

P40 Mesure de phase de signaux pour la météorologie de l'espace

Encadrant 1 : BOURREAU Daniel

Département : Microondes:

Encadrant 2 : DANIEL Emmanuel

Département : Optique

Encadrant 3 : FLEURY Rolland

Département : Microondes

Partenaire extérieur : *Patrick LASSUDRIE-DUCHESNE*, patrick.lassudrie-duchesne@orange.fr

Association Observation Radio Pleumeur-Bodou (ORPB)

Mots clés : *Météorologie de l'Espace ; Ondes TBF-BF ; Récepteur radio ; Mesures de phase.*

● CONTEXTE :

Les éruptions solaires, caractérisées par des sursauts d'intensité du rayonnement électromagnétique émis par le Soleil, sont susceptibles de perturber le fonctionnement de divers systèmes terrestres (Ex. : Réseaux électriques haute tension, pipelines, satellites, trafic aérien). La détection et la surveillance des éruptions solaires sont donc particulièrement utiles à la maintenance de ces systèmes.

Une méthode simple de détection des éruptions solaires consiste à utiliser des récepteurs radio en Basses Fréquences et Très Basses Fréquences (gammes « BF-TBF » ou « LF-VLF » de 3 kHz à 300 kHz). En effet, les ondes électromagnétiques à ces fréquences peuvent se propager sur de longues distances (plusieurs milliers de kilomètres) selon des modes guidés dans le guide d'ondes formé par la Terre et l'ionosphère. Ainsi, un récepteur dans ces bandes peut permettre de mesurer les champs rayonnés par divers émetteurs d'opportunité répartis dans le monde.

L'intérêt de telles mesures est d'effectuer une surveillance du canal de propagation dans le guide d'onde Terre-ionosphère. Ce dernier est en effet sensible aux éruptions solaires dont les rayonnements affectent l'ionosphère et modifient ainsi les conditions aux limites du guide d'onde. Cependant la détection d'amplitude n'est pas suffisante car sensible à des brouilleurs. Aussi en y associant une mesure de phase simultanée, le système de surveillance devient plus performant et robuste. Ces variations de phase sont en effet un indicateur très sensible des modifications de la hauteur du guide d'onde Terre-ionosphère résultant d'une éruption solaire.

La détection de ces événements s'inscrit dans le domaine général de la « Météorologie de l'Espace » (« Space Weather »). D'autres applications font également l'objet de recherches, en particulier dans le domaine de la surveillance sismique.

L'association à buts scientifiques ORPB (Observation Radio Pleumeur-Bodou) souhaite participer à l'avenir à ce thème d'études. A la suite de projets d'ingénieur S4 en 2014 et 2015-2014, Télécom Bretagne, en collaboration avec l'association ORPB, a mis au point une chaîne de réception analogique permettant de mesurer l'amplitude des champs reçus en provenance d'émetteurs BF-TBF. Un système de numérisation des signaux reçus (Convertisseur Analogique-Numérique - CAN) a également été mis au point.

● DESCRIPTIF SUCCINCT DU PROJET :

Le travail consistera à modifier la chaîne de réception existante pour la mesure de l'amplitude afin de réaliser simultanément les mesures de la phase relative des signaux d'émetteurs identifiés.

Le groupe devra faire au préalable une étude bibliographique sur les techniques de mesures de phase pour conduire à une solution pertinente.

Après le numériseur du banc actuel, la solution numérique retenue sera implémentée à travers le développement de codes logiciels en Matlab. Le développement final sera évalué après l'analyse de signaux réels lors de transitions jour/nuit sur le trajet de propagation.

Un logiciel de visualisation de l'évolution temporelle de la phase et de l'amplitude des signaux mesurés sera développé pour un suivi en temps quasi-réel.

● LIVRABLES :

1- *Etude bibliographique. 5 %:*

La propagation des ondes BF-TBF dans le guide d'onde Terre-ionosphère et ses applications (météorologie de l'espace, surveillance géologique, communications sous-marines, etc ...).

2- *Etude du système de réception existant. 20 %:*

Antennes actives, filtres analogiques et amplificateurs, système de numérisation des signaux, traitement des données.

3- *Etude bibliographique sur les techniques de mesure de phase. 10% ;*

4- *Modification de la chaîne de réception existante afin de permettre la mesure des variations d'amplitude et de phase des signaux reçus. 35 % ;*

5- *Logiciels (sous Matlab) de mise en forme et d'extraction de l'amplitude et de la phase de signaux identifiés pour la météorologie de l'espace 15% ;*

6- *Rapport technique d'étude 15 % ;*

● OBJECTIFS PEDAGOGIQUES :

A l'issue de ce projet les élèves devraient être capables de :

- *Analyser et évaluer les performances d'un système radio analogique ;*
- *Evaluer un système de numérisation de signaux ;*
- *Réaliser un système de mesure de phase ;*
- *Réaliser des logiciels de visualisation et d'exploitation de données sous Matlab.*

● PRE-REQUIS:

Identifier quelques connaissances utiles au bon déroulement du projet

- *Connaissance des moyens de mesures analogiques.*
- *Connaissance du langage Matlab*
- *Compréhension des techniques de numérisation.*