



## ANNEXE 1

# PROGRAMME DE FORMATION EN ALTERNANCE EFFECTUEE EN CONTRAT DE PROFESSIONNALISATION DE LA 3<sup>ème</sup> ANNEE DU CURSUS INGENIEUR OPTION ROBOTIQUE ET APPRENTISSAGE (2019-2020)

La formation de 3<sup>ème</sup> année Option Robotique et Apprentissage du cursus ingénieur de l'ENSEIRB-MATMECA comprend 615 heures d'activités d'enseignement réparties en Unités d'enseignement, (Cours, Cours intégré, TD et projets), réalisés à l'ENSC et ENSEIRB-MATMECA. L'accès à cette formation nécessite la validation par l'étudiant de la seconde année du cycle ingénieur de l'ENSEIRB-MATMECA, validation acquise soit début juin 2019 à l'issue de la 1<sup>ère</sup> session d'examens, soit début septembre 2019 à l'issue de la seconde session.

## Unités d'Enseignement - 3<sup>ème</sup> année en alternance

### UE A : Modélisation et commande de systèmes robotiques

Code module	AU321
Intitulé module	Contrôle commande
Enseignant (s)	Patrick LANUSSE, Pierre MELCHIOR
Prérequis	AU325
Volume	4h Cours + 6h de TD
Objectifs	Apprendre à commander un robot grâce à sa modélisation
Evaluation	CC
Méthode	Cours et séances pratiques.
Contenu	Après un bref rappel des outils de modélisation (modèles géométriques, cinématiques et dynamiques) et du principe des régulations d'axes de type PID, les principales architectures de commande des systèmes robotisés sont présentées. Une deuxième partie concerne plus particulièrement les techniques de planification de trajectoire tenant compte des contraintes physiques des robots. Un bureau d'étude sur 2 séances permet ensuite d'illustrer les différentes parties du cours grâce à un problème de robotique simple.

Code module	AU325
Intitulé module	Modélisation des robots et analyse des performances
Enseignant (s)	Stéphane YGORRA
Prérequis	Maths de Prépa : algèbre, produit scalaire, analyse (intégration dérivation )
Volume	24h Cours Intégrés

Objectifs	Permettre aux étudiants d'aborder la lecture de textes scientifiques avancés en robotique.
Evaluation	CC
Méthode	Cours et mise en pratique
Contenu	Un étudiant ayant suivi cet enseignement doit disposer d'une approche rigoureuse et systématique pour décrire un robot manipulateur: modèles géométriques, cinématique et dynamique, forces et moments. Il doit également avoir une connaissance du langage et des notions de base de la robotique (degrés de liberté, singularités, jacobienne)

Code module	MA303
Intitulé module	Méthodes numériques pour la robotique
Enseignant (s)	David DANÉY
Prérequis	Aucun
Volume	20h Cours
Objectifs	Connaître et manipuler des outils mathématiques de base pour la robotique.
Evaluation	CC
Méthode	Cours
Contenu	Cet enseignement a pour objet de présenter un ensemble de notions mathématiques nécessaires à la modélisation et à la commande de systèmes robotiques. Un exemple simple de modélisation d'un problème de robotique permet de comprendre des méthodes numériques pour la résolution de système linéaire ou non-linéaire dans les cas bien-, sous-, sur-contraints.

## UE B : IA et robotique

Code module	IF309
Intitulé module	Interactions homme robot
Enseignant (s)	J.-M. SALOTTI
Prérequis	Aucun
Volume	8h Cours 15hTD
Objectifs	Comprendre le concept de système cobotique, connaître les différents types de système cobotique, comprendre la méthodologie de conception des systèmes cobotiques avec les différentes modalités de collaboration, comprendre les problématiques facteurs humains associées.
Evaluation	CC
Méthode	Cours et TP. Exploitation des robots NAO, Pepper, UR3, ergosquelette.
Contenu	Ce cours est une initiation à la problématique de la collaboration humain robot (cobotique). Différents types de collaboration seront étudiés, notamment avec des robots situés dans la même zone de travail que l'opérateur, des robots télé-manipulés et des exosquelettes. On abordera également la problématique de conception des systèmes cobotiques, les différentes modalités de collaboration, le degré d'autonomie du robot et enfin l'ergonomie et les facteurs humains. Des travaux pratiques permettront une familiarisation avec des robots de service, des bras cobotiques et un exosquelette pour l'aide au travail en hauteur.

Code module	IF325
Intitulé module	Apprentissage pour la robotique
Enseignant (s)	Frédéric ALEXANDRE, Pierre-Yves OUDEYER, Xavier HINAUT
Prérequis	Aucun
Volume	10h Cours

Objectifs	L'objectif de ce cours est de revisiter les techniques statistiques d'apprentissage à la lumière de données des neurosciences et des sciences sociales pour présenter des algorithmes permettant des apprentissages en autonomie, par simple interaction avec l'environnement et avec des critères de survie définis a priori.
Evaluation	CC
Méthode	Cours
Contenu	En informatique, l'apprentissage automatique a défini un ensemble de techniques statistiques éprouvées que l'on peut dans une certaine mesure rapprocher de formes d'apprentissage dans le vivant. Cependant, leur mise en oeuvre en robotique autonome met en lumière un certain nombre de faiblesses pour assurer l'autonomie de l'agent. Pour chaque forme d'apprentissage, après un rappel des formes classiques d'apprentissage automatique, des critères d'autonomie sont définis et des données biologiques et comportementales sont introduites, permettant de définir des formes plus plausibles biologiquement et intégrant une vue systémique plus globale du vivant.

Code module	TS341
Intitulé module	Outils d'imagerie pour la robotique
Enseignant (s)	Vinh-Thong TA, Michaël CLEMENT
Prérequis	Programmation en C/C++, compétences en traitement d'image recommandées.
Volume	44h Cours intégrés
Objectifs	Un introduction aux différentes méthodes existantes pour traiter les images et les vidéos dans le contexte de la robotique.
Evaluation	CC
Méthode	Cours intégré.
Contenu	Cet enseignement couvre les aspects suivants : traitement de base des images ; introduction à l'apprentissage artificielle pour la vision en robotique. Chaque séance donne lieu à une évaluation.

Code module	IF324
Intitulé module	Sciences humaines pour la robotique
Enseignant (s)	Christian MALAURIE
Prérequis	Aucun
Volume	6h Cours Intégrés
Objectifs	La conception d'un objet sociotechnique dans un objectif de mise sur le marché nécessite de s'interroger sur son utilité et son acceptabilité par les utilisateurs supposés ou espérés. L'objectif ici est d'initier les élèves-ingénieurs à cette problématique, et ce dans une démarche anthropologique.
Evaluation	CC
Méthode	Cours intégré
Contenu	Le cours aborde les différentes dimensionnalités d'un projet robotique : L'environnement à la fois social, culturel et technique qui regroupe de manière systémique : société humaine, milieu physique, flux sensibles et physiques. Le contexte, qui met en relation : comportement, partage de l'autonomie, commandes, perception active et perception intentionnelle, observation, algorithme, capteurs, design et sécurité, dans un cadre pertinent d'interaction. L'espace et la proxémie qui associent : le mouvement, le rythme, la fréquence d'une interaction homme-machine à la complexité de l'habiter. C'est-à-dire : l'occupation d'un lieu, d'un cadre environnemental adapté à la sociabilité d'un usage robotique et cobotique particulier, dans une culture donnée.

## UE C : Systèmes embarqués

Code module	AU318
Intitulé module	Autonomie énergétique
Enseignant (s)	Jean-Michel VINASSA
Prérequis	Aucun
Volume	10h Cours Intégrés
Objectifs	Fournir les compétences liées au problème de la conversion et de la gestion d'énergie électrique pour principaux besoins en robotique.
Evaluation	CC
Méthode	Cours
Contenu	<p>Présentation des 2 principaux besoins en robotique : l'alimentation électrique et le contrôle moteur de l'actionneur. Bien que liés, ces aspects de l'électronique de puissance constituent deux parties distinctes.</p> <p><b>Conversion de puissance.</b> Il s'agit d'introduire les concepts de base de la conversion et la gestion de l'énergie électrique embarquée au travers des trois topologies de base que sont les convertisseurs BUCK, BOOST et BUCK-BOOST en expliquant le concept de l'aiguillage de l'énergie électrique, la notion d'interrupteur et sa commande. Par la suite, une utilisation de circuit spécifique de gestion de l'énergie électrique sera présentée dans le but de faciliter leur utilisation directe par des intégrateurs.</p> <p><b>Actionneurs à machines tournantes.</b> L'objectif est de se familiariser avec la conversion électromécanique réalisée dans les machines tournantes pour aborder l'alimentation du moteur de manière à assurer le réglage du couple, de la vitesse ou de la position. On s'intéressera en particulier au mode de fonctionnement de l'étage de puissance en lien avec les capteurs associés.</p>

Code module	EI9IT358
Intitulé module	Mécatronique
Enseignant (s)	Grégoire PASSAULT
Prérequis	Programmation en langage C, connaissances basiques en architecture informatique
Volume	16h Cours Intégrés
Objectifs	Le but de ce cours est d'avoir une vision plus claire de la programmation bas niveau, illustré à travers la programmation de microcontrôleurs.
Evaluation	CC
Méthode	Ce module est une alternance de cours et de travaux pratiques qui mettent les compétences en application directe, qui s'articule également avec le projet IT359.
Contenu	Rappels d'architecture, cross-compilation, programmation "bare metal", fonctionnalités de micro-processeurs, interruptions, cycles machines, bus de terrains.

Code module	IT359
Intitulé module	Projet systèmes embarqués
Enseignant (s)	Rémi FABRE
Prérequis	Connaissances élémentaires d'électronique, programmation en C.
Volume	21h TD
Objectifs	Mise en pratique des notions vues en cours : programmation de microcontrôleur Atmega128, utilisation des bus SPI et UART, gestion de GPIO, lecture et filtrage d'un ADC. Gestion de timings précis sur microcontrôleur. Gestion de la mémoire et optimisation du temps de calcul pour des opérations géométriques simples. Procédure de débogage.

Evaluation	Soutenances courtes et qualité du résultat technique
Méthode	Projet
Contenu	Par petits groupes, les étudiants assemblent et programment une horloge rotative à persistance rétinienne contrôlable à distance. Cela commence par une présentation et une prise en main des composants nécessaires : microcontrôleur, driver de LED, capteur à effet Hall, gestion de l'alimentation, émetteur/récepteur Bluetooth, sonde de programmation, moteur DC. Les étudiants mettront en commun ces briques pour réaliser une première version de l'horloge à aiguilles. Une fois cette étape maîtrisée, les groupes réaliseront un affichage numérique de l'heure. Ceci impose des calculs géométriques sur une plateforme embarquée qui demande un soin particulier sur la gestion de la puissance de calcul et la mémoire. <a href="https://gregwar.com/se/">https://gregwar.com/se/</a> <a href="https://gregwar.com/se/project.html">https://gregwar.com/se/project.html</a>

## UE D : Projet Robotique

Code module	IT387
Intitulé module	Etat de l'art Projet Robotique
Enseignant (s)	Vincent PADOIS
Prérequis	Anglais scientifique
Volume	20h Cours Intégrés + 43h Projet
Objectifs	L'objectif spécifique de ce cours est de faire appréhender aux étudiants le rôle de l'état de l'art dans la démarche scientifique et technique et de leur apporter les connaissances méthodologiques leur permettant de préparer un état de l'art.
Evaluation	Rapport et soutenance
Méthode	Cours et mise en pratique
Contenu	Le cours comprend une séance théorique dont l'objectif est de : <ul style="list-style-type: none"> <li>- présenter l'objectif poursuivi dans ce cours et les attendus liés ;</li> <li>- faire comprendre l'importance de l'état de l'art dans la démarche scientifique et technique et son positionnement dans une démarche globale de recherche et/ou de recherche et développement ;</li> <li>- fournir les éléments de connaissance et de méthodologie nécessaire à la production d'un état de l'art.</li> </ul> Les trois autres séances mettent en pratique des méthodes présentées autour du sujet de projet robotique des étudiants et se consacrent à des phases de recherche, de lecture et de synthèse. Des exercices de présentation courte de l'état de l'art en cours de préparation permettent aux étudiants de confronter la structuration qu'ils proposent du domaine exploré à la perception du groupe. <a href="https://moodle.bordeaux-inp.fr/course/view.php?id=1667">https://moodle.bordeaux-inp.fr/course/view.php?id=1667</a>

Code module	IT347
Intitulé module	Projet robotique
Enseignant (s)	Denis LAPOIRE, Rémi FABRE, Jean-Marc SALOTTI, David DANNEY, Vincent PADOIS,
Prérequis	L'ensemble des cours de la formation.
Volume	20h TD+121h Projet
Objectifs	L'objectif est la mise en œuvre des compétences acquises dans la formation au cours de la conception et de la réalisation d'un robot ou d'un de ses composants.
Evaluation	Rapport et soutenance
Méthode	CC
Contenu	Le sujet du projet est fourni et peut être encadré par l'un des partenaires industrielles ou scientifiques de la formation ( <a href="http://www.aquitaine-robotics.com/">http://www.aquitaine-robotics.com/</a> ). Sa réalisation concerne 3 à 4 élèves-ingénieurs.

## UE E : Intégration professionnelle

Code module	AU324
Intitulé module	Projet premier robot en atelier
Enseignant (s)	Rémi FABRE et Grégoire PASSAULT
Prérequis	Programmation en Python ou C. Notions de vision par ordinateur.
Volume	25h Cours Intégrés
Objectifs	L'objectif ici est de rencontrer la variété des technologies à déployer pour permettre à un robot autonome de réaliser une mission et d'introduire pratiquement les enseignements de la formation. Prise en main pratique d'une réalisation robotique classique. Utilisation d'algorithmes simples de vision (segmentation, filtrage) et d'asservissement (PID). Formation à l'utilisation de la découpe laser du Fablab et conceptions élémentaires. Notions de cinématique. Intégration logicielle et matérielle d'un robot simple.
Evaluation	Soutenances courtes par groupe + résultats techniques aux épreuves.
Méthode	Travaux pratiques en trinômes utilisant un TurtleBot.
Contenu	Ce projet se déroule sur la première semaine de la formation et vise à être une introduction et une prise en main pratique qui se déroulera dans le Fablab de l'école Eirlab. Par petits groupes, les étudiants devront concevoir, produire assembler et programmer un robot à roues simple mais autonome. Le matériel fourni permet une abstraction temporaire aux problématiques liées à la programmation sur système embarqué : servomoteurs, Raspberry Pi, caméra RGB, gestion de l'alimentation, éléments de base du châssis. Les calculs de cinématique directe et inverse de la plateforme à roues seront présentés puis implémentés. Des approches à l'utilisation de la caméra seront discutées et implémentées. Une fois la prise en main réalisée, les étudiants réaliseront une intégration logicielle et matérielle dans le but de réussir les épreuves techniques énoncées en début de projet. Exemple de réalisation : <a href="https://www.youtube.com/watch?v=LoiH0qwec0E">https://www.youtube.com/watch?v=LoiH0qwec0E</a>

Code module	IS321
Intitulé module	Workshop IA pour l'industrie
Enseignant (s)	Frédéric ALEXANDRE, Emmanuelle ABISSET, Philippe CARRE, ...
Prérequis	Aucun
Volume	35h Cours Intégrés
Objectifs	Après une introduction thématique sous le point de vue croisé des industriels et des chercheurs, le but de ces journées est de mettre l'élève-ingénieur, qui sera bientôt sur le marché du travail, au contact direct de questions qui se posent aujourd'hui pour l'utilisation de l'Intelligence Artificielle dans l'industrie. Outre cette initiation concrète, ceci permet aussi aux différents acteurs de se rencontrer et, en particulier, à l'élève-ingénieur de montrer ses compétences, pratiques et théoriques, mais aussi ses capacités à présenter ce qu'il a acquis.
Evaluation	Assiduité.
Méthode	Présentations orales restituant les travaux préparatoires qui pourront être aussi bien des implantations logicielles, des analyses de données ou des interviews de professionnels.
Contenu	Une semaine bloquée est organisée afin de mettre en contact des élèves-ingénieurs, des ingénieurs en activité dans différentes branches professionnelles et des chercheurs spécialistes de domaines scientifiques concernés par différents aspects de l'Intelligence Artificielle. Au cours des journées, ces aspects sont abordés par des présentations de l'état de l'art par les chercheurs, l'exposé de problématiques par des industriels et par l'approfondissement, par les élèves-

	ingénieurs d'études de cas proposées par les industriels et les chercheurs, leur permettant ensuite de restituer ce qu'ils ont compris de ces problématiques concrètes. Support de cours : <a href="http://AI4industry.fr/">http://AI4industry.fr/</a>
--	--

Code module	IT388
Intitulé module	Workshop ROS pour l'industrie
Enseignant (s)	Yoan MOLLARD, Rémi FABRE, Jessica COLOMBEL
Prérequis	Programmation en Python/C++
Volume	35hCI
Objectifs	L'objectif est d'appréhender tous les éléments d'une cellule robotique intégrée et d'être capable de concevoir l'architecture logicielle d'un système complet avec des robots roulant et manipulateur.
Evaluation	Pitch technique de 6'40" par équipe (Pecha Kucha)
Méthode	En vue de se préparer au travail en équipe hétérogène, les élèves-ingénieurs travaillent en groupe avec des ingénieurs en activité provenant de la formation continue. Chaque thématique est abordée spécifiquement durant 8h et se termine par un challenge d'intégration final de 8h sur un scénario industriel.
Contenu	Ce workshop introduit et met en pratique le framework opensource ROS (Robot Operating System) ainsi que ses outils qui répondent aux problématiques classiques de robotique : manipulation, navigation, vision et machine learning. Support de cours : <a href="http://ros4.pro/">http://ros4.pro/</a>

Code module	EX364
Intitulé module	Atelier Intelligence Technologique
Enseignant (s)	Bernard ZOZIME, Gulhem PASQUIER
Prérequis	Aucun
Volume	12h Cours Intégrés
Objectifs	Initiation à l'intelligence technologique.
Evaluation	Assiduité.
Méthode	Cours et mise en pratique
Contenu	Une dizaine de dirigeants d'entreprise fournissent autant de sujets. Autour de chacun de ces dirigeants est constituée une équipe formée d'un élève-ingénieur et d'un étudiant du Master d'Intelligence Economique et de Veille Sectorielle. Chaque équipe fournit une étude sommaire en IT à partir du sujet. +info : <a href="https://www.bordeaux-inp.fr/fr/ateliers-intelligence-technologique">https://www.bordeaux-inp.fr/fr/ateliers-intelligence-technologique</a>

Code module	EE303
Intitulé module	Dissémination Robot Makers' Day
Enseignant (s)	Denis LAPOIRE
Prérequis	Aucun
Volume	0h (non planifiable)
Objectifs	Les élèves-ingénieurs consacrer du temps personnel pour vulgariser auprès de tous publics leurs connaissances et présenter leurs réalisations technologiques.
Evaluation	Assiduité.
Méthode	Projet
Contenu	Chaque élève-ingénieur doit réaliser une au moins des trois actions suivantes : <ul style="list-style-type: none"> <li>• suivre et coacher une équipe de collégiens participant à l'une des compétitions robotiques de <a href="#">Robot Makers' Day</a>.</li> <li>• préparer et accueillir une classe d'un établissement des académies de Nouvelle-Aquitaine lors d'une visite d'un établissement scientifique.</li> <li>• présenter un démonstrateur robotique lors d'un évènement type <a href="#">Robot Makers' Day</a>.</li> </ul>

Code module	CE339
Intitulé module	Journée dans les pas d'un dirigeant d'entreprise
Enseignant (s)	Denis LAPOIRE
Prérequis	Aucun
Volume	7h Projet
Objectifs	L'objectif est donner un aperçu concret de la diversité des responsabilités d'un dirigeant d'entreprises.
Evaluation	Assiduité.
Méthode	Par l'exemple.
Contenu	Chaque élève-ingénieur accompagne un dirigeant d'entreprises toute une journée et observe l'ensemble de ses gestes professionnels. Cette journée leur permet un échange sur leurs pratiques professionnelles respectives.

Code module	EX365
Intitulé module	Techniques orales de communication scientifique
Enseignant (s)	David DANÉY
Prérequis	Aucun
Volume	2h Cours + 26h Projet
Objectifs	Maîtriser sa communication scientifique, la présentation de résultats.
Evaluation	Assiduité
Méthode	Cours et mise en pratique
Contenu	Les techniques de communication orale sont adaptées au contexte scientifique. Au travers d'exemples pratiques concrets, les difficultés et les particularités de l'exercice sont démontrés. Des conseils et astuces sont alors proposés. Cet enseignement est réalisé dans les jours précédents la soutenance du stage de fin d'étude. Celle-ci fournit le sujet pratique de cet enseignement.

## UE F : Culture de l'ingénieur

Code module	CE302
Intitulé module	Projet Professionnel : niveau 3
Enseignant (s)	Eric ASTIEN
Prérequis	Aucun
Volume	4h Cours Intégré + 8hProjet
Objectifs	Développer les habiletés professionnelles, scientifiques, techniques et relationnelles.
Evaluation	Soutenance
Méthode	Cours et mise en pratique.
Contenu	Les étudiants perçoivent que le développement de leurs compétences s'inscrit dans une direction professionnelle, que leurs habiletés techniques et scientifiques n'auront de sens qu'en lien avec des situations de productions, que leurs savoirs de haut niveau s'expriment en savoir-faire. Les 10 à 12 mois de stages leurs permettent concrétiser leur questionnement et leurs apprentissages.

Code module	CE320
Intitulé module	Soutenance de projet professionnel
Enseignant (s)	Éric Astien
Prérequis	CE302
Volume	4h TD
Objectifs	Former à l'entretien d'embauche.



Evaluation	Soutenance
Méthode	Simulation d'entretien d'embauche.
Contenu	Lors d'une simulation de 30 min d'un recrutement minutes devant un jury composé de professionnels, l'élève-ingénieur présente son projet professionnel.

Code module	CE321
Intitulé module	Challenge entreprise
Enseignant (s)	Eric Astien
Prérequis	Aucun
Volume	24h Cours
Objectifs	Comprendre les mécanismes de fonctionnement de l'entreprise.
Evaluation	CC
Méthode	Serious game.
Contenu	Dans un serious game, chaque groupe d'élèves-ingénieurs dirige une entreprise en relevant les défis de comptabilité, de finances, de marketing et de production.

Code module	LC301
Intitulé module	LV1 Anglais S9
Enseignant (s)	Paul CROCKER
Prérequis	Aucun
Volume	31h TD
Objectifs	Maitriser l'anglais et connaître d'autres cultures. Savoir communiquer avec des personnes de langues et cultures différentes. Savoir s'adapter dans différents contextes, dans l'entreprise, à l'international. Savoir communiquer avec de spécialistes et non-spécialistes. Apprendre à mieux se connaître, à s'autoévaluer, à gérer ses compétences
Evaluation	Contrôle continu et grand débat pour l'option 'Debating', contrôle continu et présentation finale pour l'option 'Professional Communication', rédaction d'un rapport et soutenance pour l'option 'Independent Studies'.
Méthode	TD et séances de tutorat en sous-groupe avec une répartition variante selon l'option choisie.
Contenu	Pour l'option 'Professional Communication' : structure de l'entreprise, l'entretien d'embauche, techniques de présentation et communication interculturelle. Pour l'option 'Debating' : techniques de débat et mise en pratique. Pour l'option 'Independent Studies', l'élève choisit le sujet : soit une entreprise, soit un domaine industriel ou technologique, soit un phénomène de société.

Débriefing de l'année d'alternance Bilan des compétences acquises Soutenance du projet final	18h
--	-----

## Evaluations en entreprise

Elles sont spécifiques au projet en entreprise et sont encadrées par les tuteurs qui suivent l'ingénieur (tuteurs et référents académiques). Elles sont le lieu des prises de contact et du suivi régulier de la progression de l'élève-ingénieur. Elles sont aussi l'occasion privilégiée de la mise en place des objectifs pour les périodes à venir. Ces objectifs concernent aussi bien les compétences que les méthodes de travail de l'élève-ingénieur. Ces bilans en entreprise permettent de définir les acquis en entreprise. Ces acquis en entreprise se décomposent en compétences métiers et en compétences transverses.