

Apprentissage par renforcement



Niveau d'étude
BAC +5



Composante
École Nationale
Supérieure des
Ingénieurs en
Arts Chimiques



Volume horaire
12h

En bref

> **Code:** LS1YZ4X0

> **Ouvert aux étudiants en échange:** Oui

Présentation

Objectifs

Ce cours vise à introduire les concepts, algorithmes et applications de l'apprentissage par renforcement (Reinforcement Learning - RL), une branche clé de l'intelligence artificielle. À l'issue de ce module, les étudiants seront capables de :

- Comprendre les bases théoriques du RL, incluant les processus de décision markoviens (MDP).
- Implémenter et analyser les principaux algorithmes de RL.
- Intégrer des concepts de RL dans le cadre d'une usine digitale, notamment pour l'automatisation et l'optimisation des systèmes industriels.
- Concevoir des simulations et des prototypes démontrant l'usage du RL dans des environnements de production.

Description

Ce cours d'**apprentissage par renforcement (RL)**, intégré à l'UE "**Maîtriser et développer l'usine digitale**", a pour objectif de former les étudiants à l'utilisation de l'intelligence artificielle pour résoudre des problèmes d'optimisation et de prise de décision dans un environnement industriel. L'apprentissage par renforcement est une méthode d'IA qui permet à un système d'**apprendre par essais et erreurs** pour atteindre un objectif, en s'appuyant sur des concepts tels que les **récompenses**, les **états**, et les **actions**. Ce cours introduit ces concepts, les algorithmes de base (comme le Q-learning) et leurs applications industrielles :

- Gestion des flux.
- Optimisation énergétique.
- Maintenance prédictive.

Conçu comme un prolongement naturel des compétences acquises en première et en deuxième année, ce cours met l'accent sur la **pratique** (codage en Python, simulations avec OpenAI Gym) pour permettre aux étudiants de relier les quelques aspects théoriques à des cas vus dans les cours en Génie industriel.

Avec un volume de **10h40**, il combine des séances théoriques, des démonstrations et un projet final où les étudiants développeront un algorithme et rédigeront un rapport technique. Ce projet mettra en avant leur capacité à utiliser le RL pour résoudre des problématiques industrielles réelles.

Pré-requis obligatoires

Pour suivre ce cours, les étudiants doivent maîtriser les bases suivantes :

Mathématiques et Modélisation

1. Probabilités et statistiques : comprendre les concepts de probabilités conditionnelles et d'espérances.
 2. Algèbre linéaire : manipulation des matrices et vecteurs, nécessaires pour les calculs dans les algorithmes de RL.
- Optimisation : notions de base sur les problèmes d'optimisation.

Programmation

- • • Compétences en **Python** : savoir manipuler des bibliothèques scientifiques comme NumPy, Matplotlib et Pandas.
- Familiarité avec les bibliothèques de machine learning : introduction à TensorFlow, PyTorch ou scikit-learn (niveau débutant).

Notions en Intelligence artificielle

- Connaissances de base en apprentissage supervisé et non supervisé : être capable de différencier les grandes approches de l'IA.
- Compréhension des concepts fondamentaux de la data science et de la gestion des données.

Connaissances en Génie Industriel

- Compréhension des processus industriels et des systèmes de production.
- Expérience avec des outils de modélisation et simulation industrielle (par exemple, AnyLogic, Arena).

Contrôle des connaissances

Le contrôle des connaissances

Pour ce cours, l'évaluation repose sur un **rendu final** qui comprendra deux composantes principales :

Code source (50%)

- Les étudiants doivent développer un programme fonctionnel mettant en œuvre un ou plusieurs algorithmes d'apprentissage par renforcement (par exemple, Q-learning, Deep Q-Learning).

- Le code devra être annoté, clair, et capable de démontrer l'application à une problématique liée à l'usine digitale (par exemple, gestion des flux, optimisation énergétique, ...).
- Des outils tels que Python avec les bibliothèques OpenAI Gym, TensorFlow ou PyTorch devront être utilisés.

Rapport technique (50%)

- Un rapport d'environ **20 pages**, structuré comme suit :
- **Introduction** : Présentation du sujet traité, problématique industrielle ciblée, et objectifs.
- **Démarche méthodologique** : Description des étapes de développement, choix des algorithmes, et mise en œuvre technique.
- **Résultats** : Analyse des performances du modèle, graphiques et résultats obtenus (par exemple, convergence des récompenses, efficacité des actions).
- **Discussion** : Limites du modèle, perspectives d'amélioration, et possibles applications à grande échelle dans une usine digitale.
- **Conclusion** : Résumé des contributions et des apprentissages du projet.
- **Annexes** : Inclure le code source et toute documentation complémentaire.

Syllabus

Contenus du cours et répartition horaire

1. Introduction à l'apprentissage par renforcement (30 min)

- Rappel : comparaison entre apprentissage supervisé, non supervisé et par renforcement.
- Terminologie clé : agents, états, actions, récompenses, politiques, fonctions de valeur.

2. Théorie de base et modèles mathématiques (40min)

- Processus de décision markovien (MDP).
- Notions de récompense immédiate et cumulée.
- Fonction de valeur et fonction Q.

3. Méthodes d'apprentissage par renforcement (50min)

- Apprentissage par essai-erreur : exploration vs exploitation.
- Algorithmes classiques : Q-learning,
- Deep Q-Learning (DQN).

5. Atelier pratique en Python (8h40)

- Introduction à des bibliothèques courantes (OpenAI Gym, TensorFlow/PyTorch).
- Implémentation d'un algorithme Q-Learning sur un jeu et un exemple industriel simplifié.
- Travail en groupe : conception d'un projet sur une thématique laissée au choix simulant une application RL.

Méthodes pédagogiques

Cours magistraux : Introduction des concepts théoriques.

Démonstrations et études de cas : Exploration des applications industrielles.

Travaux pratiques : Mise en œuvre des algorithmes et des simulations.

Bibliographie indicative

- Sutton, R. S., & Barto, A. G. (2018). *Reinforcement Learning: An Introduction*. MIT Press.
- François-Lavet, V., et al. (2018). *An Introduction to Deep Reinforcement Learning*. Foundations and Trends in Machine Learning.
- Documentations

- Site officiel OpenAI Gym : [🔗 https://www.gymnasium.dev](https://www.gymnasium.dev)
- Articles scientifiques d'application industriel avec le code : reproduction des résultats avec modifications des contraintes.

Infos pratiques