L'évolution des systèmes de prévision numérique à Météo-France avec l'arrivée du nouveau calculateur NEC-SX

Au mois d'avril 2006, la section Sud-Ouest de notre Association avait invité ses membres à se retrouver sur le site de la Météopole à Toulouse pour écouter une conférence de Jean Pailleux, adjoint scientifique au directeur de la recherche à Météo-France, sur les outils de la prévision numérique et les perspectives offertes par la mise en place d'un nouveau calculateur – dont le choix devait être décidé à la fin du mois. La préférence de Météo-France est allée finalement au calculateur vectoriel NEC SX qui sera pleinement opérationnel au cours de cette année 2007 et va permettre de faire évoluer les systèmes de prévision. Ce sont donc les caractéristiques des systèmes destinés à être mis en place en utilisant les potentialités du nouveau calculateur que nous tentons de décrire ici.

Comme l'a rappelé Jean Pailleux, depuis qu'ils sont utilisés pour la prévision météorologique, les modèles numériques n'ont cessé d'évoluer, devenant toujours plus complexes et plus gourmands en puissance de calcul. Aux modèles quasi-géostrophiques, utilisés dès le début des années 1960 avec des mailles de l'ordre de 300 km, ont succédé, à partir du milieu des années 1970, les modèles à équations primitives dont la résolution spatiale n'a jamais cessé de s'accroître, grâce à l'augmentation de la puissance de calcul et aux progrès de l'algorithmique. A l'heure actuelle, à titre d'exemple, le modèle du Centre européen de prévision couvre la terre entière avec une résolution d'environ 25 km. Des modèles à équations primitives travaillant sur un domaine plus restreint permettent également d'atteindre une résolution de l'ordre 10 km. Pour atteindre des résolutions de l'ordre de quelques kilomètres, il faut alors abandonner l'hypothèse hydrostatique et utiliser directement les équations d'Euler, ce qui nécessite de disposer d'une puissance de calcul suffisante. Utilisés dans le cadre de la recherche dans le courant des années 1990, les modèles non hydrostatiques ont atteint maintenant une maturité leur permettant d'être utilisés dans les services de prévision.

La prévision à grande échelle doit être effectuée avec le modèle global Arpège qui a la particularité d'avoir une résolution variable dans un rapport de 1 à 6 environ. Il s'agit d'un modèle spectral dont la troncature nominale (nombre d'ondes prises en compte) va pouvoir atteindre T538. En clair cela signifie que la maille équivalente sera de l'ordre de 15 km sur la France et de 90 km aux antipodes. En ce qui concerne la résolution sur la verticale le nombre de niveaux devrait passer de 41 à 60. Ce modèle est initialisé à partir d'analyses obtenues grâce à un système d'assimilation de données quadridimensionnel. La méthode variationnelle qui est employée (dite en abrégé 4Dvar) utilise comme outil une version simplifiée du modèle : cette méthode consiste à déterminer les valeurs initiales qui permettent d'obtenir, sur un intervalle de temps du passé, une évolution des paramètres météorologiques ajustant au mieux l'ensemble des observations effectuées avec les divers systèmes de mesure (qu'il s'agisse des paramètres de base, comme la température et le vent, ou bien encore de paramètres dérivés comme les radiances mesurées par les satellites). La nouvelle puissance de calcul disponible devrait permettre de faire fonctionner le modèle Arpège utilisé pour l'assimilation de données avec une maille équivalente de l'ordre de 100 km.

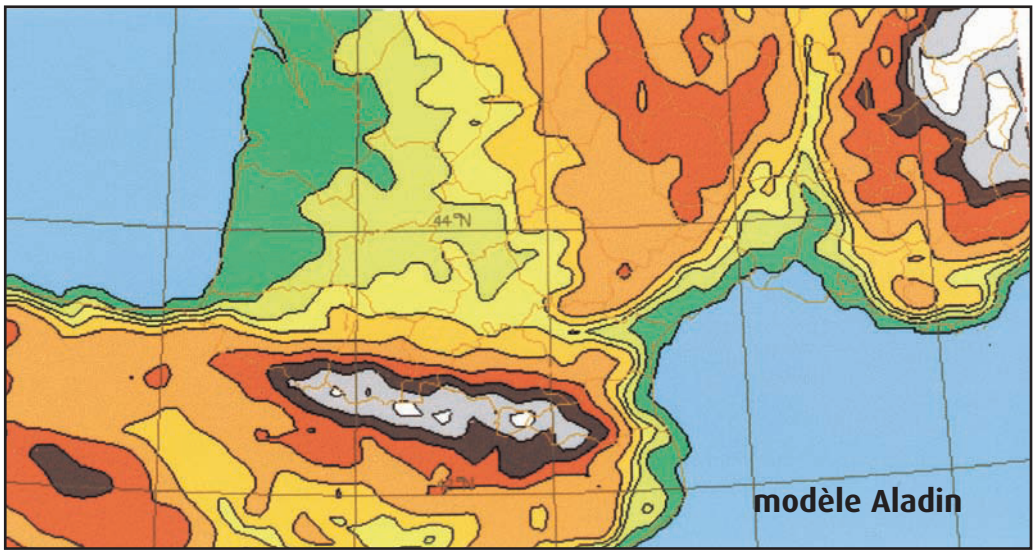
La prévision à courte échéance à l'échelle du territoire métropolitain est affinée en utilisant le modèle à échelle fine sur domaine limité Aladin. D'une conception assez semblable à celle du modèle Arpège, mais travaillant sur un domaine d'environ 3000 km x 3000 km avec une maille deux fois plus fine que celle du modèle Arpège au centre de la France, il permet de mieux prendre en compte les particularités géographiques locales et d'améliorer ainsi la prévision des éléments du temps sensible. Il doit cependant être couplé avec le modèle Arpège pour obtenir la valeur des champs météorologiques prévus sur la frontière du domaine de travail. Ce modèle sur domaine limité devrait passer à 60 niveaux comme Arpège, son domaine et sa résolution horizontale changeant très peu. Il convient de souligner que ce modèle dispose de sa propre assimilation de données à échelle fine, qui est une restriction à 3 dimensions (3 Dvar) de la méthode employée pour l'assimilation à l'échelle globale.

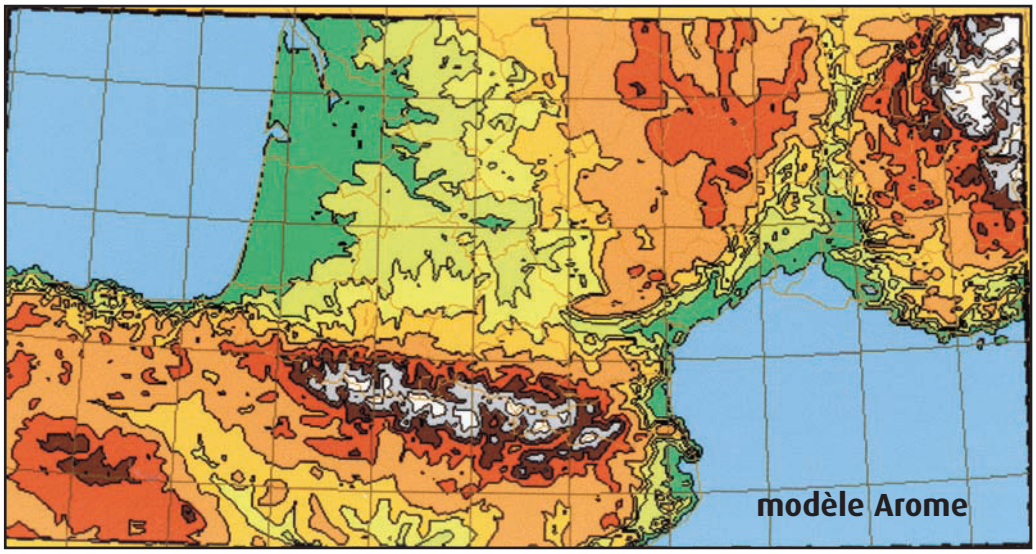
C'est sans doute dans le domaine de l'assimilation des données que des étapes marquantes ont été franchies, au cours des dernières années. Dans le cadre du système mondial d'observation, les mesures classiques in situ sont devenues minoritaires par rapport à l'avalanche de données télédétectées à bord des satellites et le temps de calcul utilisé pour l'assimilation de données est devenu beaucoup plus important que celui qui est consacré à la prévision proprement dite. Mais c'est grâce à la méthode variationnelle qu'il est possible de prendre correctement en compte les données transmises par les divers appareils de mesure embarqués à bord des satellites météorologiques. Cette technique permet d'obtenir désormais une qualité de prévision sur l'hémisphère Sud (bien pauvre en données d'observation traditionnelles) équivalente à celle obtenue sur l'hémisphère Nord. Il est maintenant possible d'utiliser pleinement les données envoyées toutes les 15 minutes par le sondeur Seviri embarqué à bord du satellite européen MSG en place au dessus du golfe de Guinée depuis le mois de décembre 2002. Dans le proche avenir, il va être pos-

sible d'utiliser les données transmises par les nouveaux appareils embarqués à bord du satellite à défilement européen Metop (mis en orbite en octobre 2006 après plusieurs reports de lancement). Il s'agit de l'interféromètre IASI, permettant d'analyser les profils verticaux avec une précision inégalée jusqu'ici, ou encore le récepteur de navigation Gras permettant de retrouver les paramètres météorologiques à partir de la détection de l'occultation des signaux radios émis par les satellites du système de positionnement GPS. Le nouveau calculateur va également permettre de mettre en service opérationnel la chaîne de prévision Arome. Il s'agit d'un modèle de mésoéchelle non hydrostatique dérivé du modèle Aladin en ce qui concerne la partie dynamique mais intégrant une description très détaillée des processus physiques, mise au point dans le cadre du modèle de recherche Méso-NH. Couvrant le territoire métropolitain avec une résolution horizontale correspondant à une dimension de maille de 2,5 km, ce modèle doit permettre une bien meilleure description des phénomènes de basses couches et de la microphysique des précipitations. Comme tous les modèles travaillant sur un domaine limité il lui est nécessaire de récupérer ses valeurs aux limites latérales de son domaine de travail à partir d'un autre modèle qui sera sans doute, dans un premier temps, le modèle Aladin. Bien entendu les performances d'un tel modèle dépendent également énormément de son initialisation ; c'est pourquoi un effort important à été entrepris afin de construire une véritable assimilation des données à mésoéchelle en utilisant la technique variationnelle pour intégrer non seulement les données télédétectées à partir des satellites météorologiques mais aussi les mesures de vent obtenues à partir des radars météorologiques fonctionnant en mode Doppler et les réflectivités radar.

Avec ce nouveau calculateur NEC-SX capable d'effectuer 6 000 milliards d'opérations par seconde, Météo-France s'est dotée d'un outil performant permettant de tirer le maximum de profit du système de prévision numérique Arpège-Aladin et d'exploiter de façon opérationnelle le nouveau système de prévision à mésoéchelle Arome. Mais les progrès ne vont pas s'arrêter là et l'appétit des modélisateurs est insatiable. C'est pourquoi Météo-France a, d'ores et déjà, planifié une nouvelle montée en puissance avec le calculateur NEC-SX puisque d'ici 3 ans une mise à niveau lui permettra de multiplier sa puissance de calcul par un facteur 4.

JEAN COIFFIER





cartes de relief du sud de la France