

La modélisation des cyclones dans l'Atlantique Nord

Les cyclones sont des phénomènes naturels qui sont à l'origine d'importants dégâts matériels et humains et qui vont, dans les années à venir, être de plus en plus violents. C'est pourquoi j'ai voulu étudier leur comportement ainsi que les modèles permettant de prévoir leur trajectoire.

La prévision de la trajectoire d'un cyclone à l'aide d'un modèle probabiliste simple basé sur les trajectoires des cyclones ayant eu lieu antérieurement, ainsi que par des simulations informatiques, permet de mettre en sécurité les populations se situant sur la trajectoire de ce phénomène environnemental.

Ce TIPE fait l'objet d'un travail de groupe.

Liste des membres du groupe :

- HOYAUX Pierre
- LE BIHAN Yassin

Positionnement thématique (ETAPE 1)

MATHEMATIQUES (Mathématiques Appliquées), INFORMATIQUE (Informatique pratique).

Mots-clés (ETAPE 1)

Mots-Clés (en français)	Mots-Clés (en anglais)
<i>cyclone</i>	<i>cyclone</i>
<i>trajectoire</i>	<i>track</i>
<i>probabilité</i>	<i>probability</i>
<i>localisation</i>	<i>location</i>
<i>bassin Atlantique Nord</i>	<i>North Atlantic basin</i>

Bibliographie commentée

La multiplication des ouragans majeurs, c'est-à-dire de cyclones de catégorie 3 ou plus dans l'échelle de Saffir-Simpson, est une des conséquences du réchauffement des océans lié au réchauffement climatique. Ces ouragans majeurs sont la cause d'importants dégâts matériels très coûteux, mais ils sont aussi meurtriers, c'est pourquoi il convient de prévoir leur trajectoire afin de mettre en sécurité les populations menacées.

Il existe deux grands types de modèles prévisionnels, les modèles dynamiques et les modèles statistiques [1]. Les modèles dynamiques, tels que le National Hurricane Center (NHC) Official, prédisent la trajectoire d'une tempête en fonction de variables météorologiques régies par des équations aux dérivées partielles de mécanique des fluides [1]. Dans notre étude, nous nous intéressons aux modèles statistiques CLIPER (Climatologie et Persistance) qui sont basés sur une série d'équations de régression utilisant des prédicteurs liés à la climatologie (position actuelle,

intensité et période de l'année) et à la persistance (mouvement présent et passé). Ils reposent sur la répétitivité dans l'espace et le temps des trajectoires des cyclones, ainsi les données d'un bassin océanique entier [2] sont utilisées pour identifier un comportement de tempête «typique» [1][3].

La mise en place d'un modèle statistique peut se faire à l'aide d'un modèle markovien à temps discret, l'information utile pour la prédiction des futures positions du cyclone est entièrement contenue dans l'état présent du cyclone et n'est pas dépendante des états antérieurs. Ensuite, la mise en place d'un quadrillage du bassin Atlantique Nord selon une grille de résolution d'un degré de longitude sur un degré de latitude dans laquelle on numérote chaque «petit carré», permet d'associer une probabilité de transition d'une position à une autre pour le cyclone, une position étant représentée par un «petit carré» [4]. Les probabilités de transitions sont quant à elles calculées à partir de la base de données du NHC [2]. Un tel modèle permet donc à partir d'une position initiale de simuler la future trajectoire du cyclone [4].

La mise en œuvre du modèle de prévision précédemment introduit en un programme informatique peut se faire à l'aide de cartopy. Cartopy est un package Python conçu pour le traitement de données géospatiales afin de produire des cartes et d'autres analyses de données géospatiales [5]. L'utilisation de ce package permet donc de visualiser clairement les zones géographiques touchées par le cyclone.

Les modèles de prévision de trajectoire ne sont précis que pour une projection dans le temps très courte de l'ordre de 5 jours. De plus, les modèles statistiques, que nous considérons pour notre étude, sont deux à trois fois moins précis que les modèles dynamiques [6]. Il convient donc d'évaluer l'erreur en distance entre une trajectoire modélisée et la trajectoire réelle du cyclone [6], afin de connaître la précision du modèle et ainsi pouvoir définir une zone risquant d'être impactée par le cyclone, afin de protéger au mieux la population.

Problématique retenue

Dans quelle mesure peut-on prévoir la trajectoire d'un cyclone à l'aide d'un modèle probabiliste simple ?

Objectifs du TIPE

1 – Elaborer un modèle probabiliste simple permettant de déterminer les différentes positions successives d'un cyclone.

2 - Mettre en œuvre le modèle probabiliste à l'aide d'un programme Python et de la base de données du NHC qui recense les caractéristiques de tous les cyclones ayant eu lieu depuis 1851.

3 – Vérifier la validité du modèle par détermination de l'erreur moyenne en distance entre la trajectoire réelle du cyclone et la trajectoire simulée.

Références bibliographiques (ETAPE 1)

- [1] T. B. KIMBERLAIN ET M. J. BREMAN : WMO-No. 1194 Global Guide to Tropical Cyclone Forecasting, Tropical Cyclone Motion : 2017, *Chapitre 3*
- [2] NATIONAL HURRICANE CENTER (NHC) : Base de données recensant les cyclones dans l'Atlantique Nord : <https://www.nhc.noaa.gov/data/hurdat/hurdat2-1851-2019-052520.txt>
- [3] M. BESSAFI, A. LASSERRE-BIGORRY, C. J. NEUMANN, F. PIGNOLET-TARDAN, D. PAYET, ET M. LEE-CHING-KEN : Weather and Forecasting Volume 17 Issue 4, Statistical Prediction of Tropical Cyclone Motion: An Analog-CLIPER Approach : *Août 2002, pages 821-831*
- [4] C. DENISE-BAILLON : Thèse : Modélisation statistique du risque de tempêtes tropicales dans le bassin Atlantique Nord : *Septembre 2013*
- [5] SCITOOLS : Guide d'utilisation de cartopy : <https://scitools.org.uk/cartopy/docs/latest/>
- [6] NATIONAL HURRICANE CENTER (NHC) : Vérification des prévisions : <https://www.nhc.noaa.gov/verification/verify3.shtml>

DOT

- [1] *Septembre 2020 : Recherche d'un sujet qui aboutit au choix de la modélisation des cyclones dans l'Atlantique Nord.*
- [2] *Octobre 2020 : Etude des différents modèles de prévision de la trajectoire des cyclones existants. Recherche bibliographique pour définir un modèle probabiliste simple et cohérent.*
- [3] *Novembre/Décembre 2020 : Mise en place du modèle probabiliste et choix d'exploiter la base de données du National Hurricane Center (NHC) sur la plage 2010-2019.*
- [4] *Janvier 2021 : Codage de la première version du programme Python permettant de tracer plusieurs trajectoires possibles pour un cyclone à partir de sa position présente.*
- [5] *Février/Mars 2021 : Amélioration progressive du programme Python après avoir remarqué des erreurs et rencontré des problèmes de complexité.*
- [6] *Avril/Mai 2021 : Vérification de la validité du modèle. Recherche des données d'erreur moyenne en distance entre la trajectoire réelle du cyclone et la trajectoire simulée pour les modèles officiels et comparaison avec notre modèle.*