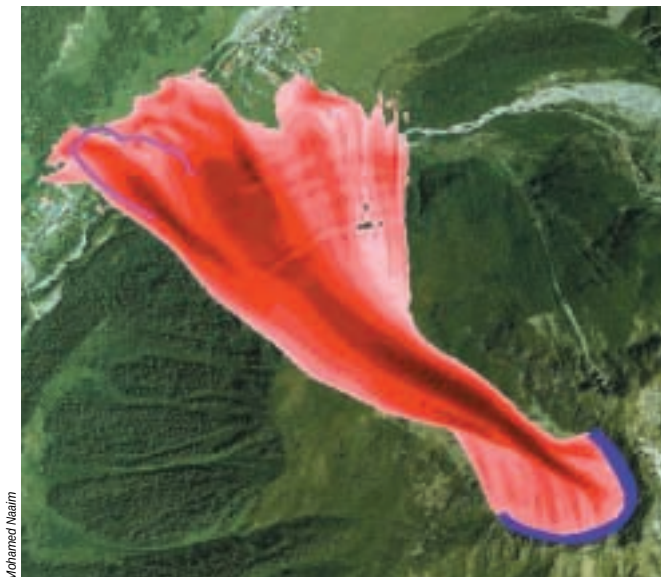
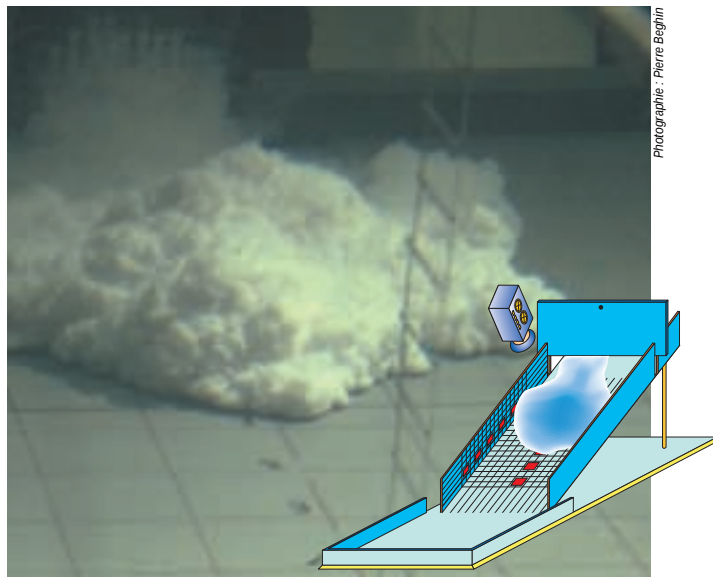




Mohamed Naaim

8. LA SIMULATION NUMÉRIQUE de l'avalanche de MontRoc, près de Chamonix, en Haute-Savoie, montre l'onde de pression (plus le rouge est foncé, plus la pression est forte) de la neige détachée de la zone de départ (en bleu, en bas à droite). L'écoulement dense, dont la zone d'arrêt, dans le village même, est marquée en violet, a suivi deux couloirs différents.



Photographie : Pierre Beghin

9. PAR DES EXPÉRIENCES EN LABORATOIRE, on mesure les paramètres des modèles numériques. Une masse de neige artificielle est libérée par une trappe sur un plan incliné muni de capteurs (en rouge sur le schéma) et filmé par une caméra. Dans un autre type d'expériences, les écoulements aérosols sont simulés par des suspensions de particules dans un bassin rempli d'eau (photographie).

exposés au flux de particules. Les sons des impacts des particules sont convertis en signaux électriques. Un filtrage élimine les basses fréquences dues au vent et les hautes fréquences parasites.

Des paramètres à la validation

Par ailleurs, nous étudions en laboratoire le comportement de matériaux modèles (poudre dérivée de la chaux, différents sables, billes de polychlorure de vinyle, sciure de bois) sur des plans inclinables équipés d'une caméra vidéo et de capteurs qui mesurent l'épaisseur de l'avalanche et les contraintes exercées sur le fond du canal lors de son passage.

Nous simulons également des écoulements aérosols dans des bassins d'eau où s'écoulent des suspensions de particules. Ainsi, l'écoulement est suffisamment lent pour être suivi avec précision (voir la figure 9). Les résultats des modèles numériques sont ensuite validés par comparaison avec les résultats des expériences en laboratoire et sur le terrain. Nos résultats numériques s'accordent avec les résultats expérimentaux, aussi bien pour les écoulements aérosols que pour les écoulements denses.

Enfin, nous validons nos modèles par des reconstitutions d'événements : il s'agit d'une justification globale des résultats par rapport à des données

d'enquêtes sur le terrain telles que les limites de l'avalanche, les dégâts, l'estimation de la zone de départ, l'estimation de l'épaisseur de neige initiale.

Par exemple, nous avons reconstitué l'avalanche du Bourgeat, en Savoie, et l'avalanche du Tour, à Chamonix (voir la figure 8), qui ont provoqué des dégâts importants dans des zones habitées. Nous avons, d'une part, relevé l'ensemble des informations de terrain laissées par l'avalanche et, d'autre part, étudié les conditions météorologiques qui ont produit cet événement. Le manteau neigeux était composé uniquement de la neige fraîche tombée durant les 24 heures précédentes. Le modèle a reproduit précisément le champ de pression dans la zone des dégâts. Ce protocole a été appliqué à cinq couloirs différents, dont les géométries et les topographies sont des archétypes de couloirs d'avalanches. Pour chacun, la comparaison des relevés sur le terrain et des résultats du modèle numérique a permis de reproduire les limites des cinq avalanches observées. Pour les couloirs étudiés, la simulation permet de

modifier des paramètres et de simuler les conséquences d'événements plus catastrophiques que ceux observés. Pour les couloirs mal connus, on procède par analogie avec des couloirs bien étudiés.

Ainsi, les collectivités seront en mesure d'optimiser le zonage d'une région, c'est-à-dire d'identifier les domaines où les implantations d'habitations et d'équipements sont déconseillées, risquées ou sans danger.

En outre, nous espérons créer un environnement commun européen pour le zonage assisté par ordinateur, alliant la modélisation numérique, les capacités des systèmes d'informations géographiques et les données du terrain. Les modèles présentés ne rendent pas encore compte de toute la complexité des avalanches, mais ils sont suffisants pour établir les scénarios possibles le long d'un couloir donné. Ajoutés à d'autres sources d'informations, notamment les données historiques et l'interprétation de photos aériennes, les modèles informatiques participent déjà à la prévention des avalanches.

Mohamed NAAIM est chargé de recherche au CEMAGREF, à Grenoble. Florence BOUVET-NAAIM est ingénieur de recherche au CEMAGREF. Lionel VIDAL est ingénieur à la Société Transmontagne.

F. BOUVET-NAAIM, M. PRAT, J.-A. CALGARO et J. RAOUL, *La neige : recherche et*

réglementation, CEMAGREF et Presses de l'École nationale des Ponts et Chaussées.

M. NAAIM, F. BOUVET-NAAIM et H. MARTINEZ, *Numerical Simulation of Chifting Snow : Erosion and Deposition Models*, in *Annals of Glaciology*, n° 26, pp. 212-216, 1997.

À la recherche de l'îlot superlourd

IOURI OGANESSIAN • VLADIMIR UTYONKOV • KENTON MOODY

La synthèse de l'élément 114 a confirmé des prévisions théoriques vieilles de plusieurs décennies : un îlot de stabilité nucléaire existe au milieu de la mer des noyaux superlourds à courte durée de vie.

Au printemps 1940, la synthèse du neptunium marque le début d'une fascinante odyssée dans des eaux inexplorées. Dans l'océan des noyaux lourds, les noyaux qui ont plus de protons que l'uranium (soit plus de 92 protons) ont des propriétés remarquables. En raison de leur nombre élevé d'électrons, ces éléments «transuraniens» ont fourni aux chimistes des renseignements précieux sur les liaisons chimiques et sur l'arrangement des électrons dans les atomes. Ces éléments sont également utilisés dans des techniques variées, des armes nucléaires aux détecteurs de fumée.

La quête des éléments transuraniens a ainsi abouti à la synthèse de 23 éléments. Parmi ceux-ci, seuls les deux plus légers (le neptunium et le plutonium) existent à l'état naturel. La création récente de l'élément 114 a mis fin à une traversée particulièrement difficile, et les physiciens ont touché terre après une navigation périlleuse dans un océan d'instabilité, entre les éléments à plus de 106 protons : en bombardant des noyaux lourds à l'aide de faisceaux d'ions de noyaux plus légers, les physiciens fabriquent des noyaux superlourds si instables qu'ils se divisent presque aussitôt, une fraction de seconde après leur création ; alors qu'ils approchaient du nombre «magique» de 114, les expérimentateurs ont enfin vu apparaître un îlot de stabilité, où tout un ensemble d'éléments encore plus lourds font preuve d'une stabilité et d'une longévité étonnantes.

Les physiciens nucléaires entrevoient l'îlot de stabilité dès 1966. Toutefois, telle la cité légendaire d'El-

dorado, cet îlot de stabilité semble être inaccessible à jamais. Contrairement à l'Eldorado, la localisation de l'îlot n'était pas secrète : on a calculé que son point le plus stable était un isotope de l'élément 114 comprenant 184 neutrons. Ce point central était entouré d'éléments un peu moins stables, dont les nombres de protons étaient compris entre 109 et 115. Les physiciens avaient ainsi une carte qui montre où se rendre, mais le problème est de savoir comment s'y rendre et comment savoir quand on sera au but.

Les premières synthèses d'éléments lourds datent de 1934. On bombardait alors des noyaux d'éléments lourds par des faisceaux de neutrons. Chaque neutron capté par le noyau cible subit une désintégration bêta : il se transforme en un proton et un électron. Le noyau résultant possède un proton de plus que le noyau cible initial. Autrement dit, le numéro atomique (le nombre de protons du noyau) de l'élément créé augmente d'une unité par rapport à celui de l'élément cible, ce qui change la nature de l'élément ; le nombre de neutrons, lui, détermine la stabilité de l'«isotope» formé.

Au milieu des années 1950, les physiciens ont ainsi synthétisé les éléments 93 (le neptunium), 94 (le plutonium), 99 et 100. À la même époque, ils ont créé les éléments 95, 96, 97, 98 et 101 en irradiant des noyaux lourds avec des faisceaux de particules alpha, c'est-à-dire des noyaux d'hélium 4, constitué de deux protons et de deux neutrons. Par cette méthode, on augmente le numéro atomique de deux unités.



Dusan Petricic

La mise au point des accélérateurs de particules permet ensuite aux physiciens de focaliser des jets intenses d'ions légers, comme le bore (de numéro atomique 5) sur les noyaux d'éléments dont les numéros atomiques sont compris entre 94 et 98, afin de les faire fusionner. La fusion ne s'opère que si la collision est suffisamment forte pour surmonter la répulsion électrostatique entre les noyaux, chargés positivement. Comme on doit donner beaucoup d'énergie aux projectiles, le noyau résultant est très chaud. C'est un inconvénient, car le nouvel élément risque alors de se désintégrer avant même d'être sorti de la cible, plutôt que d'aboutir à un état stable. Grâce à cette technique, dite de «fusion chaude», les physiciens

créent les éléments 102 à 106 entre 1958 et 1974. Au-delà, la tendance à fissionner empêche la synthèse de nouveaux éléments.

Du chaud au froid

En 1974, à l'Institut de recherches nucléaires de Dubna (près de Moscou), l'un de nous (I. Oganessian) découvre qu'un faisceau d'ions plus lourds envoyé sur des noyaux plus légers que les transuraniens engendre des noyaux dont l'énergie d'excitation est inférieure. Ainsi, ces noyaux restent intacts plus longtemps. La recherche à l'aide de cette technique de «fusion froide» est mise en œuvre l'année suivante après l'ouverture de l'accélérateur UNILAC (*Universal Linear Accelerator*) à l'Institut de recherche sur les ions lourds (GSI), à Darmstadt (cette fusion froide n'a rien à voir avec celle qui prétendait récupérer l'énergie nucléaire par la synthèse de l'eau). L'UNILAC est l'un des premiers à accélérer des ions très lourds à grande énergie. Malheureusement, au cours des expériences, très

peu de noyaux du nouvel élément recherché sont créés, et les noyaux-fils, qui résultent de la désintégration du nouvel élément, se désintègrent si vite qu'ils doivent être détectés alors que la synthèse est encore en cours. Les méthodes de l'époque ne permettent pas la détection des éléments créés par cette technique, et plusieurs années s'écoulent sans qu'un nouvel élément ne soit identifié.

Au début des années 1980, une équipe de Darmstadt met au point une méthode sensible pour l'identification des produits de fusion. Grâce à elle, les physiciens allemands synthétisent et identifient les éléments 107, 108 et 109. C'est un exploit : l'accélérateur fonctionne pendant deux semaines d'affilée afin de créer un seul atome de l'élément 109. En ajustant l'intensité du faisceau d'ions et en augmentant la sensibilité des dispositifs de détection, la même équipe produit même l'élément 110 et 111, en 1994, et l'élément 112 en 1996. La période de l'élément 112 est de 240 microsecondes (la période, ou demi-vie, est le temps après lequel la moitié des noyaux d'un échantillon

