

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

Traducción de Lucía Contreras Caballero.

La previsión meteorológica o climática no es un asunto menor. Implica la modelización de numerosos fenómenos de naturaleza diferente y la intervención de varias ciencias, desde las matemáticas a la biología, pasando por la informática, la física y la química.

Detrás de la encantadora presentadora que todas las tardes nos describe, en la televisión, las previsiones meteorológicas para los días próximos, no hay ya rana y termómetro desde hace tiempo.

Hay ordenadores superpotentes en los que se introduce un gran número de medidas, obtenidas principalmente por satélites, muchas leyes de la mecánica y de la física y también muchas matemáticas, a veces muy recientes.

Para que los ordenadores hagan las previsiones, hace falta elaborar previamente lo que se llama un modelo numérico de previsión del tiempo. Esquemáticamente, tal modelo de previsión para el plazo de ocho a diez días representa el estado de la atmósfera con los valores meteorológicos (velocidad del viento, temperatura, humedad, presión, nubes, etc.) en los centros de cajas de bases cuadradas de sobre

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

cincuenta kilómetros de lado y de algunas decenas o algunas centenas de metros de altura. Este desglose imaginario de toda la atmósfera en cajas es inevitable, porque es imposible determinar los parámetros meteorológicos

en todos los puntos de la atmósfera (estos puntos son un número infinito!). En principio, cuanto más pequeñas son las cajas, -- y por tanto, más numerosas --, más precisa es la descripción del estado de la atmósfera y las previsiones también lo serán. Pero en la práctica, las cajas no cubren menos de cincuenta kilómetros.

De otra manera, no sería suficiente la potencia de los más grandes ordenadores: es preciso que el cálculo se acabe en tiempo finto, es decir, en netamente menos de 24 horas!

Partiendo del supuesto conocido estado de la atmósfera, conocido al principio del período a preveer, el modelo hace calcular por ordenador su evolución futura utilizando las leyes de la dinámica y de la física. La evolución en el tiempo se calcula paso a paso, por intervalos de quince minutos. Tal es el principio de la previsión numérica del tiempo, un principio conocido desde el principio del siglo XX pero que ha esperado a los años 40-50 y los primeros ordenadores antes de ser llevado a la práctica.

Las medidas meteorológicas no son directamente aprovechables.

Primer problema en el esquema ideal de previsión que acaba de ser descrito: saber construir el "estado inicial de la atmósfera" Las observaciones están lejos

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

de adaptarse bien a este ejercicio. Las estaciones meteorológicas a nivel terrestre están muy mal repartidas sobre el globo terráqueo y proveen muy pocas medidas de alturas. En cuanto a los satélites, están por la mayoría en desfile, es decir, barren continuamente la Tierra. Sus medidas no son, por tanto, obtenidas en el mismo instante en todos los puntos. Además, los satélites miden cantidades integradas en todo el espesor de la atmósfera (se trata en general de los flujos de energía recibidos en una cierta gama de longitud de onda) y no en los fenómenos meteorológicos (viento, temperatura, humedad, etc.) que entran en juego en las ecuaciones de los modelos.

Se dispone, pues, de una masa de datos disparados, mal distribuidos en la superficie del globo, distribuidos en 24 horas, con los que es preciso iniciar una previsión, es decir, construir un estado meteorológico inicial cuyo modelo simule la evolución. Ahora bien, gracias a los trabajos sobre optimización dinámica, en cuyo dominio han contribuido mucho el investigador ruso Lev Pointragin (1908-1988) y la escuela matemática francesa, se ha podido poner a punto, en los años 80, métodos llamados de asimilación variacional, que permiten reconstruir de manera óptima el estado inicial. La idea subyacente a estos métodos, operativos desde el año 2000 en Météo-France, es obligar, de alguna manera, a la trayectoria numérica a pasar cerca de los datos observados durante las 24 horas anteriores. La asimilación variacional no es, por otra parte, la única técnica matemática moderna que ha conmovido el tratamiento de las observaciones: la utilización de redes neuromiméticas o de ondas,

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

inventadas hace menos de veinte años, ha dado lugar a progresos espectaculares en eficacia, precisión y rapidez en el tratamiento de los datos reunidos por los satélites.

Se puede predecir el tiempo con mucha antelación? No, indica la teoría de los sistemas dinámicos.

Se ha mencionado hasta aquí la previsión del tiempo a corto plazo, de ocho a diez días. Pero por qué no se hacen previsiones a más largo plazo? El meteorólogo americano Edward N. Lorenz, en un célebre artículo de 1963, ha enseñado que probablemente no haya expectativas. La atmósfera es un sistema caótico, es decir, que todo error sobre el estado meteorológico inicial, por pequeño que sea, se amplifica rápidamente a lo largo del tiempo; tan rápidamente que una previsión en el plazo de diez días pierde toda su adecuación. Esto no quiere decir que no se pueda prever el clima –es decir, hacer una previsión de tipo estadístico más que determinista, interesarse por la media de las temperaturas o las precipitaciones de un período, más bien que por un tiempo preciso que haga en Bretaña tal día del mes de julio. El juego es de importancia: nuestro clima futuro está amenazado por las emanaciones de gas debidas a las actividades humanas y es preciso el efecto a largo plazo de estas perturbaciones. Es la teoría de los sistemas dinámicos, la que da instrumentos necesarios para justificar esta modelización del clima. Este dominio, del cual, el matemático Henri Poincaré, a principios del siglo XX, fué un gran precursor, ha conocido progresos muy importantes en los últimos veinte años. La teoría de los

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

sistemas dinámicos permite, por ejemplo, extraer lo que los matemáticos llaman atractores, o regímenes de tiempo para los meteorólogos. Permite también saber cuáles son los regímenes de tiempo mas previsibles y los que son más inestables. En situaciones de inestabilidad, una buena herramienta sería la modelización probabilista del clima, es decir, la generación de modelos que tomen explícitamente en cuenta el carácter aleatorio de la previsión. Poco desarrolladas todavía, las modelizaciones de este tipo deben apoyarse en herramientas muy recientes de la teoría de las ecuaciones en derivadas parciales estocásticas y de las estadísticas.

Cuando el análisis numérico entra en acción.

Una vez conocido el estado atmosférico inicial del que tiene necesidad el modelo numérico de previsión, queda escribir el programa informático capaz de calcular el tiempo futuro a partir de este estado inicial y de las leyes de la física. Estas descansan en una descripción continua del espacio y del tiempo; pero nuestro modelo numérico no conoce más que un número, ciertamente grande, pero finito, de cajas; igualmente, los intervalos de tiempo entre dos estados calculados son de varios minutos—se dice que el problema ha sido discretizado, guardando la mejor precisión posible, tal es el dominio del análisis numérico, una rama de las matemáticas que ha explotado desde la llegada de los ordenadores. El análisis numérico tiene como fin, saber resolver ecuaciones y llevar los cálculos hasta el fin, es decir,

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

hasta la obtención de valores numéricos precisos, invirtiendo el mínimo de tiempo y esfuerzo posibles. Es indispensable para que la simulación no sea simulacro y para evaluar la incertidumbre de las previsiones. Por ejemplo, progresos muy importantes han sido obtenidos recientemente respecto a los métodos que permiten simular desplazamientos de las especies químicas o de las partículas en la turbulencia atmosférica. Estos progresos han mejorado significativamente el estudio y la previsión de la contaminación del aire.

Desde las previsiones meteorológicas a las previsiones climáticas.

Los modelos numéricos de la previsión del clima se parecen como hermanos a los modelos de la previsión del tiempo, salvo en dos diferencias esenciales. Por razones del ratio de cálculo, sus cajas son más grandes (200 a 300 kms de lado); Y yendo los tiempos simulados de algunos meses a centenas o millares de años, es imposible ser más preciso. Pero la diferencia importante está en el hecho de que las variaciones climáticas tienen lugar en largos plazos de tiempo y no es entonces posible despreocuparse ya las interacciones entre la atmósfera, el océano, un modelo de hielos en el mar, un modelo de biosfera. Más allá de la complejidad informática de tal construcción, se plantean problemas matemáticos delicados sobre la mejor forma de cortar estos dominios (las cajas) y sobre la especificación de las condiciones en las interacciones atmósfera-océano, océano-hielo, etc. Y

EL TIEMPO QUE VA A HACER.

Autora: Claude Basdebant.

para que el cálculo en las grandes cajas sea significativo, es preciso evaluar el efecto estadístico, a escala de la caja, de los procesos que se producen a escalas más pequeñas (por ejemplo, cuál es el efecto estadístico, a efecto de esta caja, de procesos que se producen a escalas mucho más pequeñas (por ejemplo, cuál es el efecto estadístico, a escala de esta caja de procesos que se producen a escalas mucho más pequeñas, por ejemplo: cuál es el efecto estadístico, sobre el resultado de una caja de 300km de lado, de pequeños cúmulos de algunos kilómetros de diámetro que se desarrollan? Queda, en todas estas cuestiones, aún más materia para desarrollos matemáticos.

CLAUDE BASDEVANT.

Laboratorio de meteorología dinámica.
Escuela normal superior, Paris y
Laboratorio de Análisis, geometría y aplicaciones.

Universidad Paris-Nord.

Algunas referencias:

La Meteorología, nº 30, número especial sobre la previsión meteorológica numérica (2000).

M. Rochas, y J-P. Javelle, La Meteorología- La previsión numérica del tiempo y del clima. (Collection "Comprendre", Syros,1993).

R. Teman y S. Wang. "Mathematical Problems in Meteorology and Oceanography", Bull. Amer. Meteor. Soc. 81, pp. 329-321 (2000).