

VRAI OU FAUX

La météo se trompe-t-elle souvent ?

Pour le lendemain, non. Des évaluations a posteriori montrent que les prévisions sont exactes dans 90 pour cent des cas.

Joël Stein

Qui n'a jamais critiqué la météo, régulièrement accusée de se tromper ? Pourtant, les multiples évaluations réalisées indiquent que les prévisions sont plutôt fiables, au moins pour les échéances courtes.

Les prévisions météorologiques vont de quelques heures (par exemple pour anticiper les épisodes de pluie lors du tournoi de Roland Garros) à plusieurs années (pour l'étude du changement climatique). Elles se fondent sur des modèles numériques, où les équations de la mécanique des fluides décrivent l'évolution de l'atmosphère. On détermine d'abord son état initial, à partir des mesures réalisées par un réseau de capteurs et par des satellites. De multiples paramètres sont utilisés : température, pression, force et direction du vent, taux d'humidité, concentrations de certains éléments (l'ozone ou divers polluants par exemple). Les capteurs sont soit embarqués à bord de ballons ou d'avions de ligne, soit installés au sol (plus d'un millier de sites en France) ; des radars permettent aussi de détecter et de suivre les précipitations. Des supercalculateurs, parmi les plus puissants de la planète, résolvent ensuite les équations et calculent l'évolution des différents paramètres.

Pour quantifier la fiabilité des modèles, on évalue les différences entre l'état atmosphérique prévu et l'état observé. La méthode d'évaluation est définie par l'Organisation mondiale de la météorologie. Ainsi, l'une des analyses porte sur la prévision à 48 heures de l'altitude à laquelle la pression atmosphérique vaut 500 hectopascals, soit environ

la moitié de sa valeur au sol (cette altitude est d'environ 5 000 mètres et fluctue de quelques centaines de mètres). La performance est quantifiée en prenant en compte les relevés sur les 12 derniers mois et sur les 70 sites européens de mesures par ballon. Ces scores standardisés montrent que l'on gagne environ un jour tous les dix ans : les prévisions à quatre jours de 2014 sont de qualité équivalente aux prévisions à trois jours que l'on réalisait en 2004.

Quantifier le temps ressenti

La fiabilité est meilleure à plus d'un kilomètre au-dessus de la surface qu'au sol, car l'atmosphère y est régie par des mouvements de grande échelle, relativement faciles à analyser. Toutefois, ce qui compte pour les habitants, c'est la bande d'atmosphère au contact du sol. Et là, le temps est bien plus difficile à prévoir : il est influencé par nombre de phénomènes locaux, dus par exemple à des reliefs ou aux différences de rugosité entre la surface d'une forêt et celle d'une ville.

Outre les évaluations des erreurs moyennes, on cherche à répondre à la question : « La météo s'est-elle trompée ? ». Pour chaque paramètre du temps ressenti, on détermine si l'erreur est supérieure à un seuil qu'on estime pertinent : il est ainsi de 1 °C pour la température. On élabore ensuite un score de performance global, où chaque erreur sur un paramètre entraîne un malus retranché à une note de 10. On considère que la météo ne s'est pas trompée quand



le score est supérieur à 7. On montre ainsi que sur une année, en France, les prévisions pour le lendemain sont exactes dans près de 90 pour cent des cas. Sur une période plus courte ou une zone plus restreinte, le résultat varie notablement selon le type de situations rencontrées (une période orageuse ou une zone montagneuse donneront ainsi lieu à plus d'erreurs).

La fiabilité des prévisions se dégrade avec l'échéance : à trois jours, elle est d'environ 70 pour cent, et elle tombe à 50 pour cent à sept jours. En effet, le caractère turbulent des écoulements atmosphériques près du sol complique les calculs à longue échéance. (Cela ne s'applique pas aux prévisions climatiques, de très longue échéance, où les calculs portent sur des moyennes et obéissent par conséquent à des règles différentes.)

Dans le cadre des procédures de vigilance météorologique, les prévisions permettent aux pouvoirs publics de déclencher des alertes, notamment en cas de tempêtes, d'orages violents ou d'importantes chutes de neige. Les procédures sont lancées quand les paramètres concernés (température, vent, etc.) dépassent certains seuils. Comme on doit manquer le moins possible d'événements extrêmes, on tolère une part de fausses alertes, de l'ordre de 10 pour cent : les évaluations montrent que 97 pour cent des événements extrêmes sont alors anticipés.

Joël STEIN dirige la division COMPAS (Contrôle, monitoring, prévisibilité et adaptations statistiques) de la Direction de la prévision à Météo France.

L'impression

3d

Mathilde Berchon

Fabriquer un objet par ajout progressif de matière : tel est le principe général de l'impression 3D.

Ces techniques, qui se développent rapidement et gagnent la sphère des particuliers, bouleversent déjà certains secteurs d'activité.

Ce soir, vous avez pour la première fois 15 convives à table, alors que votre vaisselle n'est prévue que pour 12 personnes. Qu'à cela ne tienne. Vous vous asseyez devant votre ordinateur, retrouvez les logiciels-patrons correspondant à vos modèles de couverts, d'assiettes et de verres. Vous allumez votre imprimante 3D, puis vous vérifiez qu'elle est connectée à votre ordinateur et que ses réservoirs de matières premières sont suffisamment remplis. Enfin, vous cliquez pour lancer l'impression. Quelques minutes plus tard, la vaisselle manquante apparaît, flambant neuve, sur le plateau de l'imprimante.

Scénario de science-fiction ? Pas tant que cela. Depuis quelques années, la fabrication d'objets par des techniques d'impression tridimensionnelle (3D) est un domaine en plein essor, au point que nombre de commentateurs parlent d'une nouvelle révolution industrielle. Née dans les années 1980 et

initialement cantonnée à certaines niches industrielles – en particulier la réalisation de pièces prototypes –, l'impression 3D intéresse des acteurs de plus en plus nombreux et commence à toucher le monde des particuliers. Ses applications se multiplient : au-delà de l'industrie, l'impression 3D a atteint l'architecture, la bijouterie, l'art et le design, la médecine, l'enseignement, etc. La recherche scientifique aussi fait partie des domaines qui commencent à en bénéficier (voir l'encadré page 27).

Le cabinet américain de conseil *Wohlers Associates* évalue le marché mondial de l'impression 3D à quelque deux milliards d'euros. Notamment, le nombre d'imprimantes 3D personnelles vendues a plus que triplé entre 2008 et 2011. Plus de 55 000 modèles ont été acquis par des particuliers en 2013, soit 49 pour cent de plus par rapport à 2012. De grandes entreprises prennent position dans ce secteur.

Ainsi, *Microsoft* a annoncé en août 2013 l'intégration du traitement automatisé des fichiers pour l'impression 3D dans son système d'exploitation *Windows 8* ; le transporteur *UPS* propose aux États-Unis un service d'impression 3D dans certains centres de distribution, ce que font en France les magasins *Top Office* ; le vendeur en ligne *Amazon* a ajouté imprimantes 3D et matériaux à son catalogue...

Fabrication par ajout de matière

En quoi consistent les techniques d'impression 3D ? Quelles sont leurs capacités et leurs limites actuelles ? À quels usages sont-elles dévolues ? Que vont-elles changer ?

L'impression 3D désigne un ensemble de techniques, dites de fabrication additive, développées depuis le milieu des années 1980. « Fabrication additive » signifie



L'ESSENTIEL

■ L'impression 3D désigne des techniques de fabrication procédant par ajout de matière, couche par couche.

■ Née il y a une trentaine d'années, l'impression 3D concerne aujourd'hui de nombreux secteurs d'activité et atteint les particuliers.

■ Outre les performances qui restent à améliorer, se posent des questions juridiques sur le droit d'auteur lié aux objets.

■ L'impression 3D pourrait entraîner une profonde mutation, où la production de masse laisserait place à la personnalisation de masse.

Francesco De Comiti, Université Lille 1

1. DES MODÈLES DE SURFACES DÉFINIES MATHÉMATIQUEMENT, tel le modèle ci-dessus, peuvent être réalisés avec une relative facilité grâce à l'impression 3D.

que l'objet est créé par ajout de matière, couche par couche. Cette démarche s'oppose aux méthodes classiques de fabrication qui procèdent par retrait progressif ou déformation de matière (fraisage, découpe, pliage). Le matériau de base, qui peut être du plastique, du métal, du sable, etc., est déposé (ou non) par une tête d'impression sur un plateau horizontal. À chaque balayage horizontal de la tête d'impression, une couche, ou « tranche », est ainsi formée. Un déplacement vertical de la tête ou du plateau permet alors de passer à la couche suivante. L'objet est ainsi fabriqué couche par couche, avec deux avantages évidents : des pertes de matière minimales et la possibilité de réaliser des formes inaccessibles aux procédés habituels de fabrication en masse.

Trois principales familles de techniques d'impression 3D, et bien des variantes, coexistent (voir l'encadré pages 24 et 25). Chacune présente des avantages et des inconvénients en fonction des projets ; les choix de matériaux, la qualité d'impression et sa rapidité varient d'une technique à l'autre.

La méthode la plus simple, utilisée par la plupart des imprimantes 3D personnelles (souvent proposées en kit à monter soi-même), est celle du dépôt de filament fondu. Elle consiste à faire passer un filament de plastique – de l'ABS (acrylonitrile butadiène styrène) ou du PLA (acide polylactique) – dans une tête d'extrusion chauffante. La tête se déplace ensuite horizontalement et dessine l'objet désiré sur le lit d'impression. Un déplacement vertical permet de passer à la seconde couche de

l'objet, et ainsi de suite jusqu'à sa fabrication complète.

Le dépôt de filament fondu est l'une des techniques d'impression 3D les moins précises, mais elle a de nombreux avantages : faible coût, simplicité d'utilisation, machines compactes et faciles à réparer.

Cette technique, dont le brevet a été initialement déposé par l'entreprise américaine *Stratasys*, est devenue très populaire en grande partie grâce au mouvement du « matériel libre » (*open source hardware*). En 2005, l'ingénieur et mathématicien Adrian Bowyer, de l'Université de Bath au Royaume-Uni, a imaginé une imprimante à dépôt de filament fondu capable de se répliquer grâce à une structure elle-même partiellement imprimée en 3D. Il développa ainsi *RepRap Darwin*, la première imprimante 3D à source libre : toute la documentation technique correspondante est en accès libre sur Internet, et la machine est placée sous