

Sciences de la Décision et  
Management des Risques  
2020-2021

## Les réseaux de neurones pour augmenter le nombre de prises en charge en imagerie médicale

—  
VERDIERE Jeffrey

## Notice Bibliographique

Auteur/e : JEFFREY VERDIERE

Année : 2020-2021

Directeur/e de recherche : JEAN-MARIE FLAUS

**Titre de projet de recherche** : Les réseaux de neurones pour augmenter le nombre de prises en charge en milieu hospitalier

**Mots clés (5 maximum)** : Uncertainty, I-FP SPECT, Neural Network

### Résumé en français (10 lignes) :

Dans un contexte sanitaire explosif, le nombre croissant de patients devant accéder à de l'imagerie médicale de haute technologie, le manque de personnel médical paramédical et in fine de temps ont amené les chercheurs à imaginer de nouvelles solutions pour que tous les patients puissent bénéficier de meilleures prises en charge et faciliter la vie des personnels médicaux.

Dans ce contexte, le scanner I-FP-CIT SPECT est une méthode d'imagerie médicale qui permet de détecter certaines structures cérébrales et leurs anomalies visuellement ou par une analyse numérique d'images. Ce scanner met généralement 30 minutes pour obtenir des images de qualité. Les professionnels de santé sont très intéressés pour réduire ce temps de scanner à 15 minutes. Cela pourrait permettre d'améliorer le confort du patient et d'augmenter significativement le nombre de prises en charge par jour. Pour répondre à cette problématique, l'arrivée de l'intelligence artificielle et particulièrement des réseaux de neurones permettent de reconstruire des imageries biaisées ou de mauvaise qualité. La première étape de ce travail de recherche serait d'évaluer la possibilité de reconstruire des images obtenues à partir de scanners de 15 minutes grâce à des réseaux de neurones entraînés avec des données labellisées. La deuxième étape sera d'évaluer l'incertitude du réseau de neurones reconstruisant des images. En effet, évaluer l'incertitude des résultats émis par cet algorithme permettrait de vérifier si la décision de diminuer ce temps de scanner peut être une initiative raisonnée pour un service d'imagerie médicale.

### Résumé en anglais (10 lignes) :

In an explosive healthcare context, the growing number of patients needing access to high-tech medical imaging, the lack of paramedical medical staff and ultimately the lack of time, have led researchers to imagine new solutions so that all patients can benefit from better care and make life easier for medical staff.

In this context, the I-FP-CIT SPECT scanner is a medical imaging method that allows the detection of certain brain structures and their abnormalities visually or by digital image analysis. This scanner generally takes 30 minutes to obtain quality images. Health professionals are very interested in reducing this scanning time to 15 minutes. This could improve patient comfort and significantly increase the number of treatments per day. To answer this problem, the arrival of artificial intelligence and particularly neural networks allow to reconstruct biased or poor quality images. The first step of this research work would be to evaluate the possibility of reconstructing images obtained from 15-minute scans using neural networks trained with labeled data. The second step would be to evaluate the uncertainty of the neural network reconstructing images. Indeed, evaluating the uncertainty of the results emitted by this algorithm would make it possible to verify whether the decision to reduce this scanning time can be a reasoned initiative for a medical imaging department.

J'atteste que ce travail est personnel, cite en référence toutes les sources utilisées et ne comporte pas de plagiat. Le nom de l'auteur du texte vaut signature.

NOM : VERDIERE JEFFREY

## Remerciements

Merci à Jean-Marie Flaus pour son soutien durant l'élaboration de ce projet de recherche. Je remercie également le laboratoire de l'INP Grenoble pour son partage de connaissance sur le sujet de l'incertitude des réseaux de neurones et notamment pour les images qui me seront fournies pour mon article de recherche.

## Contents

<b>Contexte et Motivations du Projet de Recherche</b>	<b>6</b>
<b>Question de recherche</b>	<b>6</b>
<b>Structure de la revue de littérature</b>	<b>6</b>
<b>Méthodologie envisagée</b>	<b>7</b>
Traitement des données . . . . .	7
Mise en place de modèles . . . . .	7
Analyse des résultats . . . . .	8

## Contexte et Motivations du Projet de Recherche

L'étude bibliographique a permis de découvrir les différents types d'incertitudes inhérentes aux prises de décisions des réseaux de neurones. Les réseaux de neurones sont des outils très puissants dont il est indispensable de déterminer l'incertitude de leurs prédictions pour des questions de sécurité.

Laves and Ihler [2019] affirment que depuis quelques années, certains systèmes d'aide au diagnostic utilisant des réseaux de neurones atteignent des performances similaires à celles de certains experts dans certaines tâches comme la détection de pathologies en ophtalmologie ou en imagerie médicale.

La littérature actuelle a particulièrement insisté sur l'importance des réseaux de neurones dans la diminution du temps de diagnostic dans l'imagerie médicale. En effet, l'augmentation de l'afflux de patients dans les hôpitaux nécessite de diminuer au maximum les temps de prise en charge. Partant de ce constat, Sadr [2019] a cherché à montrer si des réseaux de neurones pouvaient permettre de prendre des décisions plus rapidement dans le milieu médical. Cela est notamment le cas lors de l'utilisation des scanners. Booth et al. [2015] ont posé la question de la diminution du temps de scanner de type I-FP SPECT de 30 minutes à 15 minutes en reconstruisant les images avec des réseaux de neurones. Schaefferkoetter et al. [2015] constatent que la reconstruction d'images médicales par réseau de neurones a connu une évolution très forte durant les dernières années avec l'application des réseaux de neurones convolutifs à l'imagerie médicale.

## Question de recherche

L'objectif de cette étude serait d'estimer l'incertitude inhérente à la reconstruction par réseaux de neurones d'imagerie, obtenue par des scanners de 15 minutes au lieu de 30 minutes et de mesurer l'impact sur la prise de décision pour déterminer dans quelle mesure il est possible de réduire la durée des examens. Cette quantification de l'incertitude sera un critère pour prendre une décision sur la réduction ou non du temps de scanner. En effet, l'incertitude des résultats de reconstruction d'images sera le critère principal pour prendre la décision de choisir la reconstruction d'images par réseaux de neurones plutôt qu'un scanner classique de 30 minutes.

## Structure de la revue de littérature

Du fonctionnement des réseaux de neurones

L'aide à la décision par les réseaux de neurones et la problématique de l'incertitude

L'incertitude ou l'art de savoir ce que les réseaux de neurones ne savent pas ou ne peuvent pas comprendre

La nécessité d'un lien avec les réseaux de neurones bayésiens pour évaluer les incertitudes des réseaux de neurones

Les méthodes d'analyse des résultats des incertitudes

Les applications des méthodes d'évaluation des incertitudes des réseaux de neurones en "vie réelle" et leurs limites

## Méthodologie envisagée

### Traitement des données

L'objectif sera d'abord de récupérer des images issues de scanner de 15 minutes et de 30 minutes pour différents patients. Ces images seront fournies par un laboratoire de recherche de l'INP Grenoble par l'intermédiaire de Jean-Marie Flaus. Les images issues d'un scanner de 30 minutes constitueront les labels(valeurs cibles) et les images issues d'un scanner de 15 minutes constitueront les inputs du réseau. Les outputs du réseau seront donc des prédictions d'images reconstruites.

L'objectif sera de traiter ces données pour qu'elles soient traitables par un réseau de neurones comme présenté dans la revue bibliographique.

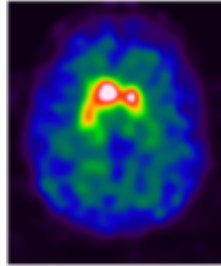


Figure 1: Inputs:Image issue d'un scanner de 15 minutes(base de données fournies par INP Grenoble)

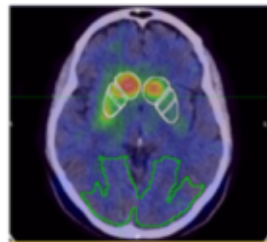


Figure 2: Label(Valeur cible): Image issue d'un scanner de 30 minutes

### Mise en place de modèles

Une structure de réseaux de neurones de type convolutionnelle pour reconstruire les images obtenues en 15 minutes afin d'obtenir des qualités d'images similaires à celle de 30 minutes. Cette structure neuronale sera entraînée par un apprentissage supervisé. Les données labellisées fournies au réseau de neurones convolutifs permettront de reconstruire une image similaire à celle obtenue par des scanner de 30 minutes.

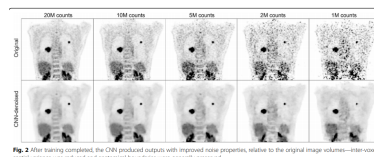


Figure 3: Exemple de reconstruction d'images par un réseau de neurone convolutionnelle

## Analyse des résultats

Pendant la phase de validation du réseau, les incertitudes inhérentes à la reconstruction de ces images seront évaluées grâce aux modèles d'évaluation des incertitudes évoqués dans la revue bibliographique. Ces résultats seront organisés sous forme d'une matrice de confusion comme établie dans la partie de la revue bibliographique sur l'analyse des résultats des incertitudes des réseaux de neurones. L'objectif sera d'obtenir des résultats à partir des données de validation comme sur la figure 4.

	Quite Certain	Uncertain
correct	9609	297
wrong	14	80

Figure 4: Matrice de confusion

L'analyse des résultats de cette matrice permettra de prendre la décision ou non de réduire le temps de scanner de 30 minutes à 15 minutes grâce à des réseaux de neurones.



## References

- Laves and Ihler. Quantifying the uncertainty of deep learning-based computer-aided diagnosis for patient safety. *Biomedical Engineering Journal*, 2019.
- Tylski Scheiber Sadr, Testart. Reduced scan time in 123i-fp-cit spect imaging using a large-field cadmium-zinc-telluride camera. *Clinical Nuclear Medicine*, 2019.
- Booth, Waldman, Quigley, and Schapira. Functional dopamine-transporter spect imaging in parkinsonian syndromes. *AJNR Neuroradial journal*, 2015.
- Schaefferkoetter, Yan, Ortega, Sertic, Lechtman, Eshet, Metser, and Vet-Haibach. Convolutional neural networks for improving image quality with noisy pet data. *EJNMMI Research*, 2015.