE ANCEY, PROFESSEUR À L'ÉCOLE POLYTECHNIQUE FÉDÉRALE DE LAUSANNE (EPFL)

L'expertise avalanche désigne non seulement l'analyse de la menace que font peser les avalanches sur des infrastructures et des zones habitées, mais également la détermination des meilleurs moyens de s'en prémunir. Si cette double nécessité a mobilisé les hommes depuis longtemps, les moyens d'y répondre ont évolué.

Un peu d'histoire

Au Moyen Âge, la population européenne a connu une très forte progression, qui s'est notamment traduite par une occupation croissante des vallées alpines. Les villages de montagne ont dû se prémunir contre des dangers spécifiques tels que crues torrentielles et avalanches. Au cours du « petit âge glaciaire », ce sont plusieurs villages qui ont été sévèrement touchés par des avalanches de grande ampleur. À Vallorcine (Haute-Savoie), après les avalanches de 1594 et 1674, les habitants ont regroupé les chalets en plusieurs hameaux distincts et ont construit un ouvrage de protection pour l'église.

Au XIX^e siècle, c'est l'État qui commence à se substituer aux autorités locales pour définir les axes de protection, dont le principal sera la promotion du rôle de la forêt comme régulateur climatique et élément de sécurité. Sans surprise, ce sont donc les forestiers qui les premiers ont étudié les avalanches. En France, Paul Mougin met en place dès 1900 le premier suivi systématique des couloirs d'avalanche et des conditions météorologiques. Il s'intéresse aussi aux ouvrages de défense paravalanche charpentés ou maçonnés (1910). Enfin, il conçoit le premier modèle de calcul du mouvement des avalanches en faisant une analogie entre bloc solide glissant et avalanche (1923). C'est ainsi qu'il est le premier grand praticien

s'appuyant sur une excellente connaissance du milieu naturel, des modèles de calcul simples, l'exploitation des données historiques et météorologiques, et des techniques de protection forestière ou par génie civil. Un exemple qui fera florès jusqu'à très récemment.

En 1970, la France est meurtrie par l'avalanche de Val-d'Isère (39 morts). Rapidement, la réponse du gouvernement français est non seulement de relancer la recherche sur la neige et les avalanches, mais également de mettre en place une cartographie plus rigoureuse. Parmi les actions de recherche menées à cette époque, la plus emblématique a probablement été le développement de nouveaux modèles de calcul des avalanches inspirés de l'hydraulique des rivières. Ces modèles mathématiques plus complexes doivent être résolus numériquement, c'est-à-dire avec l'assistance d'ordinateurs, un outil qui commençait tout juste à se répandre dans les universités. L'œuvre de Rémi Pochat, Gérard Brugnot et Jean-Paul Vila, trois ingénieurs du Cemagref, a été remarquable en ce qu'elle a non seulement fondé les premiers outils numériques modernes (qui sont toujours employés de nos jours, avec quelques évolutions) pour les avalanches, mais également été pionnière dans l'étude des écoulements naturels sur forte pente, inspirant par la suite de nombreux chercheurs dans d'autres domaines.

Plus facile aujourd'hui ?

Ce bref historique montre les avancées considérables accomplies au cours du précédent siècle. Il ne faut toutefois pas croire que le progrès est constant, et que l'expertise avalanche est aujourd'hui plus performante qu'elle ne pouvait l'être il y a 20 ans. Il y a là une différence notable avec d'autres sciences, comme la météorologie, où

↳ L'avalanche du 2 mars 2012 à Saint-François-Lonchamp (Savoie).

Une avalanche de glissement s'est produite en pleine journée. Elle s'est immobilisée contre la gare de départ d'un télésiège, causant la destruction de deux pylônes, mais sans faire de victimes parmi les nombreux skieurs qui évoluaient sur les pistes ou empruntaient le télésiège.

On ne dispose toujours pas d'équations du comportement mécanique de la neige



l'accroissement de la puissance de calcul et les avancées scientifiques ont permis de faire des bonds en avant spectaculaires. La précision des modèles météorologiques va ainsi en s'améliorant constamment au fil des années, une amélioration qui se traduit par exemple par une fiabilité accrue des prévisions météorologiques à deux ou cinq jours. Ce n'est pas le cas pour les modèles d'écoulements naturels comme les avalanches. La raison en est relativement simple. En météorologie, le matériau étudié est l'air. Il s'agit d'un fluide simple dont la physique est bien connue. Le principal problème de la modélisation météorologique réside dans le gigantisme des volumes d'air à calculer et dans certaines caractéristiques physiques des écoulements (telles que turbulence et propriétés thermodynamiques), dont la complexité entraîne toujours des difficultés de traitement numérique des équations fondamentales. On comprend toutefois que plus la capacité de calcul et de traitement algorithmique s'accroît, meilleure est la capacité de prédiction.

Pour la neige, le comportement mécanique est autrement plus compliqué : c'est un matériau compressible et fragile, se présentant le plus souvent comme un solide, mais pouvant s'écouler comme un liquide, qui plus est très sensible à la chaleur puisque l'apparition d'eau sous forme liquide modifie complètement la nature des contacts entre cristaux de glace. La complexité du matériau fait qu'on ne dispose toujours pas d'équations fondamentales du comportement mécanique de la neige. Dès qu'on cherche à décrire le mouvement des avalanches, la difficulté est encore accrue par les nombreuses inconnues relatives à la variabilité

des propriétés physiques : un manteau neigeux est une sorte de gros mille-feuille, dont les caractéristiques varient rapidement en fonction de l'endroit considéré, selon l'inclinaison de la pente, l'effet du soleil et du vent, l'altitude, etc.

Les limites du calcul

Aussi surprenant que cela puisse paraître, il existe des phénomènes bien connus des praticiens qui résistent à toute quantification. La photographie ci-dessus montre une avalanche de glissement dans une station de ski : c'est un phénomène relativement bien compris quant à ses causes et effets, mais dont la dynamique échappe encore à notre compréhension. Ce qui est remarquable, c'est la mobilité de ce volume de neige (à peine quelques milliers de m³) très compacte sur des pentes moyennement soutenues (15° environ). On soupçonne que la clé de l'énigme est l'existence d'un mince film d'eau qui lubrifierait le contact entre la neige en glissement et le reste du manteau neigeux. Ce scénario reste toutefois à démontrer.

Il y a un paradoxe avec les avalanches : elles se prêtent facilement à la modélisation, comme le montre le succès des petits modèles de calcul utilisés depuis longtemps pour calculer vitesse et pression. Toutefois, la recherche de la précision bute sur des problèmes épineux, pour lesquels peu de solutions ont pu être apportées au cours des dernières décennies. Cela explique qu'aujourd'hui encore, même si elle recourt à la modélisation numérique pour quantifier les phénomènes, l'expertise reste profondément ancrée dans un mode de raisonnement qualitatif, souvent qualifié de « dire d'expert ».

SAVOIR +

- GIVRY Marc et PERFETTINI Pascal. *Construire en montagne : la prise en compte du risque d'avalanche*. Paris : ministère de l'Environnement et du Développement durable, 2004 (disponible en ligne).
- ANCEY Christophe. *Dynamique des avalanches*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes, 2006.
- ANCEY Christophe (coord.). *Guide neige et avalanches : connaissances, pratiques, sécurité*. Aix-en-Provence : Édisud, 1998 (2^e éd.) (disponible en ligne).