



université PARIS-SACLAY

DE L'APPLICATION DE LA THÉORIE ANALYTIQUE DES PROBABILITÉS POUR L'ÉTUDE DE L'ATMOSPHÈRE

Présentée par : Monsieur Frédéric CHEVALLIER Discipline : Sciences de l'Environnement Laboratoire : LSCE

Résumé : Le théorème dit « de Bayes » est un modèle mathématique de l'apprentissage. Il décrit comment l'apport d'une nouvelle information améliore la connaissance d'un phénomène. Découvert en 1774 par Pierre Simon Laplace, il fournit une solution générique aux problèmes inverses et est devenu une référence essentielle pour les méthodes d'estimation statistique. Son succès témoigne de sa flexibilité et de sa rigueur pour le traitement des observations. Son application pour l'étude d'un problème particulier fait appel à des savoirs variés, car chacune des composantes d'un système d'inversion requiert un travail spécialisé, sur le problème scientifique étudié, sur les observations, sur la modélisation, ou sur l'ingénierie informatique. Mais elle doit être guidée par une compétence spécifique liée à la théorie des probabilités. Nous présentons plusieurs questions fondamentales autour du théorème de Bayes. Comment spécifier les statistiques d'erreur des différentes informations disponibles ? Toute observation est-elle utile ? Comment relier les variables observées et les variables d'étude ? Comment appliquer le théorème dans le cas de problèmes de grandes dimensions ? Les réponses à ces questions sont étayées dans le cadre de deux

problèmes scientifiques. Le premier est l'assimilation des informations fournies par les satellites sur les nuages et la pluie dans les modèles numériques mis en œuvre pour la prévision météorologique. Le deuxième problème scientifique concerne l'estimation des flux de dioxyde de carbone à la surface du globe. **Abstract** : Bayes' theorem is a mathematical model of learning. It describes how new information improves our knowledge about any phenomenon. Discovered in 1774 by Pierre Simon Laplace, it provides a generic solution to inverse problems and has become a reference for statistical estimation. Its success reflects its flexibility and rigor for the treatment of observations. Its application to a specific problem involves diverse skills, because each component of an inversion system requires a dedicated study, on the problem itself, on the observations, on modeling, or on engineering science. But it must be guided by the theory of probability.

We present some fundamental issues about Bayes' theorem. How to assign error statistics to the available information pieces? Are all observations useful? How to link the observed variables and the variables of study? How to apply the theorem in the case of large-dimension problems? The answers to these questions are documented based on two scientific problems. The first is the assimilation of satellite information about clouds and rain in numerical weather forecast models. The second scientific problem concerns the estimation of the carbon dioxide fluxes at the Earth surface.

INFORMATIONS COMPLÉMENTAIRES

Gérard DESROZIERS, Chercheur Habilité à Diriger des Recherches au Service de recherche de *Météo-France*, le Centre National de Recherches Météorologiques (*CNRM*) - Rapporteur

Hervé LE TREUT, Professeur d'Université à l'Université de Jussieu Pierre et Marie Paris VI - Rapporteur

OLIVIER TALAGRAND, Docteur d'Etat au Laboratoire de Météorologie Dynamique à l'Ecole Normale Supérieure - Rapporteur

Jacques VERRON, Docteur d'Etat au Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels - Examineur,

Sylvie THIRIA, Professeur des Universités à l'Université de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines - Examineur

Philippe CIAIS, Chercheur Habilité à Diriger des Recherches au Laboratoire LSCE - Examineur

Jean-Noël THEPAUT, Docteur et Chef de la division des données au Centre européen pour les Prévisions Météorologiques - Examineur

Contact :

