

AMÉLIORER LES PRÉVISIONS MÉTÉOROLOGIQUES

Des courants ascendants d'air chaud et humide participent à la formation d'une tornade qui concentre de forts tourbillons de vents.

Un radar à double polarisation peut repérer une tornade même invisible pour l'œil humain.

RADAR

Deux nouveaux types de radar devraient accroître le délai d'alerte. La technique de la double polarisation détecte les zones de fortes précipitations. Les radars tridimensionnels à balayage électronique exploreront plus vite et de façon plus approfondie le ciel, et détecteront les événements violents plus tôt.

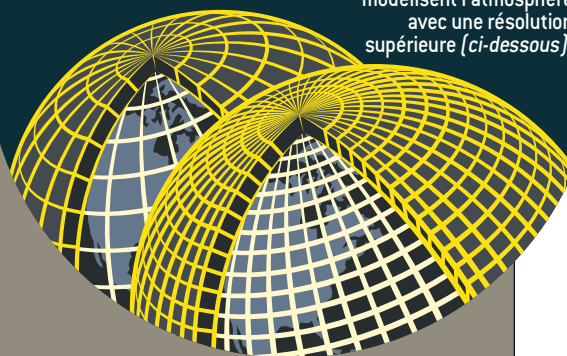
Exemple de données fournies par un radar à double polarisation

Zone de fortes précipitations

SUPERCALCULATEURS

Des ordinateurs plus puissants exploiteront les données des satellites et des radars sur des modèles plus performants. Les prévisionnistes pourront émettre des bulletins d'alerte avant le début des intempéries.

Les nouveaux ordinateurs modélisent l'atmosphère avec une résolution supérieure (ci-dessous).



Les satellites géostationnaires font aussi l'objet d'améliorations. Des instruments de pointe, qui fourniront des images de la Terre dans les gammes visible et infrarouge seront embarqués sur les satellites GOES-R qui doivent être lancés en 2015. Les météorologues auront un meilleur suivi de l'intensification rapide des orages grâce à des images prises toutes les 5 minutes, au lieu de 15 actuellement. Les satellites GOES-R seront aussi les premiers au monde à fournir des cartes des endroits où frappe la foudre sur le continent nord-américain. Le suivi des impacts de foudre aidera les prévisionnistes à détecter une augmentation du nombre des éclairs intranuageux et nuages-sol, augmentation liée à un orage qui gagne en intensité. Les travaux de recherche menés sur le sujet laissent penser que le nombre d'éclairs augmente dans les 20 minutes qui précèdent l'arrivée de la grêle, de vents violents ou même de tornades.

Chacun de ces nouveaux systèmes de radars et de satellites améliorerait de quelques minutes les délais d'alerte, et même de beaucoup plus si l'on incorporait les données obtenues par tous ces dispositifs dans des modèles numériques. Les alertes à la tornade, par exemple, pourraient être émises jusqu'à une heure à l'avance. C'est ce type de délai qui aurait fait toute la différence à Joplin.

Les modèles de prévision sont fondés sur un ensemble de lois physiques régissant les écoulements atmosphériques, les réactions chimiques, etc. Ils assimilent des milliards de données sur les conditions météorologiques, telles que la température, la pression, le vent, afin de prévoir la situation future. Les modèles reposent sur un découpage de l'atmosphère en une grille tridimensionnelle depuis la surface de la Terre jusqu'en haut de la stratosphère, à 50 kilomètres d'altitude. À chaque cellule, on associe les données mesurées par les différents moyens d'observation et qui correspondent à des moyennes sur tout le volume de la cellule. Des programmes contenant des millions de lignes de code sont nécessaires pour gérer les milliards de cellules de la grille et estimer l'évolution des conditions météorologiques.

Un modèle de prévision classique utilise des grilles dont chaque élément couvre des carrés de 10 à 50 kilomètres de côté au sol. Plus la grille est dense, plus la résolution du modèle est élevée, et plus la simulation numérique sera performante dans la détection de modifications atmosphériques à petite échelle, susceptibles d'engendrer des orages. Traiter davantage de données nécessite néanmoins des supercalculateurs plus rapides.

Modéliser l'atmosphère

La modélisation est l'étape indispensable avant l'interprétation des résultats. Bill Lapenta dirige ces travaux d'interprétation dont découlent des prévisions à différentes échéances et jusqu'à plus de 72 heures à l'avance. Les équipes de la NOAA comparent leurs résultats avec ceux des autres centres internationaux pour définir les prévisions qui seront présentées dans les bulletins météorologiques des différents médias.

Les supercalculateurs de la NOAA à Fairmont, en Virginie-Occidentale, peuvent effectuer 73 100 milliards d'opérations par seconde. Mais B. Lapenta pense que des vitesses plus grandes peuvent être atteintes, ce qui permettra aux modèles de prendre en compte des grilles plus serrées.

Des vents particulièrement dévastateurs

Il ne faut pas confondre tornades, tempêtes extratropicales et cyclones tropicaux (aussi nommés ouragans pour l'Amérique ou typhons pour l'Asie). Ces trois types de phénomènes peuvent être accompagnés de vents violents, mais les conditions de leur formation, la superficie touchée et la violence des éléments associés sont très différentes. Ainsi, les tempêtes et les cyclones tropicaux sont des phénomènes de grande échelle qui se déplacent sur des milliers de kilomètres et dont les effets dévastateurs touchent parfois plusieurs millions de kilomètres carrés : souvenons-nous par exemple de la tempête Xynthia qui, entre le 26 février et le 1^{er} mars 2010, a traversé l'Europe du Portugal à la Scandinavie, faisant 59 morts et près de deux milliards d'euros de dommages ; ou encore de Katrina, un ouragan qui, en août 2005, a traversé l'Amérique du Nord depuis la Floride jusqu'au Québec en laissant la Louisiane sous les eaux et en provoquant plus de 1 800 décès et des dommages estimés à plus de 60 milliards d'euros.

Au contraire, les tornades sont des phénomènes de petite dimension (rarement plus d'un kilomètre de diamètre horizontal) et de courte durée (quelques minutes à quelques dizaines de minutes), qui touchent des superficies de quelques kilomètres carrés. Mais ces systèmes peuvent atteindre une violence extrême avec des vitesses de vent, parfois supérieures à 400 ou 500 kilomètres par heure, qui peuvent raser les maisons même les plus solides et projeter à plus de 100 mètres des objets de la taille d'une automobile. Aux États-Unis, pays très touché par ce phénomène, on répertorie en moyenne chaque année entre 1 000 et 1 500 tornades dont une trentaine est meurtrière et fait plus d'une centaine de morts et d'énormes dégâts. En France, les tornades meurtrières sont peu fréquentes, environ une tous les cinq ans.

En raison de leur petite taille et de leur courte durée de vie, les tornades échappent souvent à la surveillance des radars et des satellites météorologiques, même les plus performants. Celles qui provoquent peu de dégâts passent inaperçues et ne

sont pas répertoriées. Il n'est pas non plus possible de prévoir leur lieu d'impact en extrapolant la trajectoire observée, comme on le fait par exemple pour les cyclones tropicaux, et l'échéance de prévision qui pourrait être ainsi obtenue (au plus quelques minutes) est trop courte pour alerter la population. Pour les mêmes raisons, les tornades ne peuvent être représentées de façon explicite dans les modèles actuels de prévision du temps dont la résolution horizontale (maille de grille ou pixel) est rarement inférieure à dix kilomètres. De ce fait, leur prévision fait appel à l'observation et à la prévision d'éléments précurseurs de plus grande dimension et d'indi-

cateurs de conditions favorables à leur développement (instabilité verticale de l'atmosphère, rotation du vent, etc.).

Dans ce domaine, Météo-France a un atout de taille avec le modèle *Arome*, un modèle de prévision numérique particulièrement fin (2,5 kilomètres de résolution horizontale) et précis qui a été spécialement conçu pour détecter les conditions d'instabilité favorables au développement des orages les plus violents, ceux qui produisent les crues rapides, les chutes de grêle, les foudroiements ou les tornades.

Jean-Pierre Chalon
Météo-France



Un cyclone tropical est un système qui s'enroule autour d'une zone calme, l'œil du cyclone.

© Shutterstock/Vladimir Gurfinkel

✓ SUR LE WEB

Service météorologique américain de la NOAA :
<http://weather.gov>

Centre de prévision des orages violents de la NOAA :
www.spc.noaa.gov

Carte de vigilance de Météo-France :
http://bit.ly/PLS417_vigilance

Par exemple, avec une résolution d'environ 1,6 kilomètre, les modèles simuleront les conditions régnant à petite échelle qui transforment subitement un orage ou un ouragan classiques en un phénomène monstrueux. B. Lapenta prévoit que des simulations numériques à haute résolution pourraient commencer à voir le jour à partir de 2020. Il estime que dans les dix prochaines années, le potentiel toujours croissant des nouveaux radars et des nouveaux satellites sera associé à une nouvelle génération de modèles de prévisions météorologiques d'une extrême précision, fonctionnant en temps réel sur des ordinateurs dont la vitesse dépasserait le milliard de milliards d'opérations par seconde. Cela nécessite de repenser la structure des systèmes de modélisation et du traitement informatique des données.

Si ces investissements considérables se révèlent payants, les prévisionnistes n'auront pas besoin d'attendre qu'une image radar détecte une tempête en train de se former pour déclencher

une alerte dans un délai de 14 à 18 minutes. À la place, ils seront en mesure de lancer un avertissement de tornade, de violent orage ou de crue subite en se fondant sur des prévisions élaborées par des modèles extrêmement précis et obtenues suffisamment à l'avance pour laisser aux habitants les 30 à 60 minutes qu'il leur faut pour se préparer.

Grâce à toutes ces améliorations, les météorologues seront en mesure de prévoir plus tôt et avec plus d'exactitude les aléas météorologiques qui sont susceptibles de paralyser une ville, comme une tempête de neige ou du verglas. Les prévisions pourront être établies cinq jours à l'avance pour des mauvaises conditions atmosphériques, et plus de sept jours avant un ouragan. La menace des crues de printemps dues à la fonte des neiges serait anticipée des semaines à l'avance. Cette perspective d'un pays qui aura assez de temps pour se préparer à résister à tous les scénarios est motivée par le désir d'éviter le fiasco constitué par les catastrophes de 2011. ■