

# **Titre : Apprentissage profond et décomposition tensorielle pour l'analyse de patterns en signal et en imagerie multimodale : Application aux neuropathies**

## Encadrants :

- *Aurélien Hazan, laboratoire LISSI, Université Paris-Est Créteil, équipe Synapse,*
- *Vincent Vigneron, laboratoire IBISC, Université Evry Paris-Saclay*

## Etudiant :

- *Abdoul-Hakim Ahamada, étudiant en Master 2 en Mathématiques Vision Apprentissage spécialisé dans le domaine de la santé et de l'imagerie à l'Université d'Evry Paris-Saclay*

## **Contexte**

Le développement exponentiel de l'IA et des réseaux de neurones renouvelle l'étude des séries temporelles d'un point de vue aussi bien fondamental qu'appliqué. En particulier pour les signaux multivariés, le tenseur peut être une représentation plus adéquate que la matrice, car il évite la perte de la structure des données, et donc la perte d'information.

L'apprentissage automatique sur données tensorielles est classiquement réalisé par décomposition tensorielle linéaire, par exemple CPD/PARAFAC ou Tucker [Sid17]. Récemment des représentations tensorielles ont été intégrées aux réseaux de neurones et ont permis des développements significatifs de l'apprentissage profond notamment dans le domaine de l'image en réduisant le nombre de paramètres à estimer. Pour accroître l'identifiabilité et l'interprétabilité des modèles neuronaux profonds, des contraintes sont ajoutées, par exemple la non négativité, classique dans un cadre d'apprentissage matriciel et tensoriel [Kol08]. En apprentissage profond, les auto-encodeurs variationnels ont été interprétés dans un cadre de factorisation matricielle non-négative, mais aussi comme une factorisation tensorielle CPD, et même Tucker non-négative [Mar22]. Les auto encodeurs appartiennent à la famille des modèles génératifs. Ils permettent de découvrir des espaces latents en apprenant un automorphisme  $x=f(x)$ . Leur espace latent peut être structuré sous forme tensorielle, ce qui amène de très bonnes performances [Pan21]. Il a été montré que ceci permet un compromis en termes de performances et d'interprétabilité, entre un auto-encodeur simple sans contrainte et un modèle de Tucker non-négatif, pour différentes tâches (segmentation, détection de pattern). Toutefois ces travaux préliminaires laissent une marge importante de progrès, et les propriétés de ce type de modèle hybride sont encore mal connues.

## **Description du projet**

Tout d'abord, il sera établi un benchmark des différentes approches. Ensuite, les contraintes qui structurent la décomposition tensorielle seront modifiées dans un modèle de type auto-encodeur/décomposition de Tucker. Les caractéristiques de

plusieurs architectures pour l'auto-encodeur seront évaluées et comparées. Les algorithmes proposés seront testés sur des données de plusieurs champs applicatifs actuellement examinés dans nos laboratoires respectifs : puissances transmises sur un réseau de transport d'électricité ; calibration de capteurs de polluants ; prédiction de performances sportives, segmentation de tumeurs cérébrales. Ce travail pourra se poursuivre en thèse :

1. En comparant les performances de la représentation dans les domaines temporel, temps- fréquence, temps-échelle.
2. En appliquant ces décompositions tensorielles sur les machines de Boltzmann (DB networks et modèle de diffusion).
3. En étudiant l'influence de la structure en réseau du phénomène sous-jacent sur la représentation du signal.

Des collaborations industrielles sont envisageables.

### **Références**

[Kol08] Kolda, Bader, « *Tensor decompositions and applications* », in: *SIAM review* 51.3 (2009), pp. 455–500.

[Sid17] Sidiropoulos et al. « *Tensor Decomposition for Signal Processing and Machine Learning* » *IEEE Transactions on Signal Processing*, 2017.

[Pan21] Panagakis et al. « *Tensor Methods in Computer Vision and Deep Learning* » *Proceedings of the IEEE*, <https://doi.org/10.1109/JPROC.2021.3074329>

[Mar22] Marmoret, « *Unsupervised Machine Learning Paradigms for the Representation of Music Similarity and Structure* », thèse IMT Atlantique, 2022.