

# ASSOCIATION MAROCAINE PERMANENTE DES CONGRES DE LA ROUTE

## 10<sup>ème</sup> CONGRES NATIONAL DE LA ROUTE

### **Atelier n°6**

**Thème :** Exploitation Routière

**Titre :** Gestion du Trafic Routier : Analyse Intelligente et Prédiction des Données

**Mouna JIBER, Ali Yahyaouy, Abdelouahed Sabri, & Jaouad Boumhid**  
**Laboratoire Informatique, Imagerie & Analyse Numérique (LIAN),**  
Université Sidi Mohamed Ben Abdellah Fès Maroc.

### **Résumé :**

Lors des dernières années, la gestion du trafic routier a connu une énorme évolution dans le monde entier, grâce à l'apparition de nouvelles technologies, telles que l'internet des objets (Internet of things), les systèmes intelligents de transport (ITS) et les systèmes d'aide à la décision.

Au Maroc, La gestion du Trafic routier est assurée par le Centre National des Etudes et Recherches Routières (CNER) relevant du Ministère de l'Equipement, du Transport de la Logistique et de l'Eau. Ce centre se charge du recueil et de l'exploitation des données. L'enjeu réside aujourd'hui dans l'analyse intelligente du volume important des données collectées.

Cet article présente un système intelligent d'analyse et de prédiction des données du trafic routier marocain pour le moyen et le long terme. Au niveau international, beaucoup de travaux ont été effectués dans ce sens en se basant sur les modèles statistiques, mais vu la complexité des caractéristiques du trafic, les algorithmes intelligents se sont avérés plus efficaces et ont donné de meilleurs résultats. Notre démarche d'analyse repose sur les méthodes issues de l'intelligence artificielle. Les résultats de notre étude seront d'une grande utilité pour les spécialistes du domaine afin d'anticiper les décisions à prendre en termes de développement de projets routiers. La prédiction à moyen terme concerne la reconstitution des données du trafic non disponibles ou perdues suite à une panne des compteurs. Pour le long terme, la méthode d'analyse prédictive se base sur l'historique des données des années précédentes.

Ensuite, on s'intéressera à une classification des routes du réseau routier marocain en prenant en considération plusieurs facteurs tels que : l'aspect géographique, la nature de la route, les incidents, ... Ce qui permettra d'avoir une base de données globale regroupant les données des différents intervenants dans l'opération de l'exploitation routière. Et ce, pour mieux analyser et comprendre les situations du trafic routier dans l'objectif de constituer un élément clé d'aide à la prise de décision quant à la programmation des opérations de maintenance et d'adaptation du réseau routier à l'évolution du trafic, ce qui s'inscrit parfaitement dans le cadre de la bonne gouvernance.

## **Introduction**

L'étude de trafic est une donnée nécessaire qui intervient dans toutes les réflexions sur le développement des infrastructures de transport. Elle influence directement sur les projets d'infrastructures routières à créer ainsi que leurs caractéristiques.

Au Maroc, Deux types de comptages sont mis en œuvre pour le recensement de la circulation, à savoir : les comptages permanents implantés dans des postes fixes du réseau et les comptages périodiques réalisés à l'aide de compteurs mobiles. En 2016, la circulation routière sur l'ensemble du réseau routier et autoroutier marocain a connu un accroissement de 6,03% [3].

Le trafic moyen journalier annuel (TMJA) d'une section routière est obtenu en calculant la moyenne sur une année du nombre de véhicules circulant sur cette section, tous sens confondus, au cours d'une journée.

Ces données de trafic en temps différé s'accompagnent généralement d'une estimation (en pourcentage) du nombre de poids lourds entrant dans leur composition.

Chaque section de route est définie, entre autres, par :

- son nom (route)
- sa longueur
- ses coordonnées de début (D) et de fin (F)

Le trafic des routes nationales et autoroutes soumises au comptage [3] se décompose en 5 classes :

- La classe T0 à fort trafic (supérieur à 4500 véh./j.)
- La classe T1 (entre 2000 et 4500 véh./j. )
- La classe T2 (entre 750 et 2000 véh. / j. )
- La classe T3 (entre 200 et 750 véh. / j. )
- la classe T4 (entre 50 et 200 véh. / j. )

## **L'intelligence artificielle au service des systèmes de transport**

L'intelligence artificielle (IA) est l'ensemble des théories et techniques développant des programmes informatiques complexes capables de simuler certains traits de l'intelligence humaine (raisonnement, apprentissage...).

Elle nous aide à prendre des décisions, et s'est déjà glissée dans nos véhicules, nos téléphones, nos ordinateurs, et nos systèmes de transport.

Les Systèmes de Transports Intelligents est un domaine de prédilection de l'IA. Certains systèmes repèrent les signes de fatigue sur le visage du conducteur. D'autres prennent le contrôle complet du véhicule, d'autres encore deviennent le "cerveau de la ville", modélisant la demande de transport public ou réglant les feux de circulation pour optimiser le flux de voitures.

## **Analyse et Prédiction du trafic routier : pourquoi ?**

Faire parler les données pour en tirer des tendances qui amèneront aux bonnes décisions : c'est le rôle de l'analyse prédictive.

Il ya plusieurs raisons pour lesquelles le développement d'un modèle de gestion et d'analyse prédictive du trafic routier serait profitable. Par exemple, La connaissance du futur en termes de trafic routier, permet aux exploitants d'améliorer et d'adapter les services offerts aux usagers de la route. Partant de là, il nous est apparu intéressant de travailler sur cette problématique en s'appuyant sur les méthodes intelligentes d'analyse prédictive.

Il existe plusieurs types de modèles prédictifs, dont :

- Modèle comportemental, basé sur des questionnaires, et qui visent à prédire ce qui peut se passer en fonction de tel ou tel scénario
- Modèle prédictif fonctionnel dont l'objectif est d'établir des liens entre les acteurs de risques (techniques, organisationnels...) et les risques.
- Modèle prédictif physique, le projet est imaginé comme un système avec un ensemble de processus assortis de contraintes, et on observe comment se comporte chaque processus en cas de problème.
- Enfin, les modèles prédictifs « boîte noire » qui, par des approches statistiques ou intelligents comme les régressions, les réseaux neuronaux ou la logique floue, on déduit la valeur de données en sortie par rapport à des données d'entrée.

Dans cet article, on propose une méthode basé sur les modèles prédictifs « boîte noire» avec comme approche, les réseaux neuronaux profonds. La méthode consiste à prédire les valeurs du Trafic routier des routes marocaines sur la base de l'historique des données collectées.

## **Réseau de Neurones Artificiels**

Un réseau de neurones artificiels, ou réseau neuronal artificiel [2], est un système dont la conception est à l'origine schématiquement inspirée du fonctionnement des neurones biologiques, et prend corps dans un ordinateur sous forme d'un algorithme. Les réseaux de neurones biologiques qui constituent le cerveau humain réalisent simplement de nombreuses applications telles que la reconnaissance de formes, le traitement du signal, la mémorisation, la généralisation, l'apprentissage par l'exemple, etc. C'est à partir de l'hypothèse que le comportement intelligent humain est le résultat de la structure et des éléments de bases du système nerveux central (que sont les neurones), que l'on a développé les réseaux de neurones artificiels. Cette inspiration à partir du modèle biologique provient du fait que le cerveau humain est un système apprenant basé sur une structure contenant environ 100 milliards de neurones reliés entre eux par 10000 contacts synaptiques ce qui représente un million de milliards de synapses.

Le réseau neuronal peut se modifier lui-même en fonction des résultats de ses actions, ce qui permet l'apprentissage et la résolution de problèmes sans

programmation classique. En tant que système capable d'apprendre, Il met en œuvre le principe de l'induction, c'est-à-dire l'apprentissage par l'expérience.

Le succès croissant des réseaux de neurones sur la plupart des autres techniques statistiques peut s'attribuer à leur puissance et à leur polyvalence. Il s'agit de techniques extrêmement sophistiquées de modélisation et de prévision, en mesure de modéliser des relations entre des données ou des fonctions particulièrement complexes. L'utilisateur des réseaux de neurones collecte des données représentatives puis il fait appel aux algorithmes d'apprentissage, qui vont apprendre automatiquement la structure des données.

Les réseaux neuronaux ont présenté de très bons résultats dans la littérature pour la prédiction du trafic routier. C'est la raison pour laquelle nous avons cherché à l'exploiter dans cet article.

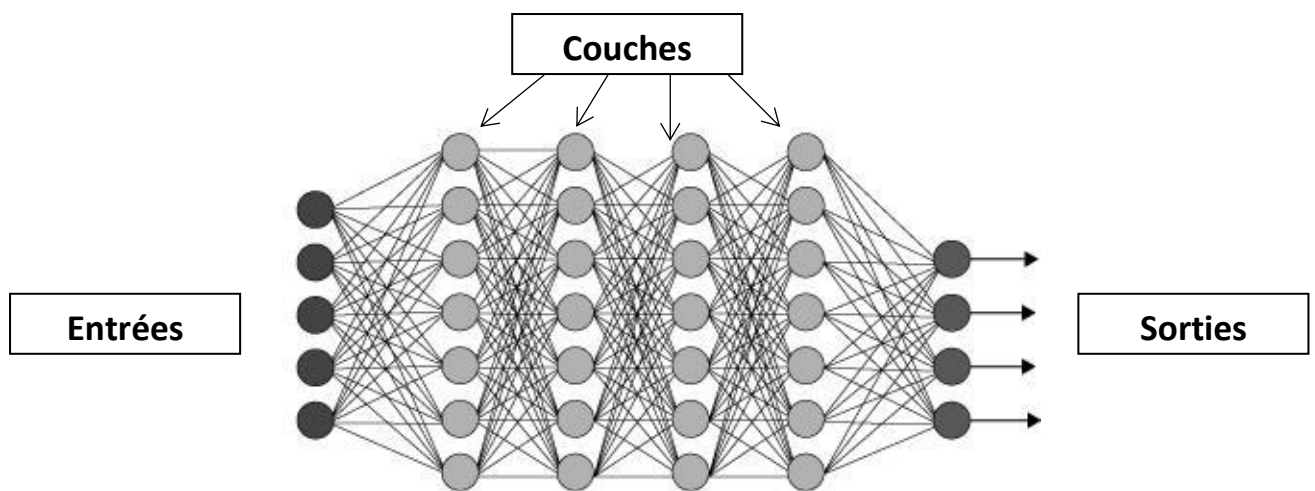


Fig.1 : Architecture d'un réseau de neurones profond

Un réseau de neurones est en général composé d'une succession de couches dont chacune prend ses entrées sur les sorties de la précédente. Chaque couche (i) est composée de  $N_i$  neurones, prenant leurs entrées sur les  $N_{i-1}$  neurones de la couche précédente. Un neurone fait une combinaison linéaire de ses entrées, applique sa fonction et calcule sa sortie [5].

### **Application: prédiction du trafic routier marocain avec les réseaux de neurones profond**

Notre travail de recherche [1] consiste à proposer un modèle de réseau neuronal profond [2] qui consiste à prédire la classe du trafic routier futur (très faible, faible, moyen, enlevé, ou très élevé) d'une route nationale pour une période donnée. La première chose dont nous avons besoin pour l'implémentation de notre réseau est un **jeu de donnée** (data set) afin d'apprendre à partir d'un jeu d'entraînement (training data set).

Nous utiliserons ensuite un **jeu de test** (test data) pour comparer le résultat prédit par le réseau de neurones intelligent et le jeu de test. Ainsi, on aura à créer 2 datasets :

- **1 jeu d'entraînement** : qui sera utilisé lors de l'apprentissage par le réseau. Dans notre cas, nous avons considéré 80% des données du trafic collectées comme jeu d'entraînement.
- **1 jeu de test** : Pour tester si notre réseau a bien appris. Ce jeu ne doit en aucun cas contenir les mêmes données utilisées par le réseau durant la phase d'apprentissage, sinon le résultat sera biaisé. Les 20% des données collectés sont utilisés pour teste la précision des valeurs estimées.

Les 2 data set sont constitués à l'aide du recueil du trafic routier marocain pour les périodes 2016-2017.

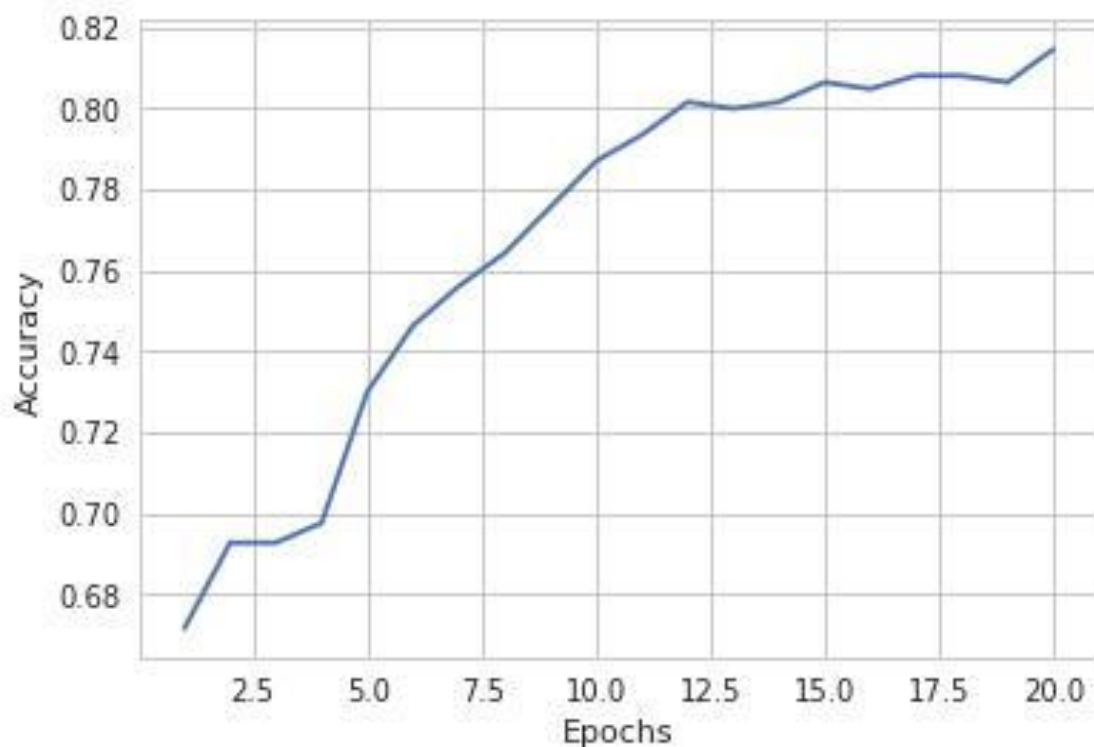
Le système proposé consiste en un réseau neuronal profond (DNNC) qui a les caractéristiques du réseau proposé sont comme suit :

- Trois couches cachées avec 128 neurones dans chaque couche
- La sortie est un vecteur de 5 classes du trafic à prédire
- L'entrée est une matrice normalisée de la table suivante

| <i><b>Nom de la route</b></i> | <i><b>Jour</b></i> | <i><b>Heure</b></i> | <i><b>Flux (*)</b></i> |
|-------------------------------|--------------------|---------------------|------------------------|
| RR 413 PK97<br>MEKNES         | Dimanche           | 16.0                | Faible                 |
| RN 10 PK 19 Chtouka           | Samedi             | 23.0                | Moyen                  |
| RN1 PK222.4<br>KENITRA        | Jeudi              | 6.0                 | Très élevé             |
| RN 6 PK 71.38<br>KHEMISSET    | Lundi              | 5.0                 | Faible                 |
| RR401 PK65<br>KHEMISSET       | Vendredi           | 4.0                 | Très faible            |
| RP3331 PK28<br>BENSLIMANE     | Mercredi           | 7.0                 | Elevé                  |
| .....                         | .....              | .....               | .....                  |

Notre système a été testé sur une machine archlinux et la dernière version Keras. Keras est une bibliothèque open source écrite en python et qui permet d'interagir avec les algorithmes de réseaux de neurones profonds et de machine Learning, notamment Tensorflow et Theano.

Afin de quantifier et mesurer la pertinence et le taux d'erreur de notre **réseau intelligent**, nous avons désormais besoin de ce que l'on appelle une **fonction de coût** ou de perte ("loss or **Cost function**" en anglais). Cette fonction nous permet de mesurer la performance du système.



**Accuracy :** Taux de précision

**Epochs :** Nombre d'itération

Durant la phase d'apprentissage, On peut voir qu'au bout de 20 itérations, la valeur de précision de notre système a atteint 82% [1]. Les données utilisées concernent le recueil du trafic routier des années 2016 et 2017. L'application de notre approche sur une plus grande masse de données routières peut donner de meilleurs résultats concernant la prédiction moyen ou long terme.

## **CONCLUSION : APPORTS, LIMITES ET PERSPECTIVES**

### **Apports :**

Nous avons présenté un système de prédiction du trafic routier marocain à l'aide de réseaux de neurones artificiels. Notre système a été appliqué sur les données réelles du trafic et a donné de bons résultats en termes de précision des valeurs estimées.

L'apprentissage à l'aide de réseaux de neurones profonds est tolérant aux erreurs mais Le temps d'apprentissage peut être long. Par contre, après apprentissage, le calcul des sorties à partir d'un vecteur d'entrée est rapide. La prédiction de notre étude ne servira pas seulement à anticiper les décisions à prendre en termes de développement de projets routiers mais aussi à reconstituer les données du trafic non disponibles ou perdues.

### **Limites :**

La critique principale est que le résultat de l'apprentissage, c'est-à-dire le réseau de neurones calculé par l'algorithme d'apprentissage, n'est pas interprétable par l'utilisateur : on ne peut pas donner d'explication au calcul d'une sortie sur un vecteur d'entrée. On parle de << boîte noire >>. Si l'utilisateur a besoin de pouvoir interpréter le résultat de l'apprentissage, il doit choisir une autre méthode d'analyse.

### **Perspectives**

Afin de mieux gérer la circulation, le ministère de l'équipement du transport de la logistique et de l'eau du Maroc vient de mettre en place un système d'information routière qui repose sur la collecte des données en temps réel sur 12 sites pilotes au niveau national.

Pour les prochaines recherches, il serait intéressant de s'intéresser à la prédiction court terme du trafic routier par l'analyse en temps réel afin de prévoir les problèmes de circulation. Cette analyse prédictive permettra d'agir en amont des problèmes, afin de prévenir les bouchons et les accidents liés à la densité du trafic. A travers ce projet, les responsables de la circulation peuvent prédire l'état du trafic quelques minutes à l'avance. Les résultats de cette analyse peuvent ouvrir la voie à des applications destinées à toute personne devant se déplacer pour l'aider à préparer son trajet à l'avance.

Les suites de notre travail de recherche pourraient également se pencher sur la classification des routes du réseau routier marocain en prenant en considération plusieurs facteurs tels que : l'aspect géographique, la nature de la route, les incidents, les accidents.... pour mieux analyser et comprendre les situations du trafic routier. L'objectif étant de constituer un élément clé d'aide à la prise de décision pour les spécialistes du secteur. «The devil is in the details» : L'exploration de données, connue aussi sous data-mining englobe toute une famille d'outils facilitant l'exploration et l'analyse des données contenues au sein d'une base décisionnelle. Ces outils sont particulièrement efficaces pour extraire des informations significatives depuis de grandes quantités de données.

En peu de mots, l'outil de prospection Data Mining aide à trouver des structures originales et des corrélations informelles entre les données. Il permet de mieux comprendre les liens entre des phénomènes en apparence distincts et d'anticiper des tendances non identifiables.

## Références et Bibliographie:

- [1] : Traffic Flow Prediction Using Neural Network, Mouna Jiber, Imad Lamouik, Yahyaouy Ali , My Abdelouahed Sabri. International conference on intelligent systems and computer vision april 2018.
- [2] : J. Schmidhuber. Deep learning in neural networks: An overview. Neural Networks, 61:85 – 117, 2015.
- [3] : Recueil du trafic routier 2016, ministère de l'Équipement du transport et de la logistique et de l'eau du Maroc
- [4] : L. Ruimin and L. Huapu. Combined Neural Network Approach for Short-Term Urban Freeway Traffic Flow Prediction, pages 1017–1025. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [5] :[https://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau\\_de\\_neurones\\_artificiels#Structure\\_du\\_réseau](https://fr.wikipedia.org/wiki/Réseau_de_neurones_artificiels#Structure_du_réseau)
- [6] S. A. Mohamed and R. C. Allen. Analysis of freeway traffic time series data by using box-jenkins techniques. 773:1–9, 01 1979.
- [7] X. ZHANG and HE. Guo-guang. Forecasting approach for short-term traffic flow based on principal component analysis and combined neural network. Systems Engineering - Theory Practice, 27(8):167 – 171, 2007.
- [8] Z. Liu. Chaotic time series analysis. Mathematical Problems in Engineering, 2010:1–31, 2010.
- [9] L. Ruimin and L. Huapu. Combined Neural Network Approach for Short-Term Urban Freeway Traffic Flow Prediction, pages 1017–1025. Springer Berlin Heidelberg, Berlin, Heidelberg, 2009.
- [10] Z. Weizhong and L. Der-Horng. Short-term freeway traffic flow prediction: Bayesian combined neural network approach. 132, 02 2006.