

Pourquoi cette UE ?

Les algorithmes d'apprentissage profond sont au cœur des systèmes intelligents modernes. Pour répondre aux exigences de l'IA industrielle, il est essentiel de maîtriser les architectures avancées et les modèles foundation. Cela inclut la capacité à entraîner des modèles efficaces avec peu de données, en combinant fine-tuning, augmentation, régularisation et intégration de connaissances a priori. L'interprétabilité est également cruciale pour expliquer les prédictions et renforcer la confiance. Ces compétences permettent de concevoir des systèmes robustes, fiables et adaptés au réel.

Éléments constitutifs de l'UE

		coefficient
2IAiasd_10_1deep-1 Architectures modernes et paradigmes avancés d'entraînement		3
2IAiasd_10_1deep-2 LLMs avancés : fine-tuning, adaptation et ingénierie du prompt		1
2IAiasd_10_1deep-3 Apprentissage profond pour données séquentielles, audio et neuromorphiques		1
Volume d'heures d'enseignement encadré	Volume d'heures de travail personnel	Nombre d'ECTS
50	32	3

Alignement curriculaire

Parmi les compétences visées par la formation, lesquelles sont développées dans cette UE ?



2IAiasd_10_1deep Apprentissage profond avancé	FIG
2IAiasd_10_1deep-1 Architectures modernes et paradigmes avancés d'entraînement	S10

Contexte et enjeux de l'enseignement

L'apprentissage profond évolue rapidement avec l'émergence de nouvelles architectures telles que les Transformers, les réseaux de neurones graphiques (GNNs), les réseaux implicites, les modèles de diffusion et les modèles foundation préentraînés à grande échelle. Ces avancées ouvrent de nouvelles perspectives pour le traitement du langage, la vision par ordinateur, la génération de données et la modélisation de phénomènes complexes. Toutefois, ces modèles soulèvent de nouveaux défis : comment les entraîner efficacement, les interpréter de manière fiable, et les déployer dans des environnements réels tout en garantissant robustesse, efficacité et transparence. Ces enjeux sont d'autant plus critiques dans les domaines où les données sont rares, bruitées ou coûteuses à collecter, et où l'intégration de connaissances a priori, humaines ou physiques, devient indispensable. Cette ECUE vise à former des ingénieurs capables de concevoir, entraîner, interpréter et déployer des modèles d'apprentissage profond adaptés aux défis contemporains de l'industrie, dans une démarche rigoureuse, éthique et tournée vers des applications concrètes.

Prise en compte des dimensions socio-environnementales

ODD9 - Industrie, innovation et infrastructure

Prérequis

Bases solides en Python, mathématiques pour l'IA : algèbre linéaire, dérivées partielles, probabilités et statistiques, connaissance solide en apprentissage automatique et apprentissage profond.

Modalités d'enseignement et d'évaluation

	Nb d'heures
Cours	12
Cours intégré (cours + TD)	
TD	4
TP	16
Projets	8
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	2
Travail personnel	20

Objectifs pédagogiques

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

- Analyser et implémenter des architectures avancées, y compris des modèles foundation, selon les besoins d'une tâche.
- Concevoir un pipeline d'entraînement robuste, en appliquant les bonnes pratiques (augmentation, schedulers, régularisation, tuning).
- Appliquer des techniques d'explicabilité pour interpréter les prédictions de modèles profonds.
- Mettre en œuvre des approches adaptées à la donnée rare via transfert, compression et apprentissage à partir de connaissances a priori.

Activités

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc.)

Cours magistraux. Travaux dirigés. Travaux pratiques. Projet

Évaluations et retours faits aux élèves

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

- Évaluation individuelle : examen écrit (coef 0.4)
- Projet en groupe : l'évaluation porte sur plusieurs éléments: le rapport, les aspects techniques (code source), ranking final et éventuellement une soutenance (coef 0.6)

2IAiasd_10_1deep Apprentissage profond avancé	FIG
2IAiasd_10_1deep-1 Architectures modernes et paradigmes avancés d'entraînement	S10

Plan de cours

- Architectures modernes et modèles foundation (ViT, GNN, réseaux implicites (INR), modèles de diffusion (DDPM, DiT), CLIP, SAM, DINO).
- Stratégies d'entraînement avancées : augmentation de données, régularisation, schedulers, tuning d'hyperparamètres, reproductibilité, versioning.
- Interprétabilité et analyse : visualisation des activations et embeddings, interprétation des décisions, détection de biais dans les données ou les modèles.
- Données limitées et IA frugale : supervision faible, apprentissage auto-supervisé et contrastif, compression de modèles.
- Deep learning et physique : PINNs (Physics-Informed Neural Networks), intégration de contraintes physiques dans les modèles.
- Projet

Ressources et références

Des diapositives de cours, des notebooks , des ressources en ligne.

2IAiasd_10_1deep Apprentissage profond avancé	FIG
2IAiasd_10_1deep-2 LLMs avancés : fine-tuning, adaptation et ingénierie du prompt	S10

Contexte et enjeux de l'enseignement

Les modèles de langage de grande taille (LLMs) révolutionnent les interfaces intelligentes, mais leur déploiement effectif dans des environnements métiers exige souvent des ajustements ciblés. Plutôt que de recourir systématiquement au fine-tuning coûteux, des techniques plus légères comme le prompt engineering avancé ou l'adaptation paramétrique offrent des solutions puissantes, flexibles et peu coûteuses. Ce module propose d'explorer ces méthodes de manière approfondie et appliquée. Le contenu de cette ECUE correspond aux 8 premières heures de l'ECUE du même nom dans l'UE Traitement Automatique du Langage et de la Parole. Cette dernière couvre en complément les notions de RAG et d'IA basée sur les agents.

Prise en compte des dimensions socio-environnementales

ODD9 - Industrie, innovation et infrastructure

Prérequis

Apprentissage Profond

Modalités d'enseignement et d'évaluation

	Nb d'heures
Cours	3
Cours intégré (cours + TD)	
TD	2
TP	3
Projets	
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	
Travail personnel	12

Objectifs pédagogiques

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

À l’issue du module, l’étudiant sera capable d’adapter un LLM à un cas d’usage par fine-tuning léger ou prompt engineering, en choisissant des stratégies efficaces et évaluables selon les contraintes métier et techniques.

Activités

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc.)

- Cours magistraux (CM) : concepts, méthodes d’adaptation, comparaison des approches
- Travaux dirigés (TD) : analyse de prompts, optimisation contextuelle, étude de cas réels
- Travaux pratiques (TP) : expérimentation de prompts et fine-tuning léger sur des modèles open source (Hugging Face)

Évaluations et retours faits aux élèves

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

- Évaluation sommative :

- Mini-étude de cas (50 %) : adaptation d’un modèle par prompt ou fine-tuning léger

- QCM final (50 %) sur les concepts abordés en cours
- Évaluation formative :

- Correction commentée des prompts produits en TD

- Feedback individualisé lors des TP

2IAiasd_10_1deep Apprentissage profond avancé	FIG
2IAiasd_10_1deep-2 LLMs avancés : fine-tuning, adaptation et ingénierie du prompt	S10

Plan de cours

Séance 1 (CM) – Panorama des techniques d’adaptation des LLMs

- Limites des modèles généralistes
- Fine-tuning complet vs. LoRA, adapters, prompt tuning
- Coût, efficacité, risques (biais, hallucinations)

Séance 2 (CM + TD) – Stratégies de prompt engineering avancées

- Prompt direct, instruction-based, zero-shot, few-shot
- Chaînage de prompts (chain-of-thought)
- Optimisation manuelle et automatique (prompt injection, templates dynamiques)
- TD : analyse comparative de prompts sur différentes tâches

Séance 3 (TP) – Pratique du prompt engineering et fine-tuning léger

- Utilisation de modèles open source via Hugging Face
- Comparaison entre résultats obtenus par prompt tuning et LoRA
- Mini-projet: Spécialisation d'un LLM par fine-tuning et adaptation efficace sur un cas d'étude (en autonomie)

Ressources et références

Daniel Jurafsky and James H. Martin. 2024. Speech and Language Processing: An Introduction to Natural Language Processing, Computational Linguistics, and Speech Recognition with Language Models, 3rd edition. Online manuscript released August 20, 2024. <https://web.stanford.edu/~jurafsky/slp3>.

2IAiasd_10_1deep Apprentissage profond avancé	FIG
2IAiasd_10_1deep-3 Apprentissage profond pour données séquentielles, audio et neuromorphiques	S10

Contexte et enjeux de l'enseignement

Prise en compte des dimensions socio-environnementales

Prérequis

Modalités d'enseignement et d'évaluation

	Nb d'heures
Cours	
Cours intégré (cours + TD)	
TD	
TP	
Projets	
Travail en autonomie encadré	
Contrôles et soutenances	
Travail personnel	

Objectifs pédagogiques

(à la fin de cet enseignement, l'étudiant sera capable de ...)

Deprecated: htmlspecialchars(): Passing null to parameter #1 (\$string) of type string is deprecated in C:\Developpement\syllabus\public_html\views\syllabus_template.php on line 258

Activités

(CM, TD, TP, projet, sortie terrain, etc.)

Deprecated: htmlspecialchars(): Passing null to parameter #1 (\$string) of type string is deprecated in C:\Developpement\syllabus\public_html\views\syllabus_template.php on line 261

Évaluations et retours faits aux élèves

(évaluations qui comptent pour la note ou qui permettent à l'étudiant de se situer, corrigés, feedback personnalisé...)

Deprecated: htmlspecialchars(): Passing null to parameter #1 (\$string) of type string is deprecated in C:\Developpement\syllabus\public_html\views\syllabus_template.php on line 264

2IAiasd_10_1deep Apprentissage profond avancé	FIG
2IAiasd_10_1deep-3 Apprentissage profond pour données séquentielles, audio et neuromorphiques	S10

Plan de cours

Deprecated: htmlspecialchars(): Passing null to parameter #1 (\$string) of type string is deprecated in C:\Developpement\syllabus\public_html\views\syllabus_template.php on line 292

Ressources et références

Deprecated: htmlspecialchars(): Passing null to parameter #1 (\$string) of type string is deprecated in C:\Developpement\syllabus\public_html\views\syllabus_template.php on line 297