

Article de recherche

TECHNOLOGIES DE L'INFORMATION ET DES COMMUNICATIONS

# Utilisation de l'intelligence artificielle dans les réseaux optiques



Sandra Aladin



Christine Tremblay



## RÉSUMÉ:

La complexité croissante des réseaux optiques visant à répondre à une multitude de services conduit à une quantité massive de données. De plus, toute interruption, même momentanée, peut causer d'énormes pertes de données, conduisant à une mauvaise expérience du client. L'utilisation de l'apprentissage machine dans divers domaines a été proposée et testée au cours des dernières décennies. Dans cette étude, le Laboratoire des technologies de réseaux propose un outil d'estimation de la qualité de transmission (QoT) de connexions optiques avant leur établissement dans le réseau, basé sur des algorithmes d'apprentissage machine. Cet outil pourrait aider dans le routage et l'assignation de longueur d'onde en écartant au préalable les connexions classées de mauvaises QoT. Une évaluation de trois techniques d'apprentissage machine dans les réseaux optiques a été expérimentée : la machine à vecteurs de support (SVM), les K plus proches voisins (K-NN) et la forêt aléatoire (RF).  
Mots-clés: Apprentissage machine, QoT, Qualité de Transmission, Connexions Optiques, K-NN, RF, SVM

## Présentation et objectif du modèle

L'émergence de services multiples et les exigences en volume de trafic dans les réseaux motivent la conception de réseaux optiques hétérogènes pouvant supporter des débits et des formats de modulation divers, ainsi que différents types de services. La cognition est proposée afin d'assurer le contrôle de ces réseaux complexes. Et les techniques d'apprentissage machine, permettant de baser les décisions sur les expériences passées, stockées dans une base de données, sont de plus en plus pressenties pour l'implémentation de cette fonctionnalité dans les réseaux optiques. Plusieurs outils et modèles ont été proposés. Cependant, se basant sur le théorème « No Free Lunch » de [1], soutenant qu'aucune solution en apprentissage machine ne peut être déclarée optimale pour un ensemble de données, une étude des techniques d'apprentissage machine SVM, K-NN et RF appliquées à un ensemble de données synthétiques générées à partir d'un algorithme construit sur MATLAB est présentée dans ce projet.

L'estimation de la QoT à l'aide de modèles analytiques couvrant les dégradations de la couche physique nécessite généralement un temps de calcul élevé. Les premiers travaux de prédiction de la QoT à partir de l'apprentissage machine se sont basés sur des systèmes ne dépassant pas un débit de 10 Gbit/s et ayant un format de modulation en intensité. D'autres solutions couvrant des débits plus élevés et des formats de modulation en amplitude et en phase ont ensuite été développées. Cependant les pénalités liées aux effets non linéaires sont prises en compte par le biais de marges de sécurité dans la détermination du rapport signal sur bruit optique (OSNR) minimum requis pour une bonne qualité de transmission. La question à la base de ces travaux est la suivante : Pourrait-on utiliser le modèle de bruit gaussien de calcul de la QoT pour développer un outil cognitif de contrôle dans les réseaux optiques cohérents à haut débit et à formats de modulation avancés? C'est un modèle développé par Poggiolini [4] qui permet d'évaluer l'effet du bruit et des phénomènes non linéaires se produisant dans les liaisons à fibre optique.

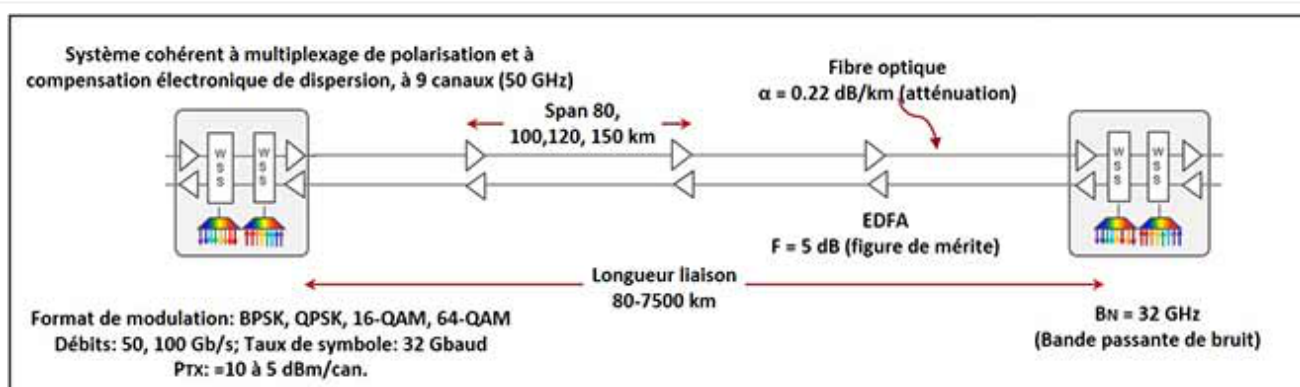


Figure 1 Exemple de liaison à fibre optique d'un réseau optique cohérent [2]

Le but global de ce projet est donc de développer un modèle cognitif d'estimation de la QoT en se basant sur les techniques d'apprentissage machine et en tenant compte des effets linéaires et non linéaires de connexions optiques avant leur établissement dans un modèle de liaison optique tel qu'illustré à la Fig. 1.

## Méthodologie

Le processus global de l'étude est décrit dans la figure ci-dessous :

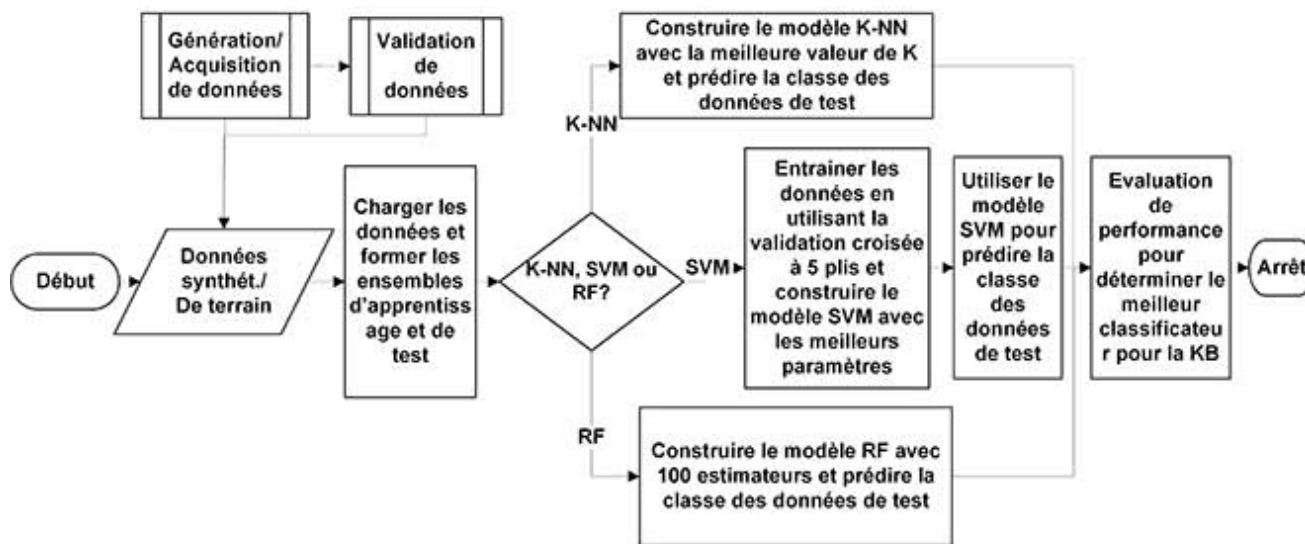


Figure 2 Schéma global de l'étude, tiré de [3]

L'algorithme de génération des données, développé sur MATLAB, prend en compte les imperfections non linéaires de la fibre optique à l'aide de formules analytiques de calcul de l'OSNR. Le taux d'erreur binaire (BER) est ensuite estimé. Cette métrique définit le rapport des bits avec erreur par rapport au nombre total de bits transmis. C'est un paramètre important pour déterminer la qualité de transmission dans les réseaux optiques.

Les données, une fois générées, sont ensuite validées à l'aide de l'outil (*Non-Linear Interference Noise*, NLIN Wizard) développé par Dar [5], afin de s'assurer de leur qualité avant l'application des trois techniques d'apprentissage machine.

## Résultats

La technique SVM fournit la meilleure précision de classification (bonne ou mauvaise QoT), soit 99,15 % (22 844 / 23 040), contre 96,32 % pour RF et 96,7 % pour K-NN. Si l'on compare aux performances des outils existants, ce résultat est supérieur aux 98,7 % obtenus avec la méthode de raisonnement par cas (CBR) développée dans le projet Européen CHRON [6]. Et cette précision de classification dépasse les 96 % obtenus avec l'E-Tool, utilisant la technique RF [7]. Ces résultats montrent les avantages potentiels de la cognition pour évaluer la QoT de connexions optiques.

De plus, la SVM nécessite un temps de traitement de 1,26 seconde pour un ensemble de données de 23 040 instances. Ce temps est supérieur aux 35 ms prises par la technique CBR mais inférieur aux 3,6 s prises par le Q-Tool pour une base de données de moins de 15 000 instances, ce qui montre l'avantage d'utiliser la cognition avec la technique SVM dans le processus d'estimation de la QoT [8]. La figure 3 montre les résultats de la classification d'un échantillon de connexions optiques avec SVM.

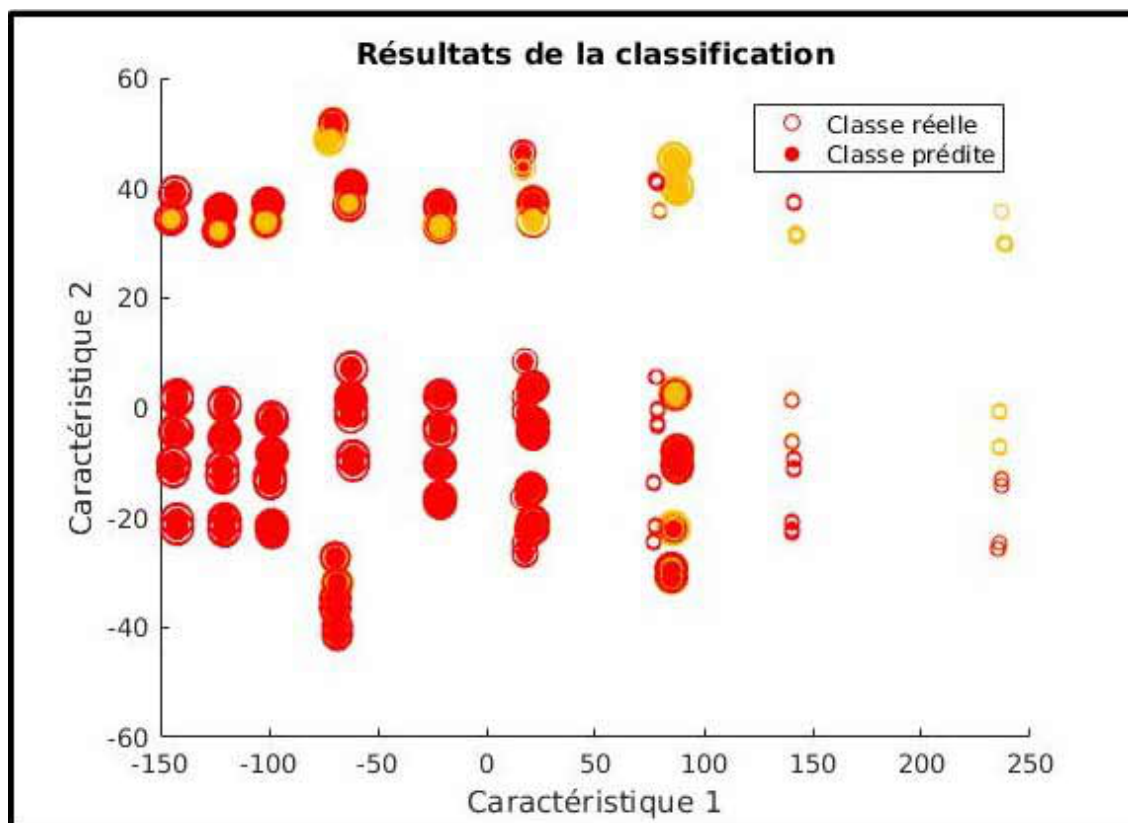


Figure 3 Classification d'un échantillon de connexions optiques avec SVM

## Conclusion

L'outil d'estimation de la QoT de connexions optiques utilisant la technique SVM, avec des données synthétiques de performance offre de bonnes performances de précision de classification. Et le temps de prédiction de la classe des nouvelles instances relativement faible montre l'avantage d'utiliser la cognition dans le processus de contrôle des réseaux optiques.

L'utilisation de données de performance de terrain captées dans un réseau d'opérateur pour la construction du modèle de classification pourra être effectuée dans des travaux futurs.

## Information supplémentaire

Pour plus de détails sur cette recherche, consulter l'article suivant :

Tremblay C., Aladin S., (2018). « [Machine Learning Techniques for Estimating the Quality of Transmission of Lightpaths](#) ». IEEE Photonics Society, Summer Topicals Meeting Series, July 2018.



Sandra Aladin

Sandra Aladin est diplômée à la maîtrise au Département de génie électrique de l'ÉTS. Elle occupe actuellement un poste de professionnelle de recherche dans le laboratoire de technologie de réseaux.

Programme : [Génie électrique](#)



Christine Tremblay

Christine Tremblay est professeure au Département de génie électrique de l'ÉTS. Ses recherches portent sur les communications optiques, les réseaux optiques, la photonique sur silicium et les technologies laser et fibre optique.

Programme : [Génie électrique](#)

## Références

- [1] Wolpert David H., Macready William G., (1997). « No Free Lunch Theorems for Optimization ». IEEE Transactions on Evolutionary Computation 1, 67.
- [2] Tremblay C., Aladin S., (2018). « Machine Learning Techniques for Estimating the Quality of Transmission of Lightpaths ». IEEE Photonics Society, Summer Topicals Meeting Series, July 2018.
- [3] Aladin S., Tremblay C., (2018). « Cognitive Tool for Estimating the QoT of New Lightpaths ». Optical Fiber Communications Conference and Exhibition (OFC).
- [4] Poggiolini Pierluigi (2012). « The GN Model of Non-Linear Propagation in Uncompensated Coherent Optical Systems ». Journal of Lightwave Technology, vol. 30, no 24, p. 3857-3879.
- [5] Dar R., Feder M., Mecozzi A., Shtaif, (2013). « Properties of Nonlinear Noise in long, dispersion-uncompensated fiber links ». Optics Express 21, p. 25685-25699.
- [6] Caballero A., Aguado J. C., Borkowski R., Saldana S., Jimenez T., Miguel I., Arlunno V., Duran R. J., Zibar D., Jensen J. B., Lorenzo R. M., Abril E. J., Monroy I. T., (2012). « Experimental Demonstration of a Cognitive Quality of Transmission Estimator for Optical Communication Systems ». Optical Society of America (OSA).
- [7] Rottondi C., Barletta L. Giusti A., Tornatore M., (2018). « Machine-Learning Method for Quality of Transmission Prediction of Unestablished Lightpaths » J. Opt. Commun. Netw./Vol. 10, No 2.
- [8] Caballero A., Borkowski R., Miguel I., Duran R. J., Aguado J. C., Fernandez N., Jimenez T., Rodriguez I., Sanchez D., Lorenzo R. M., Klondis D., Palkopoulou E., Diamantopoulos N. P., Tomkos I., Siracusa D., Francescon A., Salvadori E., Ye Y., Vizcaino J. L., Pittala F., Tymecki A., Monroy I. T., (2014). « Cognitive, Heterogeneous and Reconfigurable Optical Networks: The CHRON Project ». Journal of Lightwave Technology, vol. 32, no 13, p. 2308-2323.

## Références images

L'image d'en-tête a été achetée sur Istock.com et est protégée par des droits d'auteur.

Les images proviennent des auteurs. La licence CC de Substance s'applique