
**PROGRAMME INGÉNIEUR,
SPÉCIALITÉ SYSTÈMES
EMBARQUÉS**

2025-2026

3e année

RESPONSABLE DU PROGRAMME

Olivier Henri ROUX



PROGRAMME INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS - 3e année

3e année

UE	Crédits UE	Type de cours	Acronyme	Libellé cours
UE300	22	Tronc commun	SEC3_ENT	Travail en entreprise
		Tronc commun	SEC3_PFE	Projet de fin D'études
UE301	3	Tronc commun	SEC3_SSAT	Sciences Sociales Appliquées au Travail
UE302	5	Tronc commun	SEC3_DD	Développement durable
		Tronc commun	SEC3_DPI	Droit et propriété intellectuelle
		Tronc commun	SEC3_IT	Innovation technologique
UE303	6	Tronc commun	SEC3_GL	Genie logiciel (MDD, Agile, Intégration continue)
		Tronc commun	SEC3_ISC	Ingénierie de systèmes complexes
		Tronc commun	SEC3_SIE	Stratégie d'implémentation embarquée
UE304	8	Tronc commun	SEC3_AIM	Architectures Internes des Micro-contrôleurs
		Tronc commun	SEC3_AMC	Architectures multi-cœurs
		Tronc commun	SEC3_GPU	GPU
UE305	6	Tronc commun	SEC3_CONF	Conférences industrielles
		Tronc commun	SEC3_IA	Intelligence Artificielle
		Tronc commun	SEC3_VF	Vérification formelle
UE306	6	Tronc commun	SEC3_PW	Programmation Web
		Tronc commun	SEC3_RLP	IoT et Réseaux Low Power
		Tronc commun	SEC3_RUST	Programmation RUST
UE307	4	Tronc commun	SEC3_ROS	Robotique (ROS)
		Tronc commun	SEC3_VPO	Vision par ordinateur

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE300

Travail en entreprise [SEC3_ENT]

Responsable(s) du cours : Olivier Henri ROUX

Objectifs

Formation en alternance : Périodes en entreprise.
Réalisation du PFE

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

La partie entreprise permet aux étudiants de participer à des projets responsables, de comprendre les enjeux de performance durable des organisations et de contribuer à des solutions qui intègrent efficacité économique, responsabilité sociale et préservation de l'environnement.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE300

Projet de fin D'études [SEC3_PFE]

Responsable(s) du cours : Olivier Henri ROUX

Objectifs

Mission PFE confié à l'apprenti qui doit traiter 4 angles :

- technique et scientifique
- travail humain
- organisationnel
- économique.

Plan de l'enseignement

Mission en entreprise
Rapport
Soutenance

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Le PFE permet aux étudiants de participer à des projets responsables, de comprendre les enjeux de performance durable des organisations et de contribuer à des solutions qui intègrent efficacité économique, responsabilité sociale et préservation de l'environnement.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	6 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE301

Sciences Sociales Appliquées au Travail [SEC3_SSAT]

Responsable(s) du cours : Fabien THOMAS / Olivier Henri ROUX

Pré-requis

- Maîtriser la synthèse de documents
- Maîtriser l'écrit argumenté
- Maîtriser la langue française

Objectifs

Année 3 : Exploiter des données collectées dans le cadre d'une démarche de recherche

Approfondir la connaissance des pratiques managériales
Rendre compte d'une démarche de questionnement

- L'acquisition d'une démarche rationnelle de questionnement dans le cadre d'une pratique liée au travail humain.
- L'acquisition d'une méthodologie de recueil de données adaptée à ce questionnement.
- Faire la jonction entre pratique et théorie à partir de l'expérience professionnelle des élèves ingénieurs en apprentissage
- Questionner les organisations de travail
- Développer une capacité d'étonnement liée aux pratiques professionnelles
- Construire une démarche de recherche
- Mettre en œuvre une démarche de recherche
- Analyser une situation professionnelle

Plan de l'enseignement

Pratique de l'écrit A3
Management interculturel
Mener un entretien
Système d'Information (SI) et travail
Vision macro-économique
Bientraitance et travail
Soutenir un projet
Soutenances de micro-mémoire en Sciences Sociales Appliquées au Travail

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	0 hrs	0 hrs	56 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE302

Développement durable [SEC3_DD]

Responsable(s) du cours : Emmanuel ROZIÈRE

Objectifs

Comprendre les notions de responsabilité collective et de développement durable
Découvrir des outils et méthodologies pour la transition écologique et sociétale dans le contexte des entreprises et des organisations : analyse de cycle de vie, bilan carbone, responsabilité sociétale

Plan de l'enseignement

Climat : mécanismes, enjeux et responsabilité collective
Transition énergétique : principes et scénarios
Analyse de cycle de vie (ACV)
Responsabilité sociétale des entreprises
Bilan carbone : principes, méthodologie et mise en pratique dans le contexte de l'entreprise

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

GIEC : 6ème rapport d'évaluation sur le changement climatique, 2021-2023, ipcc.ch
Philippe Bihoux, L'Âge des low-tech : Vers une civilisation techniquement soutenable, Paris, Seuil, coll. « Anthropocène », 2014, 336 p.
André Sobczak, Responsabilité globale – Manager le développement durable et la responsabilité sociétale des entreprises, avril 1911, Ed. Vuibert, 234 p.

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Bonne santé et bien-être
Consommation et production responsables
Énergie propre et d'un coût abordable
Industrie, innovation et infrastructures
Lutte contre les changements climatiques
Travail décent et croissance économique
Vie aquatique
Vie terrestre
Villes et communautés durables

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

cf. plan du plan du cours Enjeux environnementaux et action pour le climat : principe de la responsabilité collective (professionnelle) et outils pour l'ingénieur : - bilan carbone (en lien avec la gestion et la stratégie d'une organisation) - analyse du cycle de vie : quantification des impacts environnementaux d'un produit ou d'un service sur l'ensemble de son cycle de vie.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	16 hrs	8 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE302

Droit et propriété intellectuelle [SEC3_DPI]

Responsable(s) du cours : Morgan MAGNIN

Pré-requis

Pas de pré-requis

Objectifs

En termes de connaissances : connaître les principaux cadres législatifs liés à la propriété intellectuelle dans le domaine du logiciel

En termes de compétences :

- Identifier l'impact de la réglementation sur la conception et la mise en oeuvre pratique d'un logiciel
- Comprendre les compatibilités entre licences logicielles
- Savoir protéger les documents et le code produits

Plan de l'enseignement

- Droit d'auteur
- Droit des créations numériques
- Licences logicielles
- Droit du traitement de l'information
- Questions diverses et actualités
- Etudes de cas

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- Support de cours disponible sur Hippocampus
- Textes de loi : <http://www.legifrance.gouv.fr>
- Site de la CNIL : <http://www.cnil.fr>
- Nodal - Actualité du droit et des enjeux de la société numérique, collectif, revue trimestrielle
- Le droit de savoir : Un ensemble de ressources numériques librement accessibles sur le droit d'auteur par Evelyne Moreau <https://ledroitdesavoir.imt-atlantique.fr>

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
Industrie, innovation et infrastructures
Paix et justice
Travail décent et croissance économique

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Le cours de Droit et propriété intellectuelle forme aux différents enjeux légaux liés à l'informatique dans le domaine professionnel à travers des cours et la mise en pratique sur des cas d'étude.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	10 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE302

Innovation technologique [SEC3_IT]

Responsable(s) du cours : Guy CAVEROT / Olivier Henri ROUX

Objectifs

Apporter des connaissances et savoir-faire dans le domaine de l'innovation afin de permettre aux étudiants d'élaborer des projets collaboratifs d'innovation aux frontières de l'industrie et de la recherche.

Plan de l'enseignement

- Apport de connaissances théoriques en sciences de gestion sur le thème de l'open innovation, des capacités dynamiques des entreprises et organisations et sur les rôles des agents relationnels de l'innovation.
- Description d'une vingtaine de projets d'innovation dans différents domaines (industrie, logistique, santé, robotique, art, portuaire, industrie navale, mathématiques...) en identifiant les déterminants au développement de produits.
- Travaux dirigés par groupe de 4 étudiants pour construire et présenter un projet d'innovation

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Chesbrough - open innovation
Thomas Allen - technological gatekeeper
Guy Caverot - applied open innovation project

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours permet aux étudiants de développer des projets collaboratifs d'innovation en intégrant des pratiques responsables, favorisant des solutions durables qui répondent aux enjeux sociaux, économiques et environnementaux.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	10 hrs	10 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE303

Genie logiciel (MDD, Agile, Integration continue) [SEC3_GL]

Responsable(s) du cours : Pierre-Emmanuel HLADIK

Objectifs

Les pratiques agiles permettent de se rapprocher, à chaque cycle (ou Sprint), de l'objectif d'un projet. La méthode Agile, plutôt que Planifier la totalité d'un projet, recommande de se fixer des objectifs à court terme. Le projet est donc divisé en plusieurs sous-projets. Une fois l'objectif atteint, on passe au suivant, et ce jusqu'à l'accomplissement de l'objectif final.

L'intégration continue représente une composante essentielle dans un environnement agile. Elle regroupe un ensemble de pratiques visant à accélérer le développement d'une application en fournissant à chaque sprint d'intégration un produit exploitable tout en garantissant la qualité du code.

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours contribue à une approche responsable et durable du développement logiciel en promouvant des pratiques agiles et d'intégration continue favorisant la qualité du code, la réduction des défauts et la maîtrise des coûts de maintenance. En encourageant des cycles courts, des livraisons incrémentales et une amélioration continue, il participe à la conception de logiciels pérennes, évolutifs et mieux adaptés aux besoins réels, limitant ainsi le gaspillage de ressources humaines et techniques.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	10 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE303

Ingénierie de systèmes complexes [SEC3_ISC]

Responsable(s) du cours : Pierre-Emmanuel HLADIK

Objectifs

L'enseignement a pour but de confronter les étudiants aux problématiques liés à l'intégration des systèmes et à leur validation par des tests. Cet enseignement aborde aussi bien les techniques de tests unitaires et d'intégration que les outils et méthodes mises en œuvre pour faire l'intégration. A cela s'ajoute la problématique du prototypage rapide, en particulier en prenant en compte les aspects matériels et leur impact sur le système et son implémentation.

Plan de l'enseignement

L'enseignement est divisé en trois parties :

- Acquisition des connaissances liées aux méthodes d'intégration et de test
- Méthodes de prototypage avec prise en considération du matériel
- Mise en pratique de ces différents aspects sur un projet concret

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité
Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours contribue à une ingénierie durable et responsable en mettant l'accent sur l'intégration maîtrisée des systèmes, la validation par les tests et le prototypage raisonné. En favorisant des pratiques de test rigoureuses et une intégration progressive, il participe à la réduction des défauts, des itérations inutiles et du gaspillage de ressources, notamment matérielles. Il sensibilise également aux impacts environnementaux des choix d'architecture et de prototypage, en encourageant des solutions robustes, fiables et pérennes.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	6 hrs	0 hrs	36 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE303

Stratégie d'implémentation embarquée [SEC3_SIE]

Responsable(s) du cours : Mikael BRIDAY

Objectifs

Cet enseignement a pour objectif d'agréger les différentes notions vues pendant les 3 ans sur un projet concret, en abordant la complexité liée à la mise en œuvre des différents éléments.

Plan de l'enseignement

À partir d'un problème réel dont l'étude à été réalisée durant le cours d'Ingénierie des systèmes complexes

- développement
- validation: tests unitaires et test d'intégration
- recette finale.

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
Éducation de qualité
Énergie propre et d'un coût abordable
Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce projet place les étudiants dans une démarche d'ingénierie responsable à partir d'un problème réel, en intégrant des pratiques de développement, de validation et de test favorisant la fiabilité, la maintenabilité et la pérennité des systèmes. Il souligne le rôle de l'ingénieur dans la conception de solutions robustes, adaptées aux contraintes techniques et sociétales.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	6 hrs	0 hrs	36 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE304

Architectures Internes des Micro-contrôleurs [SEC3_AIM]

Responsable(s) du cours : Mikael BRIDAY

Objectifs

Le cours d'AIM aborde le fonctionnement interne du cœur d'un processeur. Le cours est décomposé en trois parties:

- la première concerne le modèle de programmation bas niveau, en utilisant le langage d'assemblage, pour comprendre les instructions basiques implémentées dans le matériel.
- la seconde traite du fonctionnement de la hiérarchie mémoire, avec l'étude du fonctionnement interne des mémoires caches.
- la dernière concerne l'implémentation matérielle des instructions, et le moyen de les accélérer: pipeline, prédiction de branchement, ...

Les TP abordent la hiérarchie mémoire, et la simulation du comportement interne d'un processeur de type RISC-V.

Plan de l'enseignement

- fonctionnement d'un cœur
- assembleur
- hiérarchie mémoire
- du source C au matériel
- pipeline
- prédiction de branchement.

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Computer Architecture - A quantitative approach. 5th edition. Hennessy & Patterson
 RISC-V - 50 years of computer architecture - David Patterson 2017
 RISC-V specification - <https://riscv.org/>

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
 Éducation de qualité
 Énergie propre et d'un coût abordable
 Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours met en évidence l'impact des choix d'architecture matérielle et logicielle sur les performances et la consommation énergétique des systèmes numériques. Il sensibilise les étudiants aux compromis entre complexité, efficacité et sobriété des architectures de calcul, et à la responsabilité de l'ingénieur dans la conception de systèmes de calcul performants, durables et adaptés aux contraintes sociétales actuelles.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	14 hrs	0 hrs	20 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE304

Architectures multi-coeurs [SEC3_AMC]

Responsable(s) du cours : Jean-Luc BECHENNEC

Objectifs

Le cours porte sur l'architecture et la programmation des processeurs multicœurs embarqués.

Plan de l'enseignement

Architecture

- Bus / réseaux d'interconnexion
- Architecture mémoire
- Mécanismes de cohérence des caches
- Mécanismes d'exclusion mutuelle
- Routage des interruptions

Programmation

- Synchronisation
- Communication
- Ordonnancement : Partitionné vs global
- Interférences et anomalies temporelles
- Exemple d'AUTOSAR OS version multicœur

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	8 hrs	20 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE304

GPU [SEC3_GPU]

Responsable(s) du cours : Pierre-Emmanuel HLADIK

Objectifs

À la fin de cet enseignement, les étudiants connaîtront et sauront appliquer les principes de la programmation sur processeurs graphiques (GPU) pour accélérer et optimiser des calculs. Ils seront capable d'implémenter des algorithmes parallèles en prenant en considération la localité de la mémoire et des données ainsi que les spécificités matérielles du flot de contrôle sur les GPU. La partie pratique permettra aux étudiants d'implémenter, de valider et d'évaluer les algorithmes classiques de la programmation parallèle afin d'en optimiser les performances.

Plan de l'enseignement

Le cours sera décomposé en quatre grandes parties :

1. Généralités sur la programmation sur GPU : — programmation concurrente vs parallèle — principe et architecture des GPU
2. Opérateurs, mémoires et structurations des données : — allocation des données et flot de contrôle — types de mémoire et localité des données — opérations atomiques et synchronisation
3. Etude de patterns d'algorithme pour la programmation parallèles
4. Mise en oeuvre de leurs connaissance sur l'optimisation d'un calcul de réseau de neurones

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

- Programming massively parallel processors : a hands-on approach (3rd Edition), David Kirk et Wen-mei W. Hwu, Morgan Kaufmann, 2017
- CUDA par l'exemple : une introduction à la programmation parallèle de GPU, Jason Sanders et Edward Kandrot, Pearson, 2011
- Nvidia Online training <https://developer.nvidia.com/cuda-education>

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
Éducation de qualité
Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours sensibilise aux enjeux du numérique responsable en mettant en évidence l'impact énergétique du calcul intensif et l'intérêt des architectures parallèles pour améliorer l'efficacité des traitements. Il contribue à la formation d'ingénieurs capables de concevoir des logiciels performants, fiables et sobres en ressources, en intégrant les contraintes de concurrence et de sûreté des systèmes.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.4)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.6)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	14 hrs	0 hrs	16 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE305

Conférences industrielles [SEC3_CONF]

Responsable(s) du cours : Mikael BRIDAY

Objectifs

Présentations d'acteurs des systèmes embarqués: technologies innovantes, fabrication, recyclage, cycle de vie, développement durable, ...

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
Éducation de qualité
Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Présentations d'acteurs des systèmes embarqués: technologies innovantes, fabrication, recyclage, cycle de vie, développement durable, ...

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	8 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE305

Intelligence Artificielle [SEC3_IA]

Responsable(s) du cours : Didier LIME

Objectifs

L'objectif principal de ce cours est de présenter un panorama assez large de notions et d'algorithmes dédiés à l'intelligence artificielle, incluant sans s'y restreindre l'apprentissage statistique.

À la fin de ce cours, les étudiants et étudiantes auront acquis des notions théoriques mais également les auront (en partie) appliquées en pratique en programmant les principaux algorithmes et en les utilisant pour résoudre des problèmes simples.

Plan de l'enseignement

Le cours contient deux grandes parties :

1. recherche de stratégies
 - environnement déterministe totalement observé : recherche de chemins : DFS, BFS, A
 - environnement non-déterministe et partiellement observé
 - environnement probabiliste : processus de décision Markoviens et apprentissage par renforcement
 - présence d'autres agents : jeux
2. apprentissage
 - modèles linéaires
 - réseaux de neurones

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Stuart Russell and Peter Norvig. Artificial. Intelligence: A Modern Approach. Pearson; 3e édition (1 décembre 2009)

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures
Travail décent et croissance économique

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

L'intelligence artificielle, au sens large, est partout dans le monde d'aujourd'hui. Elle donne des outils d'optimisation pour des domaines extrêmement variés.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	20 hrs	28 hrs	0 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE305

Verification formelle [SEC3_VF]

Responsable(s) du cours : Olivier Henri ROUX

Objectifs

Les systèmes critiques sont soumis à de nombreuses contraintes parce qu'ils sont en interaction étroite avec des procédés dangereux ou interviennent dans des processus de décisions impactant des vies humaines. Le développement de tels systèmes doit offrir des garanties de bon fonctionnement et de bon rétablissement en cas de défaillance d'une partie interne ou d'un environnement non prévu. Les modèles et méthodes formelles permettent de garantir des propriétés de sûreté de fonctionnement et ainsi d'augmenter le degré de confiance en ces systèmes,

Certains systèmes embarqués par exemple dans l'avionique, l'automobile ou les éoliennes sont particulièrement critiques et avec de fortes contraintes temps réel. D'autres sont soumis à des contraintes énergétiques car alimentés par des batteries ou des super-condensateurs rechargés de manière intermittente par des panneaux photovoltaïques.

Ce cours a pour but de présenter les modèles et méthodes de vérifications formelles allant de modèles discrets (graphes, automates finis) à des modèles permettant de prendre en compte le temps, des paramètres et des variables de coût permettant la modélisation de la consommation d'énergie.

Plan de l'enseignement

- Modèles discrets
- Modèles temporisés, paramétrés et à coût
- Verification, Synthèse de paramètres, Synthèses de stratégies

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Bouyer, P., Fahrenberg, U., Larsen, K. G., Markey, N., Ouaknine, J., & Worrell, J. (2018). Model Checking Real-Time Systems. In Handbook of Model Checking (pp. 1001-1046). Springer Publishing Company. https://doi.org/10.1007/978-3-319-10575-8_29

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
Énergie propre et d'un coût abordable

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours contribue au développement durable en apportant des méthodes de modélisation et de vérification permettant de concevoir des systèmes critiques à la fois sûrs, fiables et économes en énergie. Les techniques de vérification formelle permettent de garantir le bon fonctionnement de systèmes utilisés dans des domaines sensibles tels que les énergies renouvelables (éoliennes), les transports ou l'avionique, où les défaillances peuvent avoir des conséquences humaines, environnementales et économiques majeures. L'intégration de modèles prenant en compte le temps, les coûts et la consommation énergétique permet également d'optimiser des systèmes embarqués contraints en énergie, alimentés par des

batteries, des super-condensateurs ou des sources renouvelables intermittentes comme le photovoltaïque. En renforçant la sûreté, la robustesse et l'efficacité énergétique de ces systèmes, ce cours participe au développement de technologies durables, résilientes et respectueuses de l'environnement.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	22 hrs	20 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE306

Programmation Web [SEC3_PW]

Responsable(s) du cours : Olivier Henri ROUX

Objectifs

L'objectif de ce cours est d'être capable d'appliquer les fondamentaux de la programmation web dans le cadre d'un projet

Après une introduction sur le fonctionnement du web (HTTP, HTML, CSS, JavaScript), nous introduirons le framework angular pour illustrer les grands principes du développement frontend.

Plan de l'enseignement

Le cours s'articule de la manière suivante :

- Introduction au WEB
- Notions d'HTML, de JavaScript et de CSS
- Présentation et installation de Node.JS
- Présentation d'un Framework JavaScript de programmation Web de haut niveau : REACT ou ANGULAR 13

Les principes de la programmation web sont illustrés au travers d'un projet de création d'une application WEB complète développée dans la dernière version de REACT.

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours permet de développer des compétences en programmation web permettant de concevoir des applications performantes et optimisées, favorisant une utilisation efficace des ressources numériques et contribuant à des solutions logicielles durables et responsables.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	18 hrs	14 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE306

IoT et Reseaux Low Power [SEC3_RLP]

Responsable(s) du cours : Pierre-Emmanuel HLADIK

Objectifs

Cet enseignement a pour objectif de fournir une compréhension et maîtrise des différentes technologies sans fil utilisées pour communiquer dans les systèmes embarqués. La consommation d'énergie de ces systèmes sera aussi largement abordée afin de l'évaluer et d'en comprendre les enjeux pour ces systèmes. Une partie pratique permettra de tester et mettre en œuvre ces technologies.

Plan de l'enseignement

L'enseignement se fera en trois parties :

- Une première présentera les différentes technologies NFC, Bluetooth Low Energy, LoRa et LoRaWan en s'attachant à leur caractéristiques énergétiques.
- Une seconde se fera sous la forme d'activités pratiques pour tester et évaluer les différentes technologies.
- Une troisième sera un bureau d'étude pendant lequel les étudiants devront intégrer les différentes technologies afin de réaliser une application de type IoT

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Consommation et production responsables
Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours s'inscrit pleinement dans une démarche de sobriété numérique en abordant les technologies de communication embarquées et sans fil à faible consommation énergétique, adaptées aux objets connectés contraints. Il sensibilise les étudiants aux enjeux de réduction de l'empreinte énergétique, de pérennité des systèmes et de choix technologiques low-tech, en mettant en perspective les architectures IoT durables, économes en ressources et adaptées à des usages de long terme.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	10 hrs	4 hrs	8 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE306

Programmation RUST [SEC3_RUST]

Responsable(s) du cours : Pierre-Emmanuel HLADIK

Objectifs

Introduction au langage Rust et à ses principes de programmation sûre et performante. Le cours aborde la gestion de la mémoire sans ramasse-miettes (ownership, borrowing), la gestion des erreurs et les bases de la concurrence sûre. Les étudiants mettent en pratique ces concepts à travers des travaux pratiques visant le développement de logiciels robustes, fiables et maintenables.

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours s'inscrit dans une démarche de développement logiciel durable et responsable en mettant l'accent sur la sûreté mémoire, la fiabilité et la robustesse garanties dès la compilation. En favorisant la conception de logiciels pérennes, efficaces et maintenables, le langage Rust contribue à la réduction des défaillances, des coûts de maintenance et de l'empreinte globale du cycle de vie des logiciels, tout en soutenant le développement de systèmes à fort impact sociétal.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	8 hrs	8 hrs	0 hrs	0 hrs	0 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE307

Robotique (ROS) [SEC3_ROS]

Responsable(s) du cours : Gaëtan GARCIA

Objectifs

L'objectif du cours est de familiariser les étudiants avec le middleware ROS (Robot Operating System). Il en présente les grands principes, qui sont ensuite illustrés par des travaux pratiques.

Plan de l'enseignement

Présentation générale de ROS:

- ° Abstraction hardware, messages entre processus, communication peer-to-peer, modularité, indépendance vis-à-vis du langage de programmation
- ° Noeuds, topics et messages, publier/s'abonner, graphe d'une application
- ° Fichiers de démarrage (launch files), redirections.
- ° Fichiers de description de messages
- ° Ecriture d'un "subscriber" et d'un "publisher", erreurs fréquentes
- ° Organisation de l'espace de travail (workspace) catkin, packages
- ° Services: clients et serveurs.
- ° Le package tf, les "tf_listener"
- ° Les aides (ROS helpers).

Travaux pratiques

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

Documentation ROS en ligne: <https://docs.ros.org/>
Diapos du cours et sujets de TP.

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Industrie, innovation et infrastructures
Travail décent et croissance économique

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Le middleware ROS (Robot Operating System) est un élément fondamental du développement rapide de nouveaux prototypes robotiques (en un sens très large) dans l'industrie. A ce titre, il est devenu essentiel dans l'innovation, dans de nombreux domaines, qui vont au-delà de la robotique. A ce titre, son enseignement contribue à l'accélération des innovations industrielles et, via les produits qui en découlent, à l'amélioration des conditions de travail, de la sécurité des robots et des véhicules à délégation de conduite.

Évaluation

Évaluation collective : EVC 1 (coefficient 0.5)

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 0.5)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	6 hrs	0 hrs	26 hrs	0 hrs	2 hrs

INGÉNIEUR, SPÉCIALITÉ SYSTÈMES EMBARQUÉS

3e année - UE307

Vision par ordinateur [SEC3_VPO]

Responsable(s) du cours : Myriam SERVIÈRES

Objectifs

Ce cours illustre les principes mathématiques qui permettent aux ordinateurs d'extraire des informations des images : segmentation d'images, détection d'objets, calcul de la pose de la caméra, assemblage d'images, etc. Afin de mettre en pratique ces principes, le cours sera basé sur l'utilisation de la bibliothèque OpenCV et comprendra de nombreux exercices pratiques allant du traitement d'image simple à l'analyse vidéo et à la création de panoramiques.

Plan de l'enseignement

4h CM Traitement d'images
 4h TP traitement d'images
 4h TP sur OpenCV (prise en main et premiers traitements)
 2h CM calibration et le suivi de la caméra
 4h TP calibration de la caméra
 2h CM détection et mise en correspondance des caractéristiques
 4h TP création de panoramiques
 4h TP détection de véhicule

Bibliographie sur laquelle s'appuie le cours

<https://opencv.org>
<https://www.robots.ox.ac.uk/~vgg/hzbook/>

Objectifs de Développement Durable (ODD) couverts par cet enseignement

Éducation de qualité
 Industrie, innovation et infrastructures

Positionnement Développement Durable et Responsabilité Sociétale

Ce cours de vision par ordinateur contribue aux objectifs de développement durable en formant les étudiants aux principes mathématiques et algorithmiques permettant l'extraction automatique d'informations à partir d'images et de vidéos. Il participe à l'Objectif de Développement Durable n°4 (Éducation de qualité) en favorisant l'acquisition de compétences fondamentales et appliquées en traitement d'images et en vision par ordinateur. Il contribue également à l'Objectif de Développement Durable n°9 (Industrie, innovation et infrastructures) en préparant les étudiants à concevoir et implémenter des méthodes de vision utilisées dans de nombreux domaines industriels et technologiques, tels que la détection d'objets, la calibration de capteurs ou l'analyse de scènes.

Évaluation

Évaluation individuelle : EVI 1 (coefficient 1)

LANGUE DU COURS	CRÉDITS ECTS	COURS MAGISTRAUX	TRAVAUX DIRIGÉS	TRAVAUX PRATIQUES	PROJET	DEVOIRS SURVEILLÉS
Français	-	12 hrs	0 hrs	16 hrs	0 hrs	0 hrs