

Master OAM – Proposition de projet

Laboratoire Lagrange
UNS, OCA & CNRS

Détection

David MARY, David.Mary@unice.fr, 04 92 07 63 84

Contexte général.— Des instruments de mesures usuels en laboratoire jusqu’aux gigantesques constructions comme les accélérateurs de particules ou les grands interféromètres, une partie essentielle de la progression de nos connaissances en physique repose sur l’analyse de données issues de capteurs. En particulier, il est très fréquent que les physiciens soient amenés à tenter de détecter la présence de certaines informations (comme la signature de particules élémentaires, ou d’ondes gravitationnelles) dans des données instrumentales.

Dans de tels problèmes dits de détection, l’objectif est de trancher sur la présence ou l’absence d’un certain type de signal dans les données. Plusieurs questions se posent : Quel est le risque que la décision prise soit incorrecte ? Par exemple, que l’information recherchée ne soit pas présente dans les données mais que le physicien, qui peut être leurré par des perturbations instrumentales, conclue quand-même à sa présence (fausse alarme) ? Comment garantir qu’un test sera plus puissant qu’un autre pour détecter un type de signatures donné ? Y a-t-il des méthodes systématiques permettant d’élaborer des tests puissants ?... Savoir apporter des réponses quantitatives fiables à ces questions est essentiel à la fois pour exploiter au mieux les données instrumentales et pour mesurer le degré de confiance associé à toute découverte expérimentale.

Il existe en mathématiques appliquées une théorie appelée théorie de la détection (ou théorie des tests d’hypothèses), qui formalise ces concepts et fournit des outils extrêmement utiles en pratique pour un physicien confronté à de telles questions [1,2].

Objectifs.— L’objectif de ce projet est de permettre aux étudiants de s’armer d’un équipement solide en techniques de détection :

1. Phase d’apprentissage : acquisition des concepts fondamentaux (modèles statistiques, probabilités de détection et de fausse alarme, puissance d’un test, courbes CORE, P-valeurs, lemme de Neyman Pearson, hypothèses simples et composites, vraisemblance statistique, principe des simulations de Monte Carlo).
2. Maîtrise des concepts et implémentation des techniques : création et validation numérique d’une bibliothèque de fonctions de base que les étudiants pourront exploiter et enrichir lors de leur carrière scientifique.
3. Application à des problèmes de détection concrets : détection de phénomènes périodiques dans des séries temporelles (1D), de structures dans des images monochromatiques (2D), de raies d’émission dans des données spectroscopiques (3D).

Références :

- [1] S. M. Kay, “Detection Theory”, Prentice Hall, Signal Processing Series, A.V. Oppenheim, Series Editor, 2009.
[2] T.-H. Li, “Times series with mixed spectra”, CRC Press, 2014.