

**Sujet de thèse :**

# **Utilisation de méthodes d'apprentissage par renforcement dans le cadre de la recherche médicale**

**Candidate** : Sophia YAZZOURH

**Ecole Doctorale** : Ecole Doctorale 475 Mathématiques, Informatique,  
Télécommunications de Toulouse

**Laboratoire d'accueil** : Institut de Mathématiques de Toulouse

**Direction de thèse :**

- Nicolas SAVY – Maître de conférences HDR Institut de Mathématiques de Toulouse
- Philippe SAINT-PIERRE Maître de conférences Institut de Mathématiques de Toulouse

## Sujet de thèse :

# Utilisation de méthodes d'apprentissage par renforcement dans le cadre de la recherche médicale

**Candidate :** Sophia Yazzourh

**Ecole Doctorale :** Ecole Doctorale 475 - Mathématiques, Informatique, Télécommunications de Toulouse

**Laboratoire d'accueil :** Institut de Mathématiques de Toulouse

### Direction de thèse :

- Nicolas SAVY – Maître de conférences HDR - Institut de Mathématiques de Toulouse
- Philippe SAINT-PIERRE - Maître de conférences - Institut de Mathématiques de Toulouse

---

**Description du projet de thèse :** La mise en œuvre de techniques d'apprentissage statistique pour traiter les questions de santé a maintenant une longue histoire. Cette histoire montre l'énorme puissance et la polyvalence de ces techniques, mais a également montré plusieurs faiblesses. La question notamment de l'optimisation des séquences de traitement posent de nombreux problèmes. Ce projet se concentre sur l'apprentissage par renforcement typiquement utilisé pour optimiser des stratégies de traitement (DTR – Dynamic Treatment Regimes) et vise à proposer des améliorations à ces méthodes d'apprentissage par renforcement. Le projet se décline en trois axes d'amélioration :

- étudier la pertinence de l'utilisation du deep Q-learning pour appréhender des situations plus complexes que le Q-learning usuellement utilisé pour l'analyse des DTR,
- aborder la question de l'analyse des trajectoires en développant une méthode d'apprentissage hybride intégrant des données et des connaissances d'experts,
- explorer la pertinence d'introduire des méthodes GAN (Generative Adversarial Networks) pour utiliser des techniques DTR dans le contexte des petites bases de données.

**Eléments de contexte :** L'apprentissage par renforcement est une méthode d'apprentissage qui consiste à apprendre, à partir des données, les actions à prendre afin de maximiser une récompense acquise au cours du temps. Pour ce faire, on considère un agent placé dans un environnement et devant prendre des décisions selon son état actuel. En retour, l'environnement procure à l'agent une récompense (positive ou négative). L'agent cherche alors à optimiser son comportement décisionnel au travers de ses expériences, plus précisément à maximiser la somme des récompenses obtenues.

Dans le cadre de la santé, l'apprentissage par renforcement est moyen efficace de traiter plusieurs aspects de l'analyse des parcours de soins notamment pour les maladies chroniques. En effet, une maladie chronique est caractérisée par une séquence d'observations cliniques ou une séquence de soins administrés. L'utilisation de méthodes d'apprentissage par renforcement permet notamment de

- définir des trajectoires « typiques » et d'en étudier les déterminants,
- définir des trajectoires menant à un état de santé donné et déterminer les facteurs de risque d'être dans un état donné à un moment donné,
- décrire et optimiser les modalités de gestion des traitements adaptés à chacun des patients,
- comprendre et optimiser les soins des patients,
- mesurer l'impact de l'intervention sur le parcours de traitement par simulation dans des conditions données.

L'intérêt de l'apprentissage par renforcement a déjà été démontré, et plus particulièrement la méthode Q-learning a déjà été utilisée dans le contexte médical de traitement à longue durée [1, 2] mais a aussi montré de nombreuses faiblesses [3] dont certains - détaillées ci-dessous - font l'objet de ce projet de thèse. L'objectif de la thèse est d'apporter des solutions et des pistes d'amélioration de ces techniques

dans le domaine de la santé en s'appuyant sur les innovations récentes des techniques d'apprentissage par renforcement.

**Etape 1 du projet de thèse : du Q-learning au Deep-Q-learning.** L'apprentissage par renforcement de base est modélisé par un processus de décision de Markov (MDP) impliquant

- $\mathbf{S}$  un ensemble d'états de l'environnement sur lequel agit un « agent »,
- $\mathbf{A}$  un ensemble d'actions,
- $P_a(s, s') = P(s_{t+1} = s' \mid s_t = s, a_t = a)$  la probabilité de transition (à l'instant  $t$ ) de l'état  $s$  à l'état  $s'$  sous l'action  $a$ ,
- $R_a(s, s')$ , la récompense immédiate après le passage de l'état  $s$  à l'état  $s'$  sous l'action  $a$ .

L'« agent » (le patient dans le contexte médical) interagit avec son environnement à des instants discrets. A l'instant  $t$ , son état actuel  $s_t$  et sa récompense  $r_t$  sont collectés. L'agent choisit une action  $a_t$  et l'envoie à l'environnement qui passe à l'état  $s_{t+1}$  et récompense  $r_{t+1}$  selon la transition  $P_a$ . Un objectif majeur est d'apprendre une politique dite optimale définie par la fonction  $\pi^*: \mathbf{A} \times \mathbf{S} \rightarrow [0,1]$  qui maximise la récompense cumulée attendue mesurée par la Q-fonction  $Q^\pi(a, s) = E_\pi[R_t \mid a_t = a, s_t = s]$  :

$$\pi^*(a, s) = \underset{\pi}{\operatorname{argmax}} Q^\pi(a, s).$$

La méthode la plus courante pour répondre à cette question est le Q-learning basée sur les équations de Bellman. Dans les cas les plus simples (espace d'état et espace d'action discrets), le problème se résume à une recherche d'optimum dans une table mais pour répondre à des situations plus complexes, il est nécessaire d'avoir recours à des modélisations de la Q-fonction. Un des objectifs principaux de la thèse est d'explorer les performances et la faisabilité du Deep Q-learning [4] où la Q-fonction est modélisée par des algorithmes de deep learning. Si ces premières investigations donnent des résultats convaincants, un effort sera porté sur la méthodologie et sur la vulgarisation de la technique.

**Etape 2 du projet de thèse : d'une approche « data-driven » à une approche hybride « data / expert - driven ».** La méthode Q-learning est une méthode purement « data-driven » dans le sens où elle ne demande pas de modélisation du MDP. C'est une propriété très confortable car elle repose sur aucune hypothèse mais elle est aussi très sensible aux données et à leur représentativité. Ce problème est étroitement lié au dilemme exploration-exploitation bien connu en reinforcement learning. En effet, lors du choix entre les différentes options, l'agent est fréquemment confronté à choisir entre :

- quelque chose de familier afin de maximiser les chances d'obtenir ce que vous voulez,
- quelque chose qui n'a pas été essayé et peut-être en apprendre davantage, ce qui peut (ou non) aboutir à de meilleures décisions à l'avenir.

Ce compromis affectera le fait que l'agent gagne sa récompense plus tôt ou apprenne d'abord l'environnement, puis gagne ses récompenses plus tard. Dans ce contexte des approches « hybrides » incorporant de l'a priori d'expert dans ces méthodes data-driven sont envisagées. Le second objectif de la thèse consiste donc à décrire et à étudier les propriétés statistiques d'approches hybrides mêlant techniques « data-driven » et « expert-driven » dans le contexte des approches DTR par Q-learning.





**Etape 3 du projet de thèse : les méthodes de « data augmentation », d'une petite base de données à une grande base de données.** Une des limitations de ces méthodes est directement reliée au volume des données. Dans le contexte du parcours médical, il est difficile de disposer d'échantillons impliquant de nombreux patients, les données étant difficiles et coûteuses à recueillir (du moins en assurant une qualité suffisante de ces données). Le troisième objectif de cette thèse consiste donc à considérer des techniques dites de « data augmentation » qui consiste à artificiellement augmenter l'effectifs de la base de données en intégrant des patients virtuels obtenus par simulation numérique. Plusieurs techniques ont été explorés par N. Savy et P. Saint-Pierre. Un troisième axe de ce projet de thèse est d'étudier les propriétés des GAN (Generative Adversarial Network [5]) pour la génération de patients virtuels et d'appréhender les propriétés statistiques et computationnelles des approches de reinforcement learning dans ce contexte de données augmentées.

**Retombées attendues :** Les résultats des travaux présentés ci-dessus qui pourront être valorisés par des publications dans des revues de statistiques, machine learning et biostatistiques. Le souci méthodologique sera au centre de nos préoccupations pour délimiter le contour des applications et pour recenser les hypothèses de ces méthodes. Un effort de vulgarisation sera fait pour rendre accessible ces méthodes complexes à la communauté médicale par le biais de package R ou Python et de communications orales et écrites. Enfin cette thèse est une opportunité pour renforcer l'interaction entre l'IMT et les partenaires de santé en leur permettant de mettre en œuvre des méthodes innovantes.

#### Références :

- [1] M.R. Kosorok and E.E.M. Moodie (Eds). *Adaptive Treatment Strategies in Practice*. ASA-SIAM Series on Statistics and Applied Mathematics, 2015.
- [2] B. Chakraborty and E.E.M. Moodie. *Statistical Methods for Dynamic Treatment Regimes: Reinforcement Learning, Causal Inference, and Personalized Medicine*. Springer. 2013.
- [3] Y. Chao, L. Jiming, and N. Shamim. *Reinforcement learning in healthcare: A survey*. arXiv preprint arXiv:1908.08796, 2019.
- [4] V. François-Lavet, P. Henderson, R. Islam, M. G. Bellemare and J. Pineau, *An Introduction to Deep Reinforcement Learning*. Foundations and Trends in Machine Learning: Vol. 11, No. 3-4, 2018.
- [5] I. Goodfellow, J. Pouget-Abadie, M. Mirza, B. Xu, D. Warde-Farley, S. Ozair, A. Courville, and Y. Bengio, *Generative adversarial nets*. Advances in neural information processing systems, pp. 2672–2680, 2014.

#### Signatures :

La candidate Sophia Yazzourh	Le directeur de Thèse Nicolas Savy	Le co-directeur de thèse Philippe Saint-Pierre	Le directeur du laboratoire Franck Barthe
			

Nicolas SAVY  
Philippe SAINT-PIERRE  
Maitres de conférences  
Institut de Mathématiques de Toulouse  
118, route de Narbonne  
31062 Toulouse Cedex 9

A Toulouse, le 03 mai 2021.

A Madame la directrice de l'Ecole Doctorale MITT

Objet : Candidature bourse de thèse Sophia Yazzourh

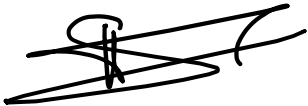

Le projet de thèse proposé à Sophia Yazzourh est à l'interface entre les mathématiques et la santé. A ce titre, il s'inscrit dans un projet de recherche impliquant des collègues de ANITI (Pr. Loubes), de l'université de Chapel Hill (Pr. Kosorok), de l'université McGill (Pr. Moodie) ainsi que des collègues du Département d'Information Médical du CHU de Toulouse et de l'Institut Universitaire du Cancer de Toulouse. Ce projet fait l'objet de demandes de financements en réponse aux appels d'offre ITMO-Cancer pour les aspects au plus près de la clinique et CIMI pour les aspects les plus théoriques qui sont l'objet de cette proposition de thèse.

Le principal intérêt scientifique de ce projet est de développer des algorithmes adaptés à des données décrivant des parcours de soins. Ces données de nature complexe posent de nombreuses difficultés liées à la répétition des observations et aux particularités des données de santé. L'analyse de ces données qui sont de plus en plus fréquentes (Health Data Hub par exemple) est devenue un enjeu majeur. Par ailleurs, ce projet de recherche entre en résonance avec deux axes prioritaires de l'université Paul Sabatier : l'intelligence artificielle avec notamment l'IA hybride et la santé. A l'heure de la crise sanitaire, il semble encore plus important que des projets de recherches s'inscrivent à l'interface des mathématiques et de la santé afin de répondre à des questions importantes de santé publique.

L'intérêt que nous portons à la candidature de Sophia fait suite à l'encadrement, par Nicolas Savy, d'un projet dans le cadre de son cursus à l'INSA. Pour Sophia, c'était la rencontre avec les données de santé sur un sujet de modélisation, par régression logistique par spline cubique, du rôle du fibrinogène dans le risque hémorragique lors de chirurgies cardiaques à circulation extra-corporelle. Sophia a donné entière satisfaction lors de ce projet. Elle a été non seulement efficace sur la manipulation des données mais aussi force de proposition sur les méthodes et curieuse sur les résultats obtenus.

Par ailleurs, Sophia a acquis, au cours de son alternance chez Thalès Alenia Space, une expertise de data scientist parfaitement adaptée à notre problématique. Son projet de fin d'étude porte notamment sur l'incorporation d'a priori d'experts (le retour opérateur dans le cas présent) dans le cadre de modèles de machine learning. Au travers de cette expérience Sophia a pu consolider ses compétences en traitement des données, en machine learning et en réseaux de neurones et a commencé à se familiariser avec la notion d'IA hybride.

Le projet de thèse proposé à Sophia, dont la pertinence et la faisabilité sont indubitables, est parfaitement en adéquation avec son parcours et ses compétences. Ce projet de recherche a besoin du soutien d'une thèse (les appels d'offre auxquels nous avons répondu n'autorisent pas le financement de thèse) et en retour, Sophia bénéficiera de l'accompagnement par l'ensemble des acteurs du consortium des projets, cette thèse se passera dans les meilleures conditions possibles avec une très forte probabilité de succès.

Le directeur de Thèse Nicolas Savy	Le co-directeur de thèse Philippe Saint-Pierre
	

**Sophia Yazzourh**

35 Rue Emile Brouardel,

31000, Toulouse

**06 88 02 05 82**

**sophiayazzourh@hotmail.com**

Née le 11/02/1996 (25 ans)

Nationalité : Française

Permis B

# INGÉNIEURE INSA TOULOUSE MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES & INTELLIGENCE ARTIFICIELLE

EN RECHERCHE D'UNE THÈSE DANS LE DOMAINE DE  
L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE



## A PROPOS DE MOI

Tout juste diplômée de l'INSA Toulouse, je souhaiterais mettre mon investissement, mon sérieux et mes capacités organisationnelles au service d'une thèse dans les domaines de l'Intelligence Artificielle, Machine Learning et Big Data.



## INFORMATIQUE

### Langages de

### programmation :

Python, R, Matlab, Java, C, C++

### Bases de données :

SQL

### Librairies Python :

numpy, scipy, pandas, sklearn, keras, tensorflow, matplotlib, seaborn

### Outils de

### développement :

Git, Docker, Google Cloud

### Bureautique :

Word, Excel, PowerPoint, LaTeX



## LANGUES ÉTRANGÈRES

**Anglais :** Compétence professionnelle complète, TOEIC 840

**Chinois :** Compétence professionnelle limitée

**Allemand :** Compétence professionnelle limitée

**Grec :** Notions élémentaires

## FORMATIONS

### 2014-2021

**Institut National des Sciences Appliquées**, Toulouse

Diplôme d'ingénieur, grade Master spécialité Mathématiques Appliquées

- Machine Learning, High Dimensional and Deep Learning, Artificial Intelligence Framework (NLP, Reinforcement Learning)
- Projet d'Innovation et Recherche sur le thème de la modélisation d'une variable quantitative dans le cadre de la régression logistique au travers de splines d'interpolation

### SEPTEMBRE À JANVIER 2017

Semestre d'échange Erasmus à la **National Technical University of Athens** (Polytechnique Athènes) dans le département de Mathématiques Appliquées

### 2013-2014

**Baccalauréat** S spécialité SVT mention très bien au Lycée Carnot à Dijon

## EXPÉRIENCES PROFESSIONNELLES

### JANVIER 2020 À AUJOURD'HUI (15 MOIS)

**Thales Alenia Space - Alternance en Big Data & IA pour les activités spatiales**

*Equipe : Recherche et Développement en Intelligence Artificielle (Digital Studio)*

- Initiations aux méthodes de recherche et de veille technologique
- Traitement de données
- Projets de détection d'anomalies sur séries temporelles
- Réseaux de neurones
- Active Anomalies Discovery : détection d'anomalies dans le cadre de l'Active Learning ou intégration du retour utilisateur dans les algorithmes de détection tels que Isolation Forest ou SVM

*Connaissances acquises : Python, ACP, IF, SVM, Autoencodeur, Courbes ROC, GIT, Docker, API flask*

### OCTOBRE 2019 À JANVIER 2020 (3 MOIS)

**Thales Alenia Space - Alternance en gestion et processus industriels des segments sols spatiaux**

- Réflexion sur la transmission d'informations et la cohérence des outils jusqu'en phase de maintenance

*Connaissances acquises : Cycle de vie des projets segments sols spatiaux et outils associés*

### JUILLET À SEPTEMBRE 2019 (3 MOIS)

**SOGETI HIGH TECH, Groupe Capgemini - Stage de Master 1**

*Projet : GALILEO Mission Segment, composant : Mission and Uplink Control Facility (MUCF)*

- Intégration d'un élément prototype
- Analyse et modélisation des données et des flux des éléments connectés au composant
- Analyse des spécifications de L'ESA et préparation et mise en place de scénario de tests dans l'équipe d'Assemblage, Intégration et Validation

*Connaissances acquises : Fonctionnement du segment sol de GALILEO*

### 2014 À AUJOURD'HUI

**Bénévole à l'association Ouverture Rencontres Evolution à Quetigny.**

- Soutien scolaire de la 6e à la Terminale en mathématiques, sciences et français & mise en place d'une formation d'initiation à Python et à l'algorithmique

## CENTRES D'INTÉRÊTS

- **Pratique du handball au Niveau National 3** (participation aux Championnats de France 2015/16/17/18/19, et joueuse de l'équipe de Castanet Ramonville Auzerville HandBall)
- **Présidente de l'association étudiante** du département Génie Mathématiques Appliquées : GAMMA
- **Trésorière** de l'Association Sportive de l'INSA de 2016 à 2017

Sophia Yazzourh  
35 rue Emile Brouardel  
31000, Toulouse

À Toulouse, le 4 mai 2021

À Madame la Directrice de l'Ecole Doctorale MITT

Objet : Candidature bourse de thèse « Utilisation de méthodes d'apprentissage par renforcement dans le cadre de la recherche médicale »

Actuellement en dernière année de l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse, je serai prochainement diplômée du département de Mathématiques Appliquées, spécialité Modèles et Méthodes Statistiques. Le moment est donc venu de choisir ce que sera ma première expérience professionnelle.

En 2014, après l'obtention de mon baccalauréat j'ai intégré l'INSA de Toulouse. En parallèle de ma scolarité, je me suis fortement investi dans un projet sportif. Je pratique le handball depuis l'âge de huit ans, et à haut niveau (national) depuis 2015. Si la pratique de ce sport m'a beaucoup apporté en termes d'esprit d'équipe, de combativité et de persévérance, sa pratique à haut niveau demande un investissement important en temps, difficile à concilier avec des études supérieures. Couplé à des difficultés de choix d'orientation, ma première année s'est soldée par un redoublement.

L'INSA m'a beaucoup aidé et m'a convaincu dans mon choix pour la filière ingénieur. Il n'était pas concevable, pour moi, de choisir entre des études supérieures qui me passionnent et la pratique sportive à haut niveau. L'année 2018 a été une année importante en termes d'implication et d'objectifs sportifs (quatre entraînements par semaines et match tous les weekends). Malgré mes efforts, je n'ai pas réussi à valider l'intégralité de mon master 1. J'ai proposé à l'INSA de finir mes années de master en alternance et j'ai réussi à obtenir un contrat d'alternance de deux ans à Thales Alenia Space.

Durant ces dix-huit derniers mois, j'ai acquis, par les cours de l'INSA et l'expérience en entreprise, de solides connaissances dans le domaine de l'Intelligence Artificielle, du Machine Learning et notamment le Deep Learning. En



effet, depuis janvier 2020, j'ai intégré l'équipe de Recherche et Développement en Intelligence Artificielle de Thales Alenia Space. Évoluer dans cette équipe, m'a permis de m'initier à la veille technologique. J'ai pu ainsi découvrir le monde de la recherche de plus près et je m'y épanouis. C'est pourquoi, j'ai envie de continuer à progresser dans l'IA, de résoudre des problèmes nouveaux et de devenir experte dans le domaine. Faire une thèse dans le domaine de l'IA est donc pour moi devenu une évidence.

Durant mon dernier semestre à l'INSA de Toulouse, j'ai eu l'opportunité de travailler sur un projet de recherche relatif à la modélisation de données médicales par la régression logistique au travers de splines d'interpolation encadré par Monsieur Nicolas Savy. Cette collaboration m'a permis de découvrir les applications des mathématiques et des statistiques dans le domaine de la santé. C'est un domaine passionnant avec des conséquences concrètes auquel j'ai envie de contribuer. J'ai maintenant cerné mon projet professionnel : faire une thèse en IA appliquée aux données de santé.

Le projet de thèse proposé par Nicolas Savy entre exactement dans ce champ thématique. Il s'agit d'étudier l'utilisation de méthodes d'apprentissage par renforcement dans le cadre de la recherche médicale. L'enjeu principal est l'optimisation des séquences de traitement des personnes atteintes de maladies chroniques. Sa réussite apporterait une aide et un confort aux patients que ce soit en optimisant leurs traitements ou en déterminant les facteurs de risque d'être dans un état de santé donné à un instant donné. Ce sujet explore techniquement trois pistes pour améliorer les techniques actuelles : le Deep Q-learning, l'IA hybride et l'augmentation de données par l'utilisation de Generative Adversarial Networks.

Je suis consciente que c'est une réelle chance de travailler sur un projet couplant l'appétence aux questions de santé et l'intérêt aux questions d'IA. D'autant plus que j'ai eu l'opportunité de me familiariser avec les notions et les problématiques d'une des parties du sujet : l'IA hybride. En effet, mon projet de fin d'étude porte sur l'incorporation du retour de l'opérateur dans des modèles de machine learning. Les compétences de veille technologique et techniques sur ce sujet forment une excellente introduction à cette thèse.

Mon enthousiasme pour ce projet n'a d'égal que mon impatience de mettre au service de cette thèse mes compétences et connaissances techniques en IA et ma ténacité.

Dans l'attente de votre réponse, veuillez agréer, Madame, l'expression de mes salutations distinguées,

Sophia Yazzourh



Marc Spigai  
Expert Thales Alenia Space en Intelligence Artificielle (IA)  
Coordinateur équipe IA  
Centre de compétences software, innovation  
Thales Alenia Space  
Toulouse, France

Toulouse, le 29 Mars 2021

Objet : Lettre de recommandation Sophia Yazzourh

Sophia Yazzourh, élève de l'INSA Toulouse, effectue une alternance depuis fin 2019 au centre de compétences software chez Thales Alenia Space Toulouse, dans un service R&D et innovation, sur le domaine de l'Intelligence Artificielle (IA). Le sujet de son alternance se situe dans le domaine de l'apprentissage de type Machine Learning/Deep Learning, et notamment sur l'Active Learning pour la dernière période d'alternance en 2021.

L'alternance a été axée sur des nouveaux défis en IA/apprentissage pour lesquels il est nécessaire de faire preuve d'un goût pour la recherche avec toutes les phases que cela implique, notamment: bibliographie, sélection des techniques prometteuses, investigation, appropriation, modification, mise en oeuvre et évaluation.

Dans ce cadre, Sophia a fait preuve d'une grande motivation pour travailler sur ces sujets de recherche, tant au niveau de l'analyse de la bibliographie que la mise en oeuvre et l'évaluation de solutions. Elle a un goût pour la recherche et aime être confrontée à des défis techniques.

De plus Sophia est une jeune ingénieur qui fait preuve de nombreuses qualités: elle est très bien organisée et sait avancer au bon rythme, au bon niveau d'analyse et avec une grande ténacité sur les problèmes qui lui sont posés. Elle avance manière autonome et s'affranchit très bien des demandes de points d'avancement avec une remarquable capacité de synthèse. Elle est à l'écoute de ses collègues, fait preuve d'empathie et s'est bien intégrée à l'équipe, participant à la vie du service.

Pour toutes les raisons ci-dessus, je conseille Sophia comme candidate à une thèse et vous remercie par avance de prendre en considération sa candidature.

Marc Spigai



Jean-Yves Dauxois  
Université de Toulouse-INSA,  
Institut de Mathématiques de Toulouse, UMR CNRS 5219,  
Département GMM  
135, Avenue de Rangueil, 31077 Toulouse Cedex 4, FRANCE.  
Email : jean-yves.dauxois@insa-toulouse.fr

Toulouse, le 2 Avril 2021

**Objet :** Lettre de recommandation

Je connais Sophia Yazzourh depuis trois ans, depuis qu'elle a intégré le département Génie Mathématique et Modélisation pour suivre la spécialité Mathématiques Appliquées. Elle a suivi la filière science des données. Son parcours scolaire à l'INSA n'a pas toujours été facile comme peut le montrer ses relevés de notes. De nombreuses raisons expliquent ces accrocs dans sa scolarité, mais je tiens à souligner combien Sophia a su prendre sur elle ces difficultés, a su les surmonter au prix d'efforts personnels et, à chaque fois, elle a su rebondir et aller de l'avant. Nous pouvons clairement constater une évolution positive au fil des années. Depuis 2 ans, sa scolarité est plus fluide, son implication plus claire et ses résultats meilleurs, avec par exemple une validation de toutes les UF's en première session sur le dernier semestre de la formation (premier semestre de la 5ème année). Sans doute qu'elle a donc appris de ses échecs précédents, qu'elle a pu résoudre également des problèmes extra-scolaires qui perturbaient ses apprentissages. Je note également que cette évolution très positive dans son parcours coïncide avec la réalisation d'un contrat de professionnalisation qu'elle a entamé il y a maintenant plus d'un an. Il est clair que la possibilité de mieux appréhender l'intérêt et l'utilité des notions enseignées lui a permis de renforcer sa motivation pour les assimiler. Elle a suivi le cours de Fiabilité et durées de vie que j'enseigne cette année et j'ai pu voir sa très grande motivation à bien comprendre les notions avant de les mettre en pratique. Elle a été avec sa binôme de travail très pro-active dans cet apprentissage, souvent en avant sur les autres binômes.

Aussi, malgré ce que peuvent montrer des résultats scolaires en demi-teinte, je pense que Sophia Yazzourh, si elle s'intéresse à un sujet qui fait sens pour elle, pourra trouver l'énergie et les ressources pour réaliser un travail de thèse précis et fructueux. On l'aura compris à la lecture de ce qui précède, un sujet avec une composante forte autour de la R&D, avec donc une réelle présence des applications, serait sans doute ce qui conviendrait le mieux à Sophia pour réaliser un travail de thèse d'un bon niveau.

Elle m'a récemment expliqué ses motivations pour cette thèse. Elle commence à prendre confiance en elle et présente un intérêt de plus en plus affirmé à creuser en profondeur les techniques statistiques autour de l'IA. Elle fait preuve d'une grande motivation pour ce projet. Je la recommande donc pour une thèse en Mathématiques Appliquées sur ces thématiques où la partie "expérimentale" et applicative est bien présente.



Jean-Yves Dauxois  
Professeur des Universités,  
Directeur du Département GMM

ACADEMIE DE DIJON

BACCALAUREAT GENERAL

SESSION : Juin 2014

Série : S

SPECIALITE : SCIENCES DE LA VIE ET DE LA TERRE

Ens.spécia. : SC. DE LA VIE ET DE LA TERRE

## RELEVÉ DE NOTES

Nom de famille : YAZZOURH  
 Nom d'usage :  
 Prénoms : SOPHIA HELENE SAIDA  
 Né(e) le : 11/02/1996  
 à : DIJON (021)  
 Pays :  
 I.N.E. : 0707001126K  
 Etablissement : LYCEE CARNOT DIJON  
 21000 DIJON

MME YAZZOURH SOPHIA HELENE SAIDA  
 3 RUE DOM DE PLANCHER  
 21160 MARSANNAY-LA-COTE

N° matricule : M002407052 N° inscription : 0111886565 Jury : 0024

Centre d'écrit : LYCEE CARNOT DIJON

EPREUVES 1er GROUPE					DISCIPLINES	2è GROUPE			1er GROUPE + 2è GROUPE		
NOTE /20	OBTENUE EN ACA		COEFF.	POINTS		NOTE /20		COEFF.	POINTS 1er GROUPE	POINTS 2è GROUPE	POINTS RETENUS
18	2013 07		2	36	FRANCAIS ECR.						
17	2013 07		2	34	FRANCAIS ORAL						
17	2013 07		3	51	HIST.GEOG.						
17			7	119	MATHEMATIQUES						
16			6	96	PHYS-CHIMIE						
12			8	96	SC. VIE TERRE						
14			3	42	L.V.E. 1						
					(ANGLAIS)						
17			2	34	LANGUE VIV. 2						
					(ALLEMAND)						
13			3	39	PHILOSOPHIE						
17			2	34	ED.PHYS.SPORT						
					(EPS APTE)						
14	2013 07			8	TRAV PERS ENC						
20				20	EPR.FACULT.1						
					(CHINOIS)						
TOTAL				38	609	TOTAL			TOTAL		
MOYENNE SUR 20					16.02				MOYENNE SUR 20		

Total 1er groupe	304	380	456	532	608
Total 2è groupe	304	380			
Moyenne	8/20	10/20	12/20	14/20	16/20

Le chef de centre ou président du jury  
 (cachet ou signature)

Le  
 Président



DECISION  
 JURY

1ER GROUPE : ADMIS MENTION TRES BIEN

# RELEVÉ DE NOTES ET RESULTATS

La version 2015 du diplôme I1AN000

Année universitaire : 2015



INE : 0707001126K

MME YAZZOURH SOPHIA

3 rue DOM PLANCHER

31000 TOULOUSE

	Note	Résultat	Sess. ECTS	
ANNEE 1 INSA DE TOULOUSE		ADMIS	2	
1ERE ANNEE		ADMIS	2	
1A INSA S1		ADMIS	2	
Optique géométrique et mécanique du point (Geometric Optics and Point Mechanics)	10,73	B	1	5
Mathématiques 1 (Mathematics 1)	10,25	B	2	5
Chimie et Biotechnologies (Chemistry and Biotechnology)	12,30	B	1	6
Math Algo (Mathematics and Algorithms)		B	2	3
Techniques Industrielles (Industrial Technics)	12,13	B	1	3
Communiquer en langues étrangères - Niveau 1(Language)	12,11	B	1	3
Grandir en autonomie et construire son projet professionnel (Improving one's autonomy and building one's own professional project - level 2)		B	1	5
1A INSA S2		ADMIS	2	
Phénomènes électriques et analyse des circuits (Electrostatics and circuits analysis)	10,06	B	1	7
Mathématiques 2 (Mathematics 2)		B	1	6
Thermodynamique - bases et applications (Thermodynamics - fundamentals and applications)	12,08	B	1	4
Etude de systèmes (Study of Systems)		B	2	6
Communiquer en langues étrangères - Niveau 2(Language)	13,14	B	1	3
Information, gestion et communication (Information, management, communication)	12,74	B	1	4

Résultat : ADMIS

ECTS Acquis : 60

Note : /20, validé si supérieur ou égal à 10/20

Résultat : A+ = Remarquable, A = maîtrisé, B = acquis, C = en cours d'acquisition, D = non acquis

Fait à TOULOUSE le 03/05/2021  
Chloé MAUROY, directrice des études et  
de la formation



Les notes et résultats sont susceptibles d'être modifiés en cas d'erreurs matérielles, de report,  
ou de calcul dûment constaté par le président du jury.  
Nota : Il ne sera pas délivré de duplicata de ce relevé

# RELEVÉ DE NOTES ET RESULTATS

La version 2016 du diplôme I1AN000

Année universitaire : 2016



INE : 0707001126K

MME YAZZOURH SOPHIA

3 rue DOM PLANCHER

31000 TOULOUSE

	Note	Résultat	Sess.	ECTS
ANNEE 2 INSA DE TOULOUSE	12,82	ADMIS AVEC DETTE	2	
2e ANNEE MODELISATION, INFORMATIQUE ET COMMUNICATION	12,82	AJOURNE	2	
SEMESTRE 3 MIC		AJOURNE	2	
2A MIC S3 INSA		AJOURNE	2	
Algèbre et Analyse (Algebra and analysis)	8,50	ADMIS PAR	2	6
Electromagnetisme (Electromagnetism)	0,00	D	2	
Algorithmes et Programmation, Unix (Algorithms and program)	10,00	B	2	4
Systèmes logiques et structure des ordinateurs (Computer science hardware)		B	1	3
Electronique pour les communications (Electronic circuits)	10,17	B	1	4
Company knowledge and communication	12,63	B	1	5
Improving one's autonomy and building one's own professional project - level 2	14,10	B	1	5
MO 2-3 S1(Opening Module 1st semester)	13,30	B	1	0
SEMESTRE 4 MIC	12,82	ADMIS	2	
2A MIC S4 INSA	12,82	ADMIS	2	
Communiquer en langues étrangères 3 (Communicating in Foreign Languages Level 3)	11,69	B	1	5
Systèmes automatiques (Automatic system)		B	1	3
Algorithmes et programmation II (Algorithms and program II)	10,13	B	2	4
Analyse et signal (Analysis and signal proc.)	11,00	B	2	5
Ondes, optique ondulatoire (Waves and optic)		B	1	4
Probabilité et statistiques (statistics and probability)		B	2	3
Improving one's autonomy and building one's own professional project level 2	14,63	B	1	6
MO 2-3 Semestre 2	16,00	ADMIS	1	0

Résultat : ADMIS AVEC DETTE(S)

ECTS Acquis : 57

Note : /20, validé si supérieur ou égal à 10/20

Résultat : A+ = Remarquable, A = maîtrisé, B = acquis, C = en cours d'acquisition, D = non acquis

Fait à TOULOUSE le 03/05/2021  
Chloé MAUROY, directrice des études et de la formation



Les notes et résultats sont susceptibles d'être modifiés en cas d'erreurs matérielles, de report, ou de calcul dûment constaté par le président du jury.  
Nota : Il ne sera pas délivré de duplicata de ce relevé

# RELEVÉ DE NOTES ET RESULTATS

La version 2017 du diplôme I1AN000

Année universitaire : 2017



**MME YAZZOURH SOPHIA**  
3 RUE DOM DE PLANCHER  
21160 MARSANNAY-LA-COTE (FRANCE)

INE : 0707001126K

	Note	Résultat	Sess. ECTS	
<b>ANNEE 3 INSA DE TOULOUSE</b>		ADMIS	1	
<b>3e ANNEE MODELISATION, INFORMATIQUE ET COMMUNICATION</b>				
<b>3A Semestre 5 MIC</b>		ADMIS	1	
<b>SEMESTRE ETRANGER IMPAIR</b>		A+	1	
<b>CREDIT_ECTS IMPAIR</b>		A+	1	
<b>Crédits ECTS 30(ECTS credits 30)</b>		A+	1	0
<b>3A Semestre 6 MIC</b>				
<b>3A MIC ORIENTATION GMM S6</b>	13,96	ADMIS	2	
<b>Mécanique et Matériaux (Mechanics and materials science)</b>	14,00	A	2	3
<b>Introduction à la modélisation numérique(Introduction to PDE based numerical models)</b>	14,50	B	1	3
<b>Calcul matriciel et géométrie(Matrix computation and geometry)</b>	11,50	B	2	3
<b>Projet Modélisation(Modelling project)</b>		B	1	3
<b>Statistiques(Statistics)</b>		B	1	5
<b>Programmation Orientée Objet(Object oriented coding)</b>	10,97	B	2	3
<b>Grandir en autonomie - niveau 3B(Improving one's autonomy and building one's own professional project - level 3)</b>	16,57	A	1	5
<b>Gestion de l'entreprise et business English(Companies in their environments and languages)</b>	11,00	B	1	5
<b>3A MIC ORIENTATION IR S6</b>				

Résultat : ADMIS

ECTS Acquis : 30

Note : /20, validé si supérieur ou égal à 10/20

Résultat : A+ = Remarquable, A = maîtrisé, B = acquis, C = en cours d'acquisition, D = non acquis

Fait à TOULOUSE le 17/06/2019  
Chloé MAUROY, directrice des études et  
de la formation



Les notes et résultats sont susceptibles d'être modifiés en cas d'erreurs matérielles, de report,  
ou de calcul dûment constaté par le président du jury.  
Nota : Il ne sera pas délivré de duplicata de ce relevé

# RELEVÉ DE NOTES ET RESULTATS

La version 2019 du diplôme I5MM000

Année universitaire : 2019



**MME YAZZOURH SOPHIA**  
3 RUE DOM DE PLANCHER  
21160 MARSANNAY-LA-COTE (FRANCE)

INE : 0707001126K

	Note	Résultat	Sess. ECTS	
<b>ANNEE 4 - GMM</b>		ADMIS	2	
<b>4e ANNEE MATHEMATIQUES APPLIQUEES</b>		ADMIS	2	
<b>Semestre 7 4A GMM</b>		ADMIS	2	
<b>4A MM INSA S7</b>		ADMIS	2	
Traitement du signal 1(Computer science)	12,01	B	1	4
Optimisation(Optimisation)	11,73	B	1	4
Qualité Santé et Environnement(Qualité Santé et Environnement)	16,84	A	1	2
Eléments de modélisation statistique(Statistical modeling)		A	2	4
HPC, Calcul matriciel et grands systèmes creux(HPC, Calcul matriciel et grands systèmes creux)	10,84	B	1	4
Improving one's autonomy and building one's own professional project level 2 S7	17,17	A+	1	4
Regroupement Module Ouverture CREDIGE(Opening module CREDIGE)	19,00	ADMIS	1	0
Probabilités avancées : Martingales, algorithmes stochastiques et Monte carlo(Advanced probabilities)	10,30	B	1	4
Développer ses aptitudes managériales (sans LV2 Anglais renforcé)(Improve your management abilities)	10,00	B	1	4
<b>Semestre 8 4A GMM</b>		ADMIS	1	
<b>4A MM ORIENTATION MMS S8</b>		ADMIS	1	
Traitement du Signal II et Optimisation(Optimisation and signal processing)	10,88	B	1	4
Projet Recherche-Innovation(Project Research - Innovation)	16,64	A+	1	8
Séries Temporelles(Time series )	12,93	B	1	3
Exploration et logiciels statistiques	11,00	B	1	4
Processus de poisson et mathématiques pour l'actuariat		B	1	5
Communication dans les organisations sans la LV2(Communication in organisations)	14,46	A	1	6

Résultat : ADMIS

ECTS Acquis : 60

Note : /20, validé si supérieur ou égal à 10/20

Résultat : A+ = Remarquable, A = maîtrisé, B = acquis, C = en cours d'acquisition, D = non acquis

Fait à TOULOUSE le 20/07/2020  
Chloé MAUROY, directrice des études et de la formation



Les notes et résultats sont susceptibles d'être modifiés en cas d'erreurs matérielles, de report, ou de calcul dûment constaté par le président du jury.  
Nota : Il ne sera pas délivré de duplicata de ce relevé



# RELEVÉ DE NOTES ET RESULTATS

Semestre 9 5A GMM

Année universitaire : 2020



INE : 0707001126K

MME YAZZOURH SOPHIA

3 rue DOM PLANCHER

31000 TOULOUSE

	Note	Résultat	Sess. ECTS	
Semestre 9 5A GMM		TEMPORAIRE	1	
5A MM ORIENTATION MMS S9		TEMPORAIRE	1	
High dimensional and deep learning (HDDL)(High Dimensional and Deep Learning)	12,75	B	1	3
Relations humaines et professionnelles, éthique(Human relations)		TEMPORAIRE	1	
Projet 5A + Anglais (Research project, innovation, Engineering English)	15,80	A	1	9
Apprentissage automatique(Machine Learning)	10,75	B	1	3
IA Frameworks (AIF)(IA Frameworks)		B	1	3
Computer experiments and experimental design(Computer experiments and experimental design)	13,30	B	1	3
Fiabilité et durée de vie(Reliability and Lifetime Analysis)		B	1	3

Résultat : TEMPORAIRE

ECTS Acquis : 24

Note : /20, validé si supérieur ou égal à 10/20

Résultat : A+ = Remarquable, A = maîtrisé, B = acquis, C = en cours d'acquisition, D = non acquis

Fait à TOULOUSE le 30/03/2021  
Chloé MAUROY, directrice des études et  
de la formation



Les notes et résultats sont susceptibles d'être modifiés en cas d'erreurs matérielles, de report,  
ou de calcul dûment constaté par le président du jury.  
Nota : Il ne sera pas délivré de duplicata de ce relevé