



Guide pédagogique

Module « Apprentissages Profond et par Renforcement »

Option IASD – 9.6 (4 crédits ECTS)

Le module « Apprentissages Profond et par Renforcement » propose une introduction théorique et pratique à l'apprentissage profond (*Deep Learning*) et à l'apprentissage par renforcement (*Reinforcement Learning*). Les nombreux développements dans ces deux champs d'étude de l'apprentissage automatique ont largement contribué aux multiples succès rencontrés en Intelligence Artificielle depuis le début des années 2010 dans différentes disciplines (Traitement Automatique du Langage Naturel, Traitement d'images, Jeux...). Ils constituent aujourd'hui deux domaines majeurs de l'Intelligence Artificielle ; en constant développement et largement étudiés par le monde académique, ils sont aussi d'importance centrale pour le développement de nouvelles technologies pour l'Industrie. Dans ce contexte, le module propose (i) une introduction aux concepts de l'apprentissage profond et à différentes méthodes permettant sa mise en œuvre. Cette introduction orientée sur les aspects théoriques et méthodologiques est complétée par (ii) une introduction à PyTorch : un outil fréquemment utilisé en pratique en apprentissage profond. Le module propose par la suite (iii) une introduction au paradigme de l'apprentissage par renforcement dans laquelle nous illustrons notamment comment ce type d'apprentissage automatique, couplé à de l'apprentissage profond, permet de développer des systèmes capables de traiter des problèmes de prise de décision séquentielle complexes.

Teaching guide and syllabus

« Deep & Reinforcement Learnings » module

DSAI option – 9.6 (4 ECTS credits)

This module provides a theoretical and practical introduction to Deep & Reinforcement Learnings. The numerous developments of these two Machine Learning fields of study have strongly contributed to the recent success of Artificial Intelligence in numerous domains (Language & Image processing, games). Deep and Reinforcement Learnings are indeed both of major interest in Artificial Intelligence. They are actively studied by academic research and of strong interest for the Industry using it for developing new technologies. In this context, this module offers: (i) an introduction to Deep Learning concepts and techniques, (ii) practical sessions on Deep Learning using PyTorch, as well as (iii) an introduction to the paradigm of Reinforcement learning, by showing how mixed with Deep Learning, it can be used to develop systems able to tackle complex sequential decision problems.

Responsable : Sébastien HARISPE

Téléphone : 04 34 24 62 82

Courriel : sebastien.harispe@mines-ales.fr



IMT Mines Alès
École Mines-Télécom

ENSEIGNEMENTS ACADÉMIQUES	Volume horaire	Détail des coefficients	Crédits
Apprentissages Profond et par Renforcement	50 h	4	4

Matière 1

Titre de la matière : Apprentissages Profond et par Renforcement	
Code : 2IA-iasd-9.6.2	Titre du module : Apprentissages Profond et par Renforcement
Semestre : S9	Cursus de rattachement : département 2IA, option IASD

Heures présentiel	Heures total	Cours	TD/TP	Projet	Contrôles	Travail personnel	Coef /module	ECTS
50h	80h	16h	20h	12h	2h	30h	1	4

résumé	Cet enseignement est composé de deux parties : une initiation à l'Apprentissage profond (<i>Deep Learning</i>) et une initiation à l'Apprentissage par renforcement (<i>Reinforcement Learning</i>). <u>Apprentissage Profond</u> Nous proposons une introduction avancée aux réseaux de neurones artificiels de manière à consolider les notions nécessaires pour aborder le domaine de l'apprentissage. Nous introduisons en particulier des éléments de définition et de contexte, plusieurs approches classiquement distinguées et utilisées dans différents applicatifs (e.g., rappels sur le perceptron multicouche, réseaux récurrents, réseaux convolutifs, mécanismes spécifiques tel que le mécanisme d'attention). Les enjeux et challenges associés au domaine seront aussi discutés. Cette matière propose aussi d'introduire différents aspects relatifs à la mise en œuvre pratique de l'apprentissage profond. Nous proposons pour cela une introduction à PyTorch : un outil fréquemment utilisé en pratique en apprentissage profond. <u>Apprentissage par Renforcement</u> Nous introduisons le paradigme de l'apprentissage par renforcement qui est utilisé en Intelligence Artificielle pour aborder la résolution de nombreux problèmes de décision séquentielle. Nous présentons en particulier les fondamentaux de l'apprentissage par renforcement, ainsi que des illustrations de mise en œuvre pratique.
---------------	--

Responsable	Sébastien HARISPE – EuroMov DHM / IMT Mines Alès
Équipe enseignante	Patrice GUYOT – EuroMov DHM / IMT Mines Alès Sébastien HARISPE – EuroMov DHM / IMT Mines Alès Doctorants et éventuellement externes pour l'encadrement des travaux dirigés/pratiques.

Mots-clés	Apprentissage Profond, Apprentissage par renforcement, PyTorch
Prérequis	Introduction à l'apprentissage automatique (2IA-8.3), Advanced Machine Learning (2IA-9.2), Python

Contexte et objectif général :

L'apprentissage profond est aujourd'hui très populaire et en phase de déploiement, voire déployé, dans de nombreuses entreprises pour répondre à des challenges de champs disciplinaires variés. Dans ce contexte, un Ingénieur ayant une spécialité en Intelligence Artificielle doit connaître les approches d'apprentissage profond. Il doit aussi savoir les mettre en œuvre. Un des objectifs principaux de cette matière est de vous amener à exprimer pleinement cette compétence, afin que vous soyez capables d'exploiter les approches variées offertes par l'apprentissage profond pour résoudre des problématiques industrielles.

L'apprentissage par renforcement est un domaine très actif en apprentissage automatique. Les nombreux développements dans ce domaine ont par exemple permis la résolution de plusieurs problèmes complexes difficiles à aborder de manière satisfaisante avec d'autres méthodes, e.g., premiers programmes capables de battre des joueurs professionnels au jeu de Go ou à Starcraft II (jeux de planification/stratégie complexes). L'apprentissage par renforcement propose par conséquent un paradigme intéressant pour la résolution de problèmes industriels complexes. Cette matière propose d'introduire le domaine, certaines considérations théoriques associées, différentes méthodes proposées, mais aussi d'illustrer la mise en œuvre pratique de l'apprentissage par renforcement au travers d'exemples concrets.

Programme et contenu :

Le programme est décomposé en deux parties.

Apprentissage profond

Cette partie se concentre sur différents aspects relatifs à l'apprentissage profond et à sa mise en œuvre pratique.

Nous présenterons en particulier :

- Quelques rappels rapides sur les réseaux de neurones (MLP).
- Différentes architectures importantes de l'apprentissage profond (réseaux récurrents, convolutifs).
- Des mécanismes et notions spécifiques au domaine (mécanisme d'attention, *fine tuning*...).
- Le cadre de développement PyTorch [1], et les outils associés.
- Les grandes étapes de la mise en œuvre pratique des méthodes d'apprentissage profond – choix de l'architecture, des hyperparamètres, entraînement, validation...
- Différents exemples concrets de mise en œuvre pratiques sur plusieurs types de données (textes, images...).

Apprentissage par renforcement

Cette partie se concentre sur différents aspects relatifs à l'apprentissage par renforcement.

Nous présenterons en particulier :

- Le positionnement du paradigme par rapport aux paradigmes classiques (apprentissage supervisé et non supervisé), et des exemples d'utilisation.
- Les formulations classiques des problèmes d'apprentissage par renforcement à l'aide de processus de décision markoviens.
- Un exemple détaillé de mise en œuvre pratique dans le cadre de la résolution de problèmes spécifiques.
- Un exemple de mise en œuvre pratique en Python.

[1] <https://pytorch.org/>

Méthode et organisation pédagogique :

Le découpage des heures de la matière est prévu comme suit :

Apprentissage profond (30h) :

- 10h de cours distribuées dans les différentes séances,
- 12h de travaux pratiques,
- 8h dédiées au projet

Apprentissage par renforcement (18h) :

- 6h de cours distribuées dans les différentes séances,
- 8h de travaux pratiques,
- 4h dédiées au projet

Évaluation

- 2h d'examen écrit.

Acquis d'apprentissage visés :

Apprentissage profond

Savoir (i) définir l'apprentissage profond, (ii) proposer des exemples d'applicatifs, (iii) connaître des modélisations et considérations techniques associées, (iv) savoir mettre en œuvre les concepts pour la résolution de problèmes multiples (traitement d'images, de textes...).

Apprentissage par renforcement

Savoir (i) définir l'apprentissage par renforcement et le situer en tant que paradigme important de l'apprentissage automatique, (ii) proposer des exemples d'applicatifs, (iii) connaître des modélisations et considérations techniques associées, (iv) savoir mettre en œuvre les concepts pour la résolution de problèmes simples.

Évaluation :

- Une évaluation papier réalisée de manière individuelle (coef. 1).
- Un projet Apprentissage Profond (coef. 2).

- Un projet Apprentissage par renforcement. (coef. 1).

Les projets seront réalisés en groupe et initiés en classe. Leur évaluation portera sur les différents éléments de rendu : rapport, éléments techniques (e.g. code) et éventuellement une soutenance.

Retour sur l'évaluation faite à l'élève : Notes et remarques générales. Délai de correction : 3 semaines.

Support pédagogique et références : Présentations utilisées en cours et notebooks Jupyter.

Méthode et organisation pédagogique

Il s'agit d'un enseignement relativement classique avec une partie réalisée en cours magistral et une partie appliquée au travers de travaux dirigés, de travaux pratiques, et d'un projet

Modalité d'évaluation

Le niveau d'acquisition des compétences sera évalué selon les exigences suivantes :

N° indicateur	Indicateur
1	Connaître les savoirs formels et pratiques du socle des fondamentaux
2	Exploiter les savoirs théoriques et pratiques
3	Analyser, interpréter, modéliser, émettre des hypothèses, et résoudre

Répartition

Notez que des ajustements peuvent être effectués de manière à s'adapter au mieux aux promotions concernées et aux conditions d'enseignements.

Matière	Contrôle	Coefficients	Type de notation	Indicateurs évalués	Chapitres
L'Apprentissage Profond et par renforcement	Devoir sur table	1	Individuelle	1, 2, 3	Tous
	Projet Deep Learning	2	Groupe	1, 2, 3	
	Projet Reinforcement Learning	1	Groupe	1, 2, 3	

Dans chacune des matières du module, une évaluation non prévue à l'emploi du temps (contrôles surprise) peut advenir.

Engagement de l'étudiant, éthique et professionnalisme

La démarche éthique est définie dans le règlement intérieur de l'établissement. Chaque étudiant s'engage à en prendre connaissance et à la respecter.

Obligation des cours : présence obligatoire pour tous à chaque séance.

Nombre d'heures estimées de travail personnel : pour acquérir les compétences demandées, il est nécessaire que l'étudiant consacre un minimum de 1 à 2h de travail personnel de compréhension et d'approfondissement par séance de cours. Un travail personnel sur les projets est attendu pour atteindre les objectifs fixés.

Nombre d'heures estimées de préparation aux travaux dirigés (TD) : 1 à 2h.

Pénalité pour retard : tout travail remis en retard sans motif valable peut être pénalisé de 3 points par jour de retard (la notation est effectuée sur 20).

Équipe enseignante

Nom	Domaine d'expertise	Courriel/Téléphone
Patrice GUYOT	Intelligence Artificielle, Traitement du Signal Son et Parole, Apprentissage Automatique	patrice.guyot@mines-ales.fr 04 66 78 62 49
Sébastien HARISPE	Intelligence Artificielle, Représentation des connaissances, Apprentissage Automatique	sebastien.harispe@mines-ales.fr 04 34 24 62 82

ACADEMIC TEACHINGS	Teaching hours	Coefficients	Credits
Deep and Reinforcement Learnings	50 h		
○ Advanced introduction to Artificial Neural Networks	14	1	4
○ Deep Learning in Action	20	2	
○ Introduction to Reinforcement Learning	16	1	

Course 1

Title: Advanced Introduction to Artificial Neural Networks	
Code: 2IA-iasd-9.6.1	Title of the module: Deep and Reinforcement Learnings
Semester: S9	Associated Cursus: 2IA Department, DSAI option

Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
14h	30h	4h	4h	4h	2h	16h	1	1

Summary	This course offers an advanced introduction to Artificial Neural Networks required for studying Deep Learning. It introduces in particular (i) elements of context and important definitions, (ii) the main approaches used in numerous practical applications (e.g., multilayer perceptron, recurrent networks), as well as (iii) the issues and challenges related to this domain of study.
----------------	---

Head	Anne JOHANNET – LGEI ¹ /IMT Mines Alès
Teaching Team	Anne JOHANNET – LGEI/IMT Mines Alès Other teachers and teaching assistants could also be involved depending on the projects studied in the course.

Keywords	Artificial Neural Networks, Deep Learning
Prerequisites	Introduction to Machine Learning (2IA-8.3), Advanced Machine Learning (2IA-9.2).

Context and general objective: This course offers a general overview of Artificial Neural Networks (ANN) from an historical and technical point of view. Advanced notions about ANNs are introduced ² - they will further be required to introduce Deep Learning. Theoretical aspects and practical details about several methods commonly used developing ANNs are then presented (e.g., multilayer perceptron, recurrent neural networks).
Content: This course will focus on: - Foundations of Artificial Neural Networks, - Various practical illustrations, - Academic and Industrial challenges and perspectives, - Practicing.
Pedagogical Organization: The course will be organized as follows: - 4h of lectures, - 4h of seminar/labs, - 4h of project, - 2h written exam.
Expected learned knowledge: To be able to: precisely define what neural networks are; provide historical elements about their development; position; present perspectives and challenges offered to the domain.
Evaluation: 1 mark for Labs/Project (coef 0.25), 1 mark for oral presentations (coef 0.25), 1 mark for a written exam (coef 1.5).
Feedback to students: mark and general remarks; feedback time limit: 3 weeks after the exam.
Teaching material and references: Lecture slides.

¹ Laboratoire de Génie de l'Environnement.² Neural networks are already introduced to students in the course "Advanced Machine Learning".

Course 2

Title: Deep Learning in Action	
Code: 2IA-iasd-9.6.2	Title of the module: Deep and Reinforcement Learnings
Semester: S9	Associated Cursus: 2IA Department, DSAI option

Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
20h	40h	5h	10h	4h	1h	20h	2	2

Summary	This course aims at introducing several aspects related to the use of Deep Learning in practice. PyTorch, a framework commonly used in Deep Learning, is introduced and used in this course.
----------------	--

Head	Sébastien HARISPE – LGI2P-I3A ³ /IMT Mines Alès
Teaching Team	Sébastien HARISPE – LGI2P-I3A /IMT Mines Alès Patrice GUYOT – LGI2P-I3A /IMT Mines Alès Other teachers and teaching assistants could also be involved depending on the projects studied in the course.

Keywords	Deep Learning, PyTorch
Prerequisites	Introduction to Machine Learning (2IA-8.3), Advanced Machine Learning (2IA-9.2), Introduction to Deep Learning, Python

Context and general objective:

Deep Learning is today very popular and used by numerous companies to solve complex problems in multiple domains. In this context, an engineer with advanced skills in Artificial Intelligence has to know how to take advantage of Deep Learning in practice. The aim of this course is to give you knowledge and practical sessions for you to develop such skills.

Content:

The course will focus on several aspects related to the practical use of Deep Learning using PyTorch [1]: a tool commonly used for implementing Deep Learning techniques.

We will in particular introduce:

- PyTorch as a framework, and associated tools – alternative solutions will also be mentioned.
- The main steps for developing Deep Learning in practice (architecture choices, hyperparameters, learning, validation...).
- Various concrete examples of Deep Learning in practice.

[1] <https://pytorch.org/>

Methods and pedagogic organisation:

The course will be organized as follows:

- 5h of lectures,
- 10h labs,
- 4h dedicated to the final project,
- 1h written exam.

Targeted skills or knowledge:

To be able to use Deep Learning to tackle (simple) concrete problems that can be solved using this technology.

Evaluation:

The evaluation will be based on:

- An individual evaluation (written exam, coef. 0.25).
- A project initiated during labs. The evaluation will be based on: a report, technical data (e.g. source code) and, eventually, a presentation (group evaluation, coef 0.75).

Feedback to students: mark and general remarks; exam copies within three weeks.

Teaching material and references: Lecture slides, reference textbooks and Jupyter notebook.

³ Laboratoire de Génie Informatique et d'Ingénierie de Production (Computer Science lab), Team computer science, images and artificial intelligence.

Course 3

Title: Introduction to Reinforcement Learning	
Code: 2IA-iasd-9.6.3	Title of the module: Deep and Reinforcement Learnings
Semester: S9	Classification: 2IA Department, DSAI option

Hours of presence	Total hours	Lectures	Workshop Labs	Project	Testing	Personal work	Coef /module	ECTS
16h	30h	3h	8h	4h	1h	15h	1	1

Summary	This course is an introduction to the paradigm of Reinforcement Learning used to solve numerous problems in Artificial Intelligence. It offers an overview of the main introductory concepts and presents several practical examples.
----------------	---

Head	Sébastien HARISPE – LGI2P-I3A /IMT Mines Alès
Teaching Team	Sébastien HARISPE – LGI2P-I3A /IMT Mines Alès Other teachers and teaching assistants could also be involved depending on the projects studied in the course.

Keywords	Reinforcement Learning, Deep Learning.
Prerequisites:	Introduction to Machine Learning (2IA-8.3), Advanced Machine Learning (2IA-9.2), Introduction to Deep Learning, Python, PyTorch.

Context and general objective:

Reinforcement Learning is a vibrant domain of Machine Learning. The numerous recent developments in this domain have led to developing techniques able to solve unsolvable complex problems, e.g. first software programs able to win the best players at Go or Starcraft II (planning and strategy games). Reinforcement Learning therefore offers an interesting paradigm to be studied for solving complex problem faced by the Industry. The aim of this course is to introduce the domain, specific theoretical aspects, various approaches, as well as concrete practical examples.

Content:

The course focuses on several aspects of Reinforcement Learning.

It will present:

- The positioning of this paradigm with regard to the other machine learning paradigms classically studied (supervised, unsupervised learning),
- Classical modeling using Markov Decision Processes,
- A detailed example of use for solving concrete and specific problems,
- A practical example in Python.

Methods and pedagogic organisation:

The course will be organized as follows:

- 3h of lectures,
- 8h of seminar/labs,
- 4h of project,
- 1h written exam

Targeted skills or knowledge:

After this course, students must be able to: (i) to define reinforcement learning, and to position this paradigm in Machine Learning; (ii) to present application examples; (iii) to know examples of modeling and associated technical aspects; (iv) to solve simple practical examples using Reinforcement Learning.

Evaluation:

The evaluation will be based on:

- A written exam (individual evaluation, coef. 0.25).
- A project initiated during labs. The evaluation will be based on: a report, technical data (e.g. source code) and, eventually, a presentation (group evaluation, coef 0.75).

Feedback to students: mark and general remarks; exam copies within three weeks

Teaching material and references: lecture slides, Jupyter notebook.

Method and teaching organisation

Teachings will consist of lectures, seminars and labs. The course “Advanced Introduction to Artificial Neural Networks” will invite the students to prepare part of the content that will be studied during the course.

Testing procedures

The student's level of knowledge acquisition will be evaluated according to the following points:

N° Indicator	Indicator
1	To know the formal and practical knowledge constituting the foundation of a given field
2	Exploit theoretical and practical knowledge
3	Analyse, interpret, model, hypothesize and solve problems

Grading scheme:

Note that modifications may be made to better adapt to the year group and teaching conditions.

Class	Exam	Coefficients	Administration mode	Evaluated Indicators	Chapters
Advanced introduction to Artificial Neural Networks	Exam Project Presentation	1.5 0.25 0.25	Individual Group Group	1, 2, 3 1, 2, 3 1, 2, 3	all
Deep Learning in Action	Exam Project	0.25 0.75	Individual Group	1, 3 1, 2, 3	all
Introduction to Reinforcement learning	Exam Project	0.25 0.75	Individual Group	1, 3 1, 2, 3	all

In each course of this module, an unscheduled assessment may occur.

Student commitments, ethics and professionalism

Expectations concerning ethics are defined in the establishment's code of conduct. Each student is expected to know and respect the code of conduct.

Obligatory presence in classes: Students must attend all courses, seminars and labs.

Estimated hours of personal study: in order to acquire the required learning level, the student is expected to spend a minimum of 2h of personal study time per hour spent in class.

Estimated hours of preparation required for labs: 1 to 2 hours

Late penalties: Late works are subject to penalties as follows: 3 points per day (ratings are between 0 and 20).

Teaching team

Name	Expertise	Email/Phone
Patrice GUYOT	Artificial Intelligence, Speech and sound signal processing, Machine Learning	patrice.guyot@mines-ales.fr (+33) 466 78 62 49
Anne JOHANNET	Artificial Intelligence, Machine Learning, Neural Networks	anne.johannet@mines-ales.fr (+33) 466 78 53 49
Sébastien HARISPE	Artificial Intelligence, Knowledge Representation, Machine Learning	sebastien.harispe@mines-ales.fr (+33) 434 24 62 82

Approbation

Ce guide pédagogique entre en vigueur à compter du 07 janvier 2019

Il est porté à la connaissance des élèves par une publication sur A COMPLETER

Rédaction	Vérification	Validation
L'enseignant responsable du module : Sébastien HARISPE	Le responsable d'UE / de département : Sylvie RANWEZ	Le directeur de l'école, Pour le directeur et par délégation, Le directeur de la DFA / de la DE : Michel FERLUT