



Joplin, Missouri, août 2009



Après le passage de la tornade en mai 2011

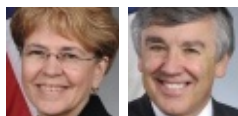
AP Photo/Image aérienne avec l'aimable autorisation de M.J. Harden, A Geovye Company

siques installés plus au Nord. Cette nouvelle génération de radars a conduit à une bonne anticipation des inondations et a probablement sauvé des vies parce que les populations avaient été prévenues – les régions du Nord, elles, ont déploré une trentaine de victimes.

Selon Pamela Heinselman, météorologue à la NOAA, un autre type de radar de pointe améliorerait notablement les prévisions météorologiques. Ce système s'inspire de celui utilisé par la marine américaine pour détecter et suivre les navires et les missiles ennemis. P. Heinselman est à la tête d'une équipe d'ingénieurs en électricité, de prévisionnistes et de chercheurs en sciences sociales qui travaillent à l'Observatoire national de météorologie radar à Norman, dans l'Oklahoma. Leurs travaux portent sur les radars tridimensionnels à balayage électronique. Expliquons de quoi il s'agit.

Les radars Doppler actuels ne sondent qu'une seule direction à la fois, qui correspond à une petite zone du ciel. L'antenne est montée sur un moteur qui la fait tourner de 360 degrés pour un angle d'inclinaison donné par rapport au sol. À chaque tour, elle change d'inclinaison pour sonder un autre secteur de l'atmosphère. Une fois accompli cet échantillonnage du bas vers le haut qui, en période d'orage proche, équivaut à 14 rotations (le sommet d'un système orageux est plus haut que celui d'un système pluvieux et nécessite donc plus de balayages pour atteindre des angles d'inclinaisons plus importants), le radar se repositionne au point de départ

LES AUTEURS



Jane LUBCHENCO dirige la NOAA, l'organisme américain chargé de l'étude des océans et de l'atmosphère.

Jack HAYES dirige le Service météorologique de la NOAA.

et recommence le processus. Balayer l'ensemble de l'atmosphère dans des conditions climatiques difficiles prend quatre à six minutes avec un radar Doppler.

En revanche, les radars tridimensionnels à balayage électronique émettent plusieurs faisceaux simultanément selon différents angles, ce qui évite de faire varier l'inclinaison des antennes et réduit la durée de balayage à moins d'une minute. Ce gain de temps permettra aux météorologues de détecter des évolutions rapides à l'intérieur de l'orage et, au bout du compte, de déceler plus vite les changements qui provoquent les tornades.

Des réseaux de satellites

De nombreux spécialistes estiment qu'avec les radars tridimensionnels à balayage électronique, le délai d'alerte dépassera 18 minutes, mais il reste encore beaucoup à faire en matière de recherche et développement. L'idéal serait d'équiper le système tridimensionnel à balayage électronique de quatre panneaux (un pour chacun des points cardinaux) qui émettraient et recevraient des ondes radio pour fournir une vue à 360 degrés de l'atmosphère. À Norman, les chercheurs n'ont pour l'instant réalisé que des systèmes à un panneau dédiés à la surveillance météorologique et il faudra au moins une dizaine d'années avant que les radars tridimensionnels à balayage électronique ne deviennent la norme aux États-Unis.

✓ BIBLIOGRAPHIE

C. B. Fields et al. (éds.), *Managing the risks of extreme events and disasters to advance climate change adaptation*, Rapport spécial IPCC, Cambridge University Press, à paraître.
<http://www.ipcc-wg2.gov/SREX/>

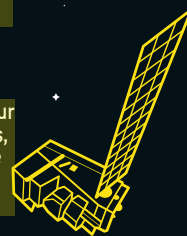
R. Davies-Jones, *La naissance des tornades*, *Dossier Pour la Science*, vol. 51, avril-juin 2006.

La prévision des tempêtes a beaucoup progressé. Les prévisionnistes, par exemple, peuvent désormais lancer une alerte environ 14 minutes avant qu'une tornade ne se produise. L'Organisme américain chargé de l'étude des océans et de l'atmosphère (NOAA) met au point de nouveaux systèmes de prévision. Le délai pourrait être sensiblement accru pour tous les types d'événements météorologiques extrêmes.



Les satellites géostationnaires sont positionnés à 36 000 kilomètres d'altitude et fournissent des images en permanence.

Les satellites polaires tournent autour de la Terre en passant par les pôles, ils observent l'ensemble du globe en 12 heures, à une altitude de 850 kilomètres.



Résolution géostationnaire actuelle



Résolution géostationnaire future



SATELLITES

La NOAA envisage de lancer de nouveaux satellites géostationnaires et à orbite polaire qui fourniront des images de résolution supérieure. Les météorologues pourront mieux prévoir la trajectoire d'une tempête naissante et évaluer son intensité. Avec ces données, il sera possible de déclencher l'alerte plusieurs jours à l'avance pour les ouragans et anticiper tout événement météorologique extrême.

Avec l'aimable autorisation du NOAA (cartes)

Les radars ont une portée limitée : leurs ondes ne peuvent pas atteindre les régions au large des côtes, où les ouragans se forment et elles sont bloquées par les montagnes. Les prévisionnistes se servent dans ce cas des relevés effectués par satellites, qui complètent par une information globale les données locales des radars. Les satellites météorologiques de la NOAA fournissent plus de 90 pour cent des informations utilisées pour les prévisions quotidiennes ou à plus long terme. Leur rôle est déterminant lorsqu'il s'agit de lancer des bulletins d'alerte plusieurs jours à l'avance. Afin d'améliorer la collecte de ces renseignements, la NOAA va déployer toute une gamme de nouveaux satellites dans les cinq ans à venir.

En l'absence d'observations spatiales plus détaillées, on ne peut espérer élargir l'éventail des prévisions météorologiques et augmenter leur degré de précision, surtout en ce qui concerne des événements aussi extrêmes que les ouragans. Pour étudier les conditions météorologiques, il faut deux types de satellites : en orbite géostationnaire et polaire. Les satellites en orbite géostationnaire, situés à la verticale d'un point de l'équateur, à une altitude de 36 000 kilomètres, transmettent quasiment en continu des vues de la surface de la Terre. En utilisant des images prises en boucle à 15 minutes d'intervalle,

les prévisionnistes peuvent surveiller la croissance rapide des orages ou les modifications qui surviennent dans les ouragans (mais pas dans les tornades, car elles sont trop petites, avec un diamètre de quelques mètres à quelques centaines de mètres et leur durée de vie de quelques minutes à quelques dizaines de minutes est trop courte).

Les satellites polaires sont en orbite autour de la Terre en passant au-dessus des pôles à une altitude d'environ 850 kilomètres. Ils observent de façon rapprochée et plus détaillée la température et l'humidité des différentes couches de l'atmosphère. Un réseau mondial de ces satellites en orbite terrestre basse couvre l'ensemble du globe en 12 heures.

La NOAA projette de lancer une nouvelle série de satellites en orbite terrestre basse dans les dix ans à venir, dans le cadre du Système de satellites météorologiques polaires commun entre l'Europe et les États-Unis. Ces nouveaux dispositifs, équipés d'instruments plus perfectionnés, remplaceront les satellites vieillissants. Leurs données seront intégrées dans des modèles informatiques pour améliorer les prévisions météorologiques, y compris en ce qui concerne la trajectoire et l'intensité des ouragans, les orages violents et les grandes inondations. L'ensemble des capteurs micro-

ondes et infrarouges transmettront des informations tridimensionnelles nettement plus précises sur la température, la pression et l'humidité de l'atmosphère. Il sera possible d'observer les signes avant-coureurs d'un orage violent : les variations brutales de la température et du taux d'humidité, accompagnées d'une chute de la pression atmosphérique. Les capteurs infrarouges fournissent ce type de mesures dans des zones dépourvues de nuages. Les capteurs micro-ondes, eux, peuvent « voir » à travers les nuages et prendre des mesures sur toute la surface de la Terre.

En avril 2011, cinq jours avant qu'un violent orage ne s'abatte sur six États du Sud des États-Unis, les données des satellites en orbite polaire et leur analyse par les modèles météorologiques conduisirent le Centre de prévisions nationales des orages de la NOAA à annoncer un risque de « déclenchement d'une tornade d'une puissance potentiellement historique ». Le Centre évalua que le danger était maximal à minuit juste avant l'orage. Ce niveau d'alerte est réservé aux cas les plus extrêmes, présentant un fort risque d'intempéries très violentes. Les nouveaux satellites en orbite terrestre basse devraient permettre de réaliser de telles prévisions cinq à sept jours à l'avance.

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.

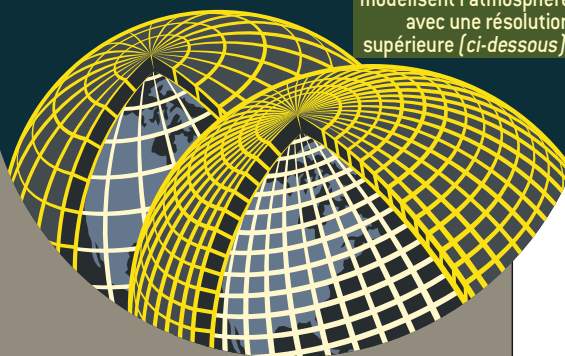
Exemple de données fournies par un radar à double polarisation

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).



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.

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.