

Titre : Application d'une nouvelle méthode de machine learning pour la reconstruction 3D à l'aide de trajectoires de muons

Spécialité : Physique ou Instrumentation ou Computer Science ou Data analysis

Durée : 3 à 6 mois

Niveau d'étude : M1 ou M2 (Bac +4 or 5) – Université ou École d'ingénieur

Unité : CEA/DRF/IRFU/DEDIP/DEPHYS

Poursuite en thèse du sujet : Non

Contact :

Héctor Gomez hector.gomez@cea.fr (+33 1 69 08 63 80)

David Attié david.attie@cea.fr (+33 1 69 08 11 14)

Baptiste Lefèvre baptiste.lefevre@cea.fr

Résumé:

Dans de récentes publications en machine learning, il a été montré que des réseaux de neurones profonds peuvent apprendre à imiter des algorithmes itératifs et éventuellement avoir de meilleures performances. L'étudiant.e aura à faire une preuve de concept de ce processus (appelé *algorithm unrolling*) sur l'algorithme itératif SART qui permet de reconstruire des objets en 3D (dans le domaine médical, mais aussi dans l'imagerie muonique).

Description :

- Contexte:

La muographie est une méthode de scan non invasive et non destructive adaptée aux structures de grande taille. Elle est actuellement appliquée dans une large variété de contextes comme la volcanologie, la géophysique ou le nucléaire.

Les muons atmosphériques pouvant traverser de très grandes distances dans la matière avant d'être absorbés ou déviés (contrairement aux rayons X par exemple), la reconstruction de leur trajectoire permet l'étude et l'imagerie des objets traversés à l'aide de différentes techniques (absorption, transmission ou déviation).

A l'Irfu, le groupe muographie réalise des mesures à l'aide d'instruments basés sur les détecteurs Micromegas (MICRO MESH Gaseous Structure), inventés à l'Irfu. Ces détecteurs ont été développés à l'origine pour des expériences de physique nucléaire et de physique des particules. A l'aide de cette technologie, le groupe a pu montrer l'intérêt de la muographie depuis 2015 entre autre sur un château d'eau à Saclay, la pyramide de Khéops et plus récemment sur des réacteurs nucléaires à Marcoule. Ces résultats ont éveillé l'intérêt de l'industrie et de la recherche en France et en Europe pour des applications similaires et plus variées.

Le groupe muographie a une politique de R&D continue sur l'instrumentation des télescopes à muons, le traitement du signal et l'analyse de données. Le stage proposé sera concentré sur l'analyse de données avec des réseaux de neurones profonds qui utiliseront les trajectoires des muons pour réaliser une image 3D d'une structure étudiée (par exemple un réacteur nucléaire).

Les réseaux de neurones ont prouvé leur efficacité dans de nombreux domaines ces dernières années et de nombreuses applications pourraient bénéficier du machine learning à la place de méthodes conventionnelles.

Cependant, dans certains cas les méthodes de machines learning sont en compétition avec des méthodes et algorithmes très explicites. En effet certains algorithmes reposent sur des connaissances théoriques (comme des modèles physiques) qui ont prouvé leur efficacité. Il est donc difficilement justifiable de remplacer un modèle issu d'une théorie par un réseau de neurone qui se comporte comme une boîte noire ; et cela même si le réseau de neurone peut être plus performant.

Dans le cas de méthodes conventionnelles itératives, une approche récente propose d'entraîner les réseaux de neurones à imiter l'algorithme classique. Cette méthode, appelée *algorithm unrolling*, pourrait permettre de profiter des performances des réseaux de neurones tout en conservant les propriétés de l'algorithme initial.

Pour la reconstruction 3D de structures (comme un réacteur nucléaire) nous utilisons actuellement l'algorithme itératif SART, issu de l'imagerie médicale. Nous voudrions savoir si la méthode d'*algorithm unrolling* peut permettre d'augmenter la qualité de la reconstruction ou sa vitesse.

- Objectif

L'étudiant.e travaillera sur le process d'*algorithm unrolling* appliqué à la reconstruction 3D d'objets scannés par la muographie.

Durant le stage, l'étudiant.e devra :

- Comprendre le concept d'*algorithm unrolling*
- Comprendre l'actuel algorithme de reconstruction 3D
- Proposer et entraîner une preuve de concept d'*algorithm unrolling* sur SART
- Réaliser une reconstruction 3D et comparer sa qualité

Compétences :

- Bon niveau en Python
- Connaissances de base en machine learning et réseaux de neurones profonds
- Utilisateur de linux

Mots clés :

Muographie, Analyse de données, Physique instrumentale, Reconstruction 3D, Machine learning, Réseaux de neurones profonds, Deep neural networks, Algorithm unrolling, Data analysis

Plus d'informations :

<https://arxiv.org/pdf/1912.10557.pdf>

https://irfu.cea.fr/en/Phocea/Vie_des_labos/Ast/ast.php?t=fait_marquant&id_ast=4888

