

Prévisions météorologiques par extrapolation et par réseaux de neurones

Appréhender l'environnement est la clé de nombreux enjeux de nos sociétés.

J'ai voulu tester des modèles numériques simples pour modéliser l'évolution de paramètres météorologiques. L'extrapolation des paramètres ainsi que les réseaux de neurones m'ont semblé être des solutions intéressantes et réalisables.

Les prévisions météorologiques ont beaucoup d'enjeux sociétaux :

1. Gérer des risques liés au climat
2. Indiquer aux agriculteurs quand et combien arroser, quand labourer, planter ou récolter
3. Permettre aux pilotes d'avion et aux marins de connaître la faisabilité du trajet, la quantité de carburant nécessaire et l'itinéraire le plus adapté

Positionnement thématique (ETAPE 1)

INFORMATIQUE (Informatique pratique), MATHÉMATIQUES (Mathématiques Appliquées), PHYSIQUE (Physique Interdisciplinaire).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>Prévisions météorologiques</i>	<i>Weather forecast</i>
<i>Extrapolations</i>	<i>Extrapolations</i>
<i>Réseaux de neurones</i>	<i>Neural networks</i>
<i>Optimisation statistique</i>	<i>Statistical optimisation</i>
<i>Appréhender l'environnement</i>	<i>Understanding the environment</i>

Bibliographie commentée

Les prévisions météorologiques s'appuient sur des connaissances scientifiques.

Si les processus météorologiques sont chaotiques à moyen terme [10], ils sont au contraire extrêmement stables dès lors que on les analyse en moyenne.

Il existe plusieurs sortes de prévisions météorologiques : la prévision du temps sur des périodes de quelques jours, la prévision saisonnière qui fait des prédictions sur l'échelle d'un mois ou de quelques mois et la prévision climatique qui prédit l'évolution du climat sur plusieurs années (voir [1]).

Selon [1], les principales méthodes de prévision météorologique sont :

1. La méthode de la persistance, qui prédit que demain il fera le même temps qu'aujourd'hui.
2. La méthode de la tendance, qui étudie les déplacements de systèmes météorologiques et conjecture leurs emplacements futurs.
3. La méthode de l'analogie, qui consiste à chercher des cas dans le passé qui ressemblent aux conditions météorologiques actuelles et à supposer que ces conditions évolueront de la même manière.

4. La prévision numérique du temps (PNT) est la méthode plus utilisée actuellement. On mesure les différentes paramètres ce qui nous donne l'état initial. Les lois physiques prédisent ensuite l'évolution du système. Il s'agit d'une simulation physique de l'atmosphère.

[3] propose notamment une simulation basée sur les équations hydrodynamiques. Cette méthode requiert une puissance numérique très élevée.

Il existe d'autres types d'outils de prévision, tels que des réseaux de neurones, des algorithmes génétiques, de la logique floue et des réseaux bayésiens (voir [4]).

Toutes ses méthodes peuvent être exploitées différemment : pour faire des prévisions déterministes ou probabilistes. Faire des prévisions probabilistes, aussi appelées prévisions d'ensemble, consiste à donner plusieurs prévisions à partir d'états initiaux proches. Ces états initiaux sont choisis de sorte à refléter l'incertitude des prévisions. Il faut ensuite comparer les différentes prévisions pour déterminer quels sont les scénarios les plus probables et, en cas de risques liés au climat, quels sont les pires scénarios (voir [2]).

L'extrapolation est le calcul d'une prédiction d'un point d'une courbe dont on ne connaît pas la valeur à partir d'autres points de cette courbe [9]. La descente de gradient est une méthode d'extrapolation [6] : on choisit la forme de la courbe extrapolatrice, qui dépend de différents paramètres. Il faut ensuite optimiser cette courbe : on établit une fonction qui mesure l'écart entre la courbe extrapolatrice et la courbe à extrapoler (on étudie l'écart sur différents points). On dérive numériquement cette fonction écart par rapport aux paramètres de la fonction extrapolatrice. On modifie les paramètres par pas successifs pour minimiser la fonction écart. On a alors une courbe extrapolatrice qui est une approximation de la vraie courbe et qui permet de faire des prévisions de valeurs de points de la courbe.

Les réseaux de neurones sont un prolongement de l'extrapolation [6]. En effet un réseau de neurones peut être considéré comme une fonction complexes dépendant de beaucoup de paramètres et capable d'approcher une grande variété de courbes. Il existe de nombreuses méthodes d'optimisation des réseaux de neurones. La méthode Adam [8] est une méthode efficace et donnant de bons résultats. C'est une méthode stochastique : Au lieu de calculer la fonction d'écart sur l'ensemble des données à chaque itération, on la calcule sur un petit paquet de données choisi au hasard qui change d'une itération sur l'autre. Cette technique permet de diminuer drastiquement le temps de calcul lorsqu'on travaille sur une base de données très étendues. Pour ce TIPE nous réaliserons des réseaux de neurones avec Pytorch [7].

Problématique retenue

L'objet de ce TIPE est de faire des prévisions météorologiques. Reproduire les méthodes actuellement utilisées serait trop complexe. Ce TIPE propose plutôt d'explorer des approches originales ne se basant pas sur des simulations physiques et d'évaluer leurs performances.

Objectifs du TIPE

La météorologie est un sujet vaste, aussi nous nous restreindrons à l'étude de la température et de l'humidité de la ville de Clermont-Ferrand, pour des échéances allant des quelques heures à une semaine. On utilisera pour cela la base de données [5]. Le but étant de créer une fonction qui, à partir des données d'une certaine période, pourra prédire la température et l'humidité de cette ville pendant la période suivante. Nous essaierons plusieurs fonctions et les comparerons. Nous emploierons des extrapolations des paramètres par des courbes, et des réseaux de neurones.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] MÉTÉO CENTRE : Les méthodes de prévision :
http://meteocentre.com/intermet/prevision/prevision_emp.htm
- [2] MÉTÉO_FRANCE : Les techniques de prévision :
http://meteocentre.com/intermet/prevision/prevision_emp.htm
- [3] JEAN PAILLEUX : Les mathématiques appliquées à la prévision du temps : *Journée « Mathématiques et environnement », Institut Henri-Poincaré Paris, 29 mars 2007*
- [4] MONIDIPA DAS, SOUMYA K. GHOSH : A semantic Bayesian network for multivariate prediction of meteorological time series data : *Pattern Recognition Letters*
- [5] MÉTÉO-FRANCE : Données publiques : https://donneespubliques.meteofrance.fr/?fond=produit&id_produit=90&id_rubrique=32.
- [6] RICCO RAKOTOMALALA UNIVERSITÉ LUMIÈRE LYON 2 : Descente de gradient : https://eric.univ-lyon2.fr/~ricco/cours/slides/gradient_descent.pdf
- [7] PYTORCH : Tutorials Neural Networks :
https://pytorch.org/tutorials/beginner/blitz/neural_networks_tutorial.html#sphx-glr-beginner-blitz-neural-networks-tutorial-py
- [8] DIEDERIK P. KINGMA JIMMY LEI BA : Adam: a method for stochastic optimization : *ICLR 2015*
- [9] WIKIPEDIA : Extrapolation (mathématiques) :
[https://fr.wikipedia.org/wiki/Extrapolation_\(math%C3%A9matiques\)#:~:text=En%20math%C3%A9matiques%2C%20l'extrapolation%20est,du%20minimum%20des%20points%20connus](https://fr.wikipedia.org/wiki/Extrapolation_(math%C3%A9matiques)#:~:text=En%20math%C3%A9matiques%2C%20l'extrapolation%20est,du%20minimum%20des%20points%20connus)
- [10] WIKIPEDIA : Prévision météorologique :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Pr%C3%A9vision_m%C3%A9t%C3%A9orologique#Analyse_du_pr%C3%A9visionniste_et_pronostic

DOT

- [1] *Début août : Choix des méthodes d'extrapolation et de réseau de neurones pour effectuer les prévisions et recherches documentaires sur ses méthodes.*
- [2] *Fin août : Recherche d'une base de données et choix de celle de Météo-France. Mise en forme des données. Choix de restreindre l'étude à la température et l'humidité de la ville de Clermont-Ferrand.*
- [3] *Fin octobre : Mise en oeuvre des différentes extrapolations, optimisation de celles-ci et mesure de leurs performances. Les résultats sont satisfaisants.*
- [4] *Fin décembre : Réalisation d'un réseau de neurones. Les prévisions effectuées sont peu satisfaisantes.*

[5] *Mi mai : Amélioration du réseau de neurones qui donne alors de meilleurs résultats. Réalisation du deuxième réseau de neurones. Comparaison des résultats entre les modèles.*