

S.A.101 DEEP LEARNING

1. Données sur l'unité d'enseignement / module

Faculté	Informatique, Ordinateurs et Microélectronique				
Chaire / département	Informatique et Ingénierie des Systèmes				
Cycle d'études	Études supérieures de licence, cycle I				
Programme d'études	0612.3 Science des données				
Année d'études	Semestre	Type d'évaluation	Catégorie formative	Catégorie d'optionnalité	Crédits ECTS
III (enseignement à temps plein)	5	E	Unité de cours de spécialité (S)	Unité de cours obligatoire (O)	5

2. Temps total estimé

Total d'heures dans le plan d'enseignement	Dont				
	Heures en présentiel		Travail individuel		
	Cours	Travaux pratiques / Travaux de laboratoire	Projet annuel	Étude du matériel théorique	Préparation des applications
150	30	30 / 15	-	75	75

3. Prérequis

Selon le plan d'enseignement	Programmation des ordinateurs, Mathématiques discrètes, Structures de données et algorithmes, Probabilités et statistiques appliquées, Traitement de l'information, Programmation interactive, Machine Learning.
Selon les compétences	Connaissances et aptitudes en conception et développement d'algorithmes et de programmes en C/C++ et/ou Python.

4. Conditions d'enseignement

Cours	Tableau, projecteur, ordinateur, accès à else.fcim.md
Travaux pratiques et laboratoires	Les étudiants doivent rédiger des rapports conformément aux instructions méthodologiques. Le délai de soumission des travaux de laboratoire est de deux semaines après leur achèvement. Tout retard entraîne une pénalité de 1 point/semaine.

5. Compétences acquises

Compétences professionnelles	CP2. Conception et développement d'applications (B.1) K1 Programmes/modules logiciels appropriés. K2 Composants matériels, outils et architectures matérielles. K3 Conception fonctionnelle et technique. K4 Technologies de pointe. K5 Langages de programmation. K6 Bases de données (DBMS). K7 Systèmes d'exploitation et plateformes logicielles. K8 Environnement de développement intégré (IDE - integrated development environment). K9 Développement rapide d'applications. K10 Problèmes liés aux droits de propriété intellectuelle (IPR). K11 Technologie de modélisation technique et langages. K12 Langages de définition d'interface (IDL).
------------------------------	---

	<p>K13 Problèmes de sécurité. CP3. Intégration des composants (B.2) K1 Composants/modules matériels/logiciels, qu'ils soient anciens, existants ou nouveaux. K2 L'impact de l'intégration d'un système sur l'organisation ou le système existant. K3 Techniques d'interfaçage entre les modules, systèmes et composants. K4 Techniques de test d'intégration. K5 Outils de développement (par exemple, environnement de développement, gestion, contrôle des modifications et accès au code source). K6 Bonnes pratiques de conception. CP6. Gestion de l'information et des connaissances (D.10) K1 Méthodes d'analyse de l'information et des processus métier. K2 Dispositifs et outils informatiques applicables pour le stockage et la récupération des données. K3 Défis liés à la taille des masses de données (Big Data). K4 Défis liés aux données non structurées (par exemple, Data Analytics). CP8. Marketing digital (D.12) K1 Stratégies de marketing. K2 Technologies web. K3 Moteurs de recherche de marketing. K4 Optimisation des moteurs de recherche. K5 Marketing lié aux outils mobiles (par exemple, Pay Per Click). K6 Marketing sur les médias sociaux. K7 Marketing par e-mail. K8 Marketing display. K9 Problèmes/exigences légales.</p>
compétences transversales	CT1. Application, dans le respect de la législation, des droits de propriété intellectuelle (y compris le transfert technologique), de la méthodologie de certification des produits, des principes, normes et valeurs du code de déontologie professionnelle dans le cadre de sa propre stratégie de travail rigoureuse, efficace et responsable.
	CT2. Identification des rôles et des responsabilités au sein d'une équipe et application de techniques de relation et de travail efficace au sein de l'équipe.
	CT3. Identification des opportunités de formation continue et valorisation efficace des ressources et des techniques d'apprentissage pour son propre développement.

6. Les objectifs de la discipline/du module

L'objectif général	Le développement des compétences nécessaires pour comprendre, concevoir et implémenter des modèles d'apprentissage profond applicables dans divers domaines, y compris la reconnaissance d'images, le traitement du langage naturel et l'analyse de données complexes.
Les objectifs spécifiques	<p><input type="checkbox"/> La familiarisation des étudiants avec les fondements théoriques et les architectures de base des réseaux neuronaux profonds (e.g., feedforward, convolutionnels, récurrents).</p> <p>Le développement de la capacité à appliquer des techniques de prétraitement et d'optimisation des données afin d'améliorer la performance des modèles d'apprentissage profond.</p> <p>La formation à l'utilisation de cadres et d'outils logiciels spécifiques (e.g., TensorFlow, PyTorch) pour concevoir et entraîner des modèles complexes.</p> <p>L'intégration des connaissances sur la régularisation et l'ajustement des</p>

	<p>hyperparamètres afin de prévenir le surapprentissage et d'optimiser les résultats. Le développement de la capacité à analyser la performance des modèles en utilisant des indicateurs spécifiques et à interpréter les résultats obtenus. La promotion de la capacité à résoudre des problèmes réels en utilisant des techniques d'apprentissage profond à travers la réalisation de projets applicatifs.</p>
--	--

7. Contenu du module

Thématique des activités pédagogiques	Nombre d'heures	
	enseignement en présentiel	enseignement à distance
Thématique des conférences		
T1. Introduction au Deep Learning. Historique et contexte. Différences entre l'apprentissage automatique et l'apprentissage profond. Applications pratiques du deep learning.	5	
T2. Les bases des réseaux neuronaux artificiels. Les composants d'un réseau neuronal : neurones, fonctions d'activation, couches. L'algorithme de propagation avant et arrière (Forward et Backpropagation). Le rôle et les méthodes d'optimisation.	4	
T3. Architectures fondamentales en Deep Learning. Réseaux entièrement connectés (Fully Connected Networks). Algorithmes d'apprentissage et fonctions de perte.	4	
T4. Optimisation et réglage des hyperparamètres. Optimiseurs (SGD, Adam, RMSProp). Le rôle du taux d'apprentissage, du nombre d'époques, de la taille du batch. Stratégies de réglage des hyperparamètres.	4	
T5. Réseaux neuronaux convolutifs (CNN). Principes de fonctionnement : convolutions, pooling, couches entièrement connectées. Applications : reconnaissance d'images, classification et segmentation d'objets.	4	
T6. Réseaux neuronaux récurrents (RNN) et dérivés. Les bases des RNN : mémoire et séquences. Variantes avancées : LSTM, GRU. Applications : traduction automatique, analyse des séries temporelles.	4	
T7. Regularisation et prévention du surapprentissage. Techniques de régularisation : dropout, weight decay, batch normalization. Stratégies d'augmentation des données.	4	
T8. Techniques avancées en Deep Learning. Transfer learning. Apprentissage semi-supervisé et auto-supervisé. Réseaux antagonistes génératifs (GANs).	4	
T9. Traitement du langage naturel avec Deep Learning. Réseaux neuronaux pour le NLP : Word2Vec, Transformers, BERT. Applications : analyse des sentiments, génération de texte.	6	
T10. Développement de projets appliqués avec Deep Learning. Implémentation de projets en TensorFlow et PyTorch. Évaluation et interprétation des modèles. Études de cas : applications réelles du deep learning dans l'industrie.	6	
Total des conférences:	45	

Thématique des travaux pratiques

LP1 Introduction pratique au développement de modèles de deep learning. Configuration de l'environnement de travail pour le deep learning (Python, TensorFlow, PyTorch). Implémentation d'un réseau neuronal simple en utilisant des données de base (par exemple, MNIST).	2	
LP2 Exercices pratiques avec des réseaux neuronaux entièrement connectés.	2	

Création et entraînement d'un modèle fully connected pour la classification. Analyse de l'influence des fonctions d'activation sur la performance du modèle.		
LP3 Optimisation des modèles et réglage des hyperparamètres. Test des différents algorithmes d'optimisation (SGD, Adam, RMSProp). Exploration de l'effet des hyperparamètres (taux d'apprentissage, taille du batch).	2	
LP4 Conception et implémentation de réseaux neuronaux convolutifs (CNN). Construction d'un modèle CNN pour la reconnaissance d'images. Comparaison des résultats en utilisant des techniques d'augmentation des données.	2	
LP5 Travail avec des réseaux neuronaux récurrents (RNN, LSTM, GRU). Création d'un modèle RNN pour l'analyse des séries temporelles. Implémentation d'un modèle LSTM pour la classification des séquences.	2	
LP6 Évaluation des performances des modèles de deep learning. Utilisation des méthodes d'évaluation (précision, recall, F1-score). Visualisation et interprétation de la matrice de confusion.	2	
LP7 Développement d'un projet applicatif de A à Z. Création d'un pipeline complet : prétraitement des données, construction et entraînement du modèle, évaluation des performances. Implémentation d'un cas réel, tel que la reconnaissance d'images, l'analyse de texte ou la prédiction des séries temporelles.	3	
Total des travaux pratiques:	15	

Thématique des travaux de laboratoire		
LL1 Construction d'un réseau neuronal simple pour la classification.	4	
LL2 Entraînement et optimisation d'un modèle CNN pour les images.	4	
LL3 Modélisation des séquences temporelles avec des réseaux récurrents (RNN, LSTM).	4	
LL4 Transfer Learning dans la reconnaissance d'images.	4	
LL5 Traitement du langage naturel avec des modèles de type Transformer.	4	
LL6 Réalisation d'un projet applicatif d'intégration et entraînement d'un GAN (Generative Adversarial Network).	10	
Total des travaux de laboratoire:	30	

8. Références bibliographiques

Principale	<ol style="list-style-type: none"> 1. Maxime Labonne, Hands-On Graph Neural Networks using Python: Practical techniques and architectures for building powerful graph and deep learning apps with PyTorch, 2023 2. François Chollet. Deep Learning with Python, Second Edition, 2021. https://livebook.manning.com/book/deep-learning-with-python-second-edition 3. Jake VanderPlas. Python Data Science Handbook: Essential Tools for Working with Data, O'Reilly Media 1 edition 2016 4. Dr Subba Rao Polamuri, Makhan Kumbhkar, Dr. D. Arul Pon Daniel, Introduction to Deep Learning, 2022, https://www.researchgate.net/publication/360400321_Introduction_to_Deep_Learning 5. Ian Goodfellow, Yoshua Bengio, Aaron Courville, Deep Learning (Adaptive Computation and Machine Learning series), 2016, http://alvarestech.com/temp/deep/Deep%20Learning%20by%20Ian%20Goodfellow,%20Yoshua%20Bengio,%20Aaron%20Courville%20(z-lib.org).pdf 6. Understanding Deep Learning, GitHub, https://udlbook.github.io/udlbook/ 7. Chi Wang, Donald Szeto , Designing Deep Learning Systems: A software engineer's guide, 2023 8. Mordecai Ben-Ari. Mathematical Logic for Computer Science, Springer-Verlag London 2012
------------	--

	<ol style="list-style-type: none"> 9. T. Hastie R. Tibshirani J. Friedman. The Elements of Statistical Learning: Data Mining, Inference, and Prediction, Springer Second Edition, 2009 10. Neuronal dynamics from single neurons to networks and models of cognition wulfram gerstner werner m. Kistler richard naud liam paninski 11. Dopamine Neurons Mediate Learning and Forgetting through Bidirectional Modulation of a Memory Trace, Jacob A. Berry, Anna Phan, Ronald L. Davis. 12. Импульсная нейронная сеть на основе модели «ключ-порог», Andrey Gavrilov 13. Методы Обучения Импульсных Нейронных Сетей, Andrey Gavrilov
Compléments taires	<ol style="list-style-type: none"> 1. I. H. Witten Eibe Frank M. Hall C. Pal. Data Mining: Practical Machine Learning Tools and Techniques, Morgan Kaufmann; 4 edition (December 1, 2016) 2. Jason Brownlee. Basic of Linear Algebra for Machine Learning. Discover the Mathematical Language of Data in Python, e-book 2018, github resource 3. Jason Brownlee. Master Machine Learning Algorithms Discover How They Work and Implement Them From Scratch, e-book 2018, github resource

9. Utilisation de l'IA générative

Autorisation d'utilisation	<p>L'utilisation de l'IA générative dans les devoirs et projets est autorisée, à condition que les étudiants respectent les règles suivantes :</p> <ul style="list-style-type: none"> • L'IA générative peut être utilisée pour générer des idées, des structures de texte ou du code, mais tous les matériaux générés doivent être révisés et ajustés par l'étudiant afin de garantir qu'ils répondent aux exigences académiques. • Toute utilisation de l'IA générative doit être déclarée dans la section appendice de chaque travail, en utilisant la phrase suivante : "Lors de la préparation de ce travail, l'auteur a utilisé [NOM DE L'OUTIL / SERVICE] dans le but de [RAISON]. Après avoir utilisé cet outil/service, l'auteur a révisé et édité le contenu comme nécessaire et assume l'entière responsabilité du contenu du travail."
Restrictions d'utilisation	<p>Les étudiants ne doivent pas considérer l'IA générative comme une source fiable d'informations, car elle ne fournit pas de références claires ou de sources documentées.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Il n'est pas permis de citer directement le contenu généré par l'IA dans les travaux académiques comme si c'était une source primaire. • Les activités dans lesquelles l'utilisation de l'IA générative est interdite sont spécifiées par le professeur et incluent généralement les évaluations intermédiaires et finales ou celles qui ne impliquent pas des activités de développement de compétences professionnelles.

10. Évaluation

Mode d'enseignement	Périodique		Continue	Travail individuel	Examen final
	Atestarea 1	Atestarea 2			
Avec présence	15%	15%	15%	15%	40%
Niveau minimum de performance					
La présence et l'activité aux cours magistraux et aux travaux pratiques Obtenir la note minimale de "5" à chaque évaluation et travaux pratiques					