

## PROPOSITION DE SUJET DE THESE

**Intitulé :** Apprentissage profond pour la détection radar de cibles en présence de fouillis

Référence : **PHY-DEMR-2022-05**  
(à rappeler dans toute correspondance)

**Début de la thèse :** 01/10/2022

**Date limite de candidature :** 01/06/2022

### Mots clés

Détection de cible, Réseau de neurones, Radar Cognitif

### Profil et compétences recherchées

Titulaire d'un master 2 ou d'un diplôme d'une école d'ingénieur.

Connaissances requises :

- Traitement du signal, traitement statistique du signal
- Méthodes d'apprentissage, Réseau de neurones et apprentissage profond
- Matlab, Python
- Connaissances en traitement du signal radar seraient un plus

### Présentation du projet doctoral, contexte et objectif

**Intitulé de la thèse :** Apprentissage profond pour la détection radar de cibles en présence de fouillis

#### Contexte :

La prise de décision quant à la présence ou l'absence de cibles dans les données mesurées est une étape cruciale du processus de recherche d'un radar de surveillance. Cette prise de décision est rendue difficile du fait de la présence d'échos de fouillis engendrés par les réflexions sur les éléments de la scène environnante (ionosphère, vagues, ou bâtiments, arbres, etc...). Ces échos de fouillis peuvent être particulièrement gênants pour la détection de cibles, en particulier lorsqu'ils se caractérisent par une bande de vitesse qui est potentiellement celle de cibles d'intérêts.

Les méthodes de détection actuelles se fondent sur des traitements adaptatifs et des méthodes classiques de traitement telles que la compression d'impulsion (ou filtrage adapté) afin de faire ressortir les cibles du bruit ou fouillis ambiant. Ces traitements adaptatifs cherchent en général dans un premier temps à ramener la statistique du fouillis à une statistique connue ou exploitable, c'est-à-dire permettant de mettre en place dans un second temps un test de détection efficace. Ces méthodes dépendent cependant du modèle du fouillis, qui est souvent inconnu et complexe, et ne permet donc pas de lui associer un traitement adaptatif (cas du fouillis ionosphérique sur un radar à onde de surface par exemple). Le traitement adaptatif du fouillis nécessite également des données secondaires, dont la sélection est rendue complexe car en général réparties sur une zone inconnue (après traitement en distance, ou doppler, ou angulaire) et dans un temps restreint. Toutes ces limitations amoindrissent les performances des algorithmes de détection de cibles radar.

Enfin, certains radars installés sur le territoire enregistrent des mesures qui ne sont pas exploitées pour les mesures suivantes. Par exemple, le radar ROS emmagasine des informations sur la distribution du bruit ionosphérique qui ne sont pas utilisées pour reconnaître ce bruit sur les signaux reçus par la suite. Un des intérêts de l'apprentissage est d'utiliser ces informations en tant que données secondaires.

#### Objectif :

L'objectif de cette thèse est ainsi d'étudier l'apport potentiel des méthodes par apprentissage profond dans le cadre de la détection de cibles radar multiples en présence de fouillis et de bruit.

Il s'agit ainsi d'une part de constituer des bases d'apprentissage de très grande taille par simulation de données radar, puis par sélection de données réelles (notamment données issues du radar ROS), et d'autre part de mettre en place un réseau d'apprentissage capable d'ingérer ces données simulées. Le

réseau d'apprentissage peut être mis en place après traitement radar « classique » (c'est-à-dire compression d'impulsion) ou à la place de ce traitement, voire encore intégré à la chaîne de traitement radar, en pré-traitement des données. Cette thèse doit de ce fait conclure sur la meilleure participation du réseau d'apprentissage dans la chaîne de détection radar, en fonction des critères d'évaluation des performances du détecteur. Aussi, une attention particulière sera mise sur la capacité du réseau à utiliser des données appartenant à l'ensemble des complexes, et non des réels, lorsque celui-ci est utilisé à la place d'un traitement radar « classique ». Egalement, il sera analysé quel type d'espace de mesures il est plus pertinent d'utiliser pour la classification (Doppler / en distance ou angulaire) et si l'apprentissage doit utiliser plutôt des mesures liées au signaux de fouillis et/ou contenant des cibles. Pour finir, dans le cadre de l'étude des données ROS, cette thèse peut proposer un réseau capable de discriminer les bateaux et les avions par leur signature.

Un intérêt particulier est donné aux capacités de détection des cibles et de réjection du fouillis fournies par la méthode considérée, mais également

- Aux types de décompositions fournies par les premières couches du réseau, pour éventuellement essayer de proposer, par la suite, d'autres pistes de traitement ayant une approche plus classique mais inspirée de ces réseaux,
- Aux capacités conjointes de détection et de caractérisation des cibles de ces réseaux.

La problématique de cette thèse est généralisable à de nombreux domaines, tels que la détection pour du traitement d'images, ou la détection sur des signaux complexes à une dimension.

### **Déroulé :**

#### **1<sup>ère</sup> année :**

- Prise en main du contexte, étude bibliographique sur le traitement radar classique et la détection en apprentissage profond.
- Mise en place d'une chaîne de simulation simple de données radar contenant des cibles, du fouillis et du bruit. Sélection et prise en main des signaux réels, étude bibliographique succincte sur la chaîne d'acquisition et le modèle de propagation des signaux réels.
- Premiers essais de méthodes de type apprentissage profond pour la détection de cible. Etude de l'influence du type de données: complexes ou réelles.

#### **2<sup>ème</sup> année :**

- Mise en place de réseaux de neurones adaptés à l'extraction des cibles à partir des données simulées et réelles. Proposition de plusieurs chaînes de traitement pour la détection radar. Détermination du meilleur espace de représentation pour les mesures.
- Etude des performances fournies et comparaison des algorithmes proposés.

#### **3<sup>ème</sup> année :**

- Etude des capacités conjointes de détection et de caractérisation des cibles par les réseaux et/ou,
- Etude des caractérisations par les premières couches du réseau en vue de traitement hybrides neuronaux/ adaptatifs de détection des cibles.
  
- Rédaction du manuscrit de thèse.

Le doctorant sera accueilli au sein de l'unité MATS (Méthodes Avancées en Traitement du Signal) du département Electromagnétisme et Radar sur le site de l'ONERA de Palaiseau. Il sera amené, tout au long de sa thèse, à se former à la problématique du traitement du signal (détection, estimation), au traitement par apprentissage profond, ainsi que se former à d'autres sujets en suivant des formations proposées notamment par l'école doctorale.

Bibliographie succincte sur le sujet :

T. Bucciarelli, G. Fedele and R. Parisi, "Neural networks based signal detection," *Proceedings of the IEEE 1993 National Aerospace and Electronics Conference-NAECON 1993*, Dayton, OH, USA, 1993, pp. 814-818 vol.2, doi: 10.1109/NAECON.1993.290838.

F. Amoozegar and M. K. Sundareshan, "A robust neural network scheme for constant false alarm rate processing for target detection in clutter environment," *Proceedings of 1994 American Control Conference - ACC '94*, Baltimore, MD, USA, 1994, pp. 1727-1728 vol.2, doi: 10.1109/ACC.1994.752367.

Gálvez, Nélide & Pasciaroni, José Luis & Agamennoni, Osvaldo & Cousseau, Juan. (2004). RADAR SIGNAL DETECTOR IMPLEMENTED WITH ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS.

Mezzoug, Karim & Bachir, Djebbar. (2009). Étude Comparative d'un Détecteur CFAR Neuronal de Plusieurs Cibles Radar dans un Fouillis de type K-Distribution.

Gálvez, Nélide & Cousseau, Juan & Pasciaroni, José Luis & Agamennoni, Osvaldo. (2012). Improved Neural Network Based CFAR Detection for non Homogeneous Background and Multiple Target Situations. Latin American applied research Pesquisa aplicada latino americana = Investigación aplicada latinoamericana.

**Collaborations envisagées**

LRI (Université Paris Saclay), SONDRRA (CentraleSupélec, NUS)

**Laboratoire d'accueil à l'ONERA**

Département : Département Electromagnétisme et Radar

Lieu (centre ONERA) : Palaiseau

**Contact** : Christèle Morisseau

Tél. : 01.80.38.62.99 Email : christele.morisseau@onera.fr

**Directeur de thèse**

Nom : Chengfang Ren

Laboratoire : SONDRRA  
(CentraleSupélec, NUS)

Tél. :

Email : chengfang.ren@centralesupelec.fr

Pour plus d'informations : <https://www.onera.fr/rejoindre-onera/la-formation-par-la-recherche>