

Approfondissements troisième année

Approfondissement Aérodynamique (AE)	3
Approfondissement architecture mécanique et thermique des véhicules spatiaux (AS).....	12
Approfondissement Automatique (AU)	17
Approfondissement Imagerie (IM)	26
Approfondissement Ingénierie Financière (IF).....	34
Approfondissement Logistique (LO).....	41
Approfondissement Physique Spatiale (PS).....	47
Approfondissement Propulsion (PR).....	52
Approfondissement Structures (ST)	58
Approfondissement Systèmes Informatiques (IN).....	63
Approfondissement Télécommunications / Navigation (TN)	72

Approfondissement Aérodynamique (AE)

Responsable : A. Bonnet

→ Présentation de l'approfondissement

L'approfondissement «Aérodynamique» est adossé au domaine «Systèmes Aéronautiques». Il le complète en permettant aux élèves d'acquérir une large vue sur la compréhension et la modélisation des phénomènes physiques qui rentrent dans le champ de l'Aérodynamique. Cet approfondissement donne également un panorama des méthodes de prévision des écoulements. L'objectif est donc de conduire à des notions précises sur l'incidence que peut avoir l'Aérodynamique sur les performances d'un aéronef et aussi sur les interactions avec d'autres disciplines. L'ouverture sur la recherche n'a pas été oubliée puisque la plupart des enseignements de l'approfondissement peuvent être utilisés comme cours optionnels du M2R «Dynamique des Fluides, Energétique et Transferts» (DET).

Deux classes d'enseignements composent l'approfondissement. L'une est dédiée à l'étude détaillée de domaines spécifiques de l'Aérodynamique : effets instationnaires, écoulements supersoniques, turbulence et couche limite, flux de chaleur et traînée de frottement, aérodynamique numérique, aéroacoustique. L'autre classe est consacrée à l'étude de l'aérodynamique à travers un produit : aérodynamique de l'hélice, aérodynamique des missiles, aérodynamique de l'automobile, aérodynamique des turbomachines, aérodynamique hypersonique, aérodynamique de l'avion. Certains enseignements sont communs à deux approfondissements. Le cours «Flux de chaleur et traînée de frottement» est commun aux approfondissements «Aérodynamique» et «Structures». Le cours «Aéroacoustique» est commun aux approfondissements «Aérodynamique» et «Propulsion». Ceci montre bien que l'Aérodynamique doit être considérée comme une discipline de base dans laquelle il est nécessaire de proposer une formation très pointue mais qu'elle n'est pas isolée et qu'elle doit être associée à d'autres disciplines pour contribuer à l'élaboration d'un produit. Pour aller dans ce sens, un bureau d'études (BE) est proposé pour montrer comment l'Aérodynamique peut être couplée à d'autres disciplines (BE sur le couplage Aéro-Thermique ou sur le couplage Aéro-Structures).

→ Débouchés et parcours recherche associé

La nouvelle définition de la formation universitaire s'articule autour de la licence, de la maîtrise et du doctorat (LMD) avec des étapes au bout de 3, 5 et 8 ans (système 3-5-8). Les élèves ingénieurs de SUPAERO ont la possibilité de s'intégrer complètement dans ce système (classes prépa+1ère année = L, 2ème+3ème année avec M2R=M, thèse=D) en complétant d'abord leur formation avec un M2R et, éventuellement, en préparant une thèse ensuite. Dans les domaines qui nous intéressent, l'Ecole est associée à d'autres établissements pour délivrer le diplôme de M2R. Le M2R DET comprend en fait deux filières, l'une orientée vers la Dynamique des Fluides, l'autre vers l'Energétique et les Transferts. Chacune des filières contient un tronc commun de 4 cours que doivent suivre tous les étudiants inscrits dans le M2R DET, 5 cours optionnels et un stage de recherche. Pour SUPAERO, afin de ne pas alourdir un

emploi du temps très chargé, les cours optionnels peuvent être puisés dans l'approfondissement «Aérodynamique» pour la filière Dynamique des Fluides. Le stage peut être réalisé dans un laboratoire ou dans l'industrie à la condition, dans ce dernier cas, qu'une part très significative soit consacrée à une étude de recherche.

Grâce à la formation générale reçue par ailleurs, les ingénieurs issus de l'approfondissement «Aérodynamique» ont accès à une très grande variété de postes dans l'industrie. En outre, la formation acquise dans l'approfondissement donne accès à des débouchés spécifiques notamment dans les secteurs R et D de l'industrie dans divers domaines, comme l'aéronautique, l'automobile, ou autre. L'ouverture sur la Recherche, avec l'obtention du M2R et éventuellement d'une thèse, permet aux ingénieurs de se placer encore mieux sur ce marché car les industriels ont pris conscience que, dans ces secteurs, la formation par la Recherche apporte un complément de grande qualité....

Aérodynamique instationnaire AE320

Responsable du module : Allan BONNET
Volume de 27.5 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Allan BONNET

Descriptif : Cet enseignement est une entrée dans le vaste domaine de l'aérodynamique instationnaire. Les causes d'instationnarité étant multiples, seuls quelques domaines sont abordés comme :

- les écoulements 1D instationnaires compressibles, avec en particulier les chocs en instationnaire
 - les écoulements incompressibles non portants sur obstacle de type fuselage en mouvement complet de translation - rotation, avec la notion de masses ou d'inertie ajoutée
 - les écoulements 2D portants instationnaires avec les conséquences de l'émission tourbillonnaire
 - les écoulements instationnaires compressibles modélisés par un potentiel des vitesses (subcritique, supercritique, supersonique).
-

Aérodynamique supersonique, entrée d'air et tuyère AE321

Responsable du module : Allan BONNET Jérémie GRESSIER
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Allan BONNET

Descriptif :

Cet enseignement comporte deux parties d'un volume horaire identique.

La 1ère, de base, définit les éléments de la méthode dite des caractéristiques qui permet la compréhension et le calcul des écoulements supersoniques, limités ici au 2D plan ou de révolution. Cette partie est illustrée d'exercices permettant les calculs de chocs, de régimes d'ondes simples ainsi que les interactions avec des parois ou des surfaces de glissement.

La 2ème partie est axée sur les applications d'entrées d'air et de tuyères en utilisant largement les notions décrites en 1ère partie.

Après avoir rappelé les objectifs de ces éléments du turboréacteur, leur fonctionnement sera détaillé, notamment dans les aspects suivants:

- entrée d'air subsonique et supersonique (dimensionnement, amorçage)
- tuyère (col, correction 3D et visqueuses, adaptation, décollement)
- jets (adaptation, interaction)

Pré-requis :

Cours de Tronc commun de 1ère et 2ème année AE101 (relations de Rankine-Hugoniot, ondes de choc et surfaces de glissement) et AE201 (méthodes des caractéristiques en petites perturbations).

Turbulence et couche limite AE322

Responsable du module : Jean COUSTEIX
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean COUSTEIX

Descriptif :

La modélisation de la turbulence reste un point dur dans les méthodes de calcul des écoulements telles que celles utilisées dans les bureaux d'études des constructeurs d'avions ou de turbomachines.

Cet enseignement a pour objectif de donner une description physique des phénomènes turbulents et de proposer une introduction à la modélisation de la turbulence.

Flux de chaleur et traînée de frottement AE323

Responsable du module : Jean COUSTEIX
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean COUSTEIX

Descriptif :

L'objectif de ce cours est de donner une description des phénomènes visqueux et turbulents qui se produisent sur un aéronef comme un avion commercial transsonique ou supersonique. Les méthodes de calcul de ces phénomènes sont également présentées.

On insiste sur les éléments qui contribuent à la traînée et aux échanges de chaleur à l'interface fluide-solide.

Aérodynamique numérique AE324

Responsable du module : Jérémie GRESSIER
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

L'unité "Aérodynamique Numérique" a pour but de familiariser l'étudiant avec les principales méthodes numériques utilisées en aérodynamique dans l'industrie aéronautique et d'acquérir un savoir-faire et un regard critique dans la mise en œuvre des méthodes volumes finis appliquées à l'aérodynamique.

Aéroacoustique PE422

Responsable du module : F. SIMON
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain CARRERE

Descriptif :

Equation d'onde milieu au repos, ondes planes, ondes sphériques, impédances, analyse 1/3 d'octave, métrologie. Intensité acoustique: définition, technique de mesure, instrumentation, applications. Unités acoustiques.

Propagation acoustique en milieu guidé : décomposition modale, fréquences de coupure, application aux conduits à section rectangulaire et circulaire.

Rayonnement sonore en champ libre.

Génération et propagation des sons d'interaction entre rotor et stator.

Aperçu sur les méthodes numériques et intérêt des modèles semi-empiriques.

Les différents types de ventilateurs et leurs caractéristiques aérauliques

Bruit des ventilateurs : origine du bruit de raies et large bande, moyens de réduction du bruit, lois de similitude, estimation du niveau de bruit, effets d'installation.

Aérodynamique de l'hélice AE325

Responsable du module : J.-M BOUSQUET

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean COUSTEIX

Descriptif :

Ce cours concerne principalement une introduction au fonctionnement de l'hélice isolée sans incidence, l'intégration de l'hélice sur avion étant abordée sous forme de conférence. La première partie s'inspire de l'analyse de résultats expérimentaux pour expliquer les phénomènes, la deuxième détaille les méthodes utilisées pour le calcul des performances. En final, des éléments sont donnés pour l'optimisation aérodynamique des hélices.

Aérodynamique des missiles AE326

Responsable du module : D. PAGAN - Paul-Claude DUFOUR - F. FERRARI

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean COUSTEIX

Descriptif :

Le but du cours est de donner une vue générale des problèmes d'aérodynamique des missiles, en particulier en phase de conception.

On débute donc par les spécificités de cette aérodynamique et ses méthodes d'évaluation: méthodes semi-empirique, CFD et essais en soufflerie.

On aborde ensuite l'intégration de la propulsion, en particulier celle du statoréacteur qui est la plus couplée avec l'aérodynamique.

Enfin, on dégage les principaux critères de conception, les différents moyens de pilotage et les différentes familles de configurations aérodynamiques.

Une séance est consacrée à un TP en soufflerie.

Trois séances sont consacrées à l'étude d'un avant-projet de missile.

Pré-requis :

Mécanique des fluides et aérodynamique; dynamique du vol ; aérodynamique.

Turbomachines axiales PE430

Responsable du module : Jérémie GRESSIER
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

Cet enseignement permet d'aborder la compréhension et l'étude des phénomènes aérodynamiques que l'on rencontre spécifiquement dans les turbomachines, principalement les compresseurs et turbines. L'accent est mis sur les machines axiales, les plus fréquentes parmi les turboréacteurs.

Aérodynamique de l'automobile AE327

Responsable du module : V. HERBERT
Volume de 12.5 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Allan BONNET

Descriptif :

Le but de cet enseignement est de présenter les caractéristiques de l'aérodynamique appliquée à l'automobile, avec :

- domaines et enjeux de l'aérodynamique automobile (V_{max} , confort acoustique, olfactif, salissures, consommation, sécurité, etc...).
- Les outils d'étude - Soufflerie (sol défilant, balance, visualisation, PIV, LDV...) - codes de calcul (Reynolds Averaged Navier -Stokes, Large Eddy Simulation, gaz en réseau).
- La traînée (décomposition, notion d'angle critique) et la portance (aileron, diffuseur).
- Méthodologie de conception.

Des essais ou visualisations en soufflerie pourront compléter le cours.

Projet de synthèse AE328

Responsable du module : Jérémie GRESSIER
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

Dans ce module, il est proposé de travailler par petits groupes sur des projets à caractère multidisciplinaire et à dominante mécanique. Le projet s'appuiera sur les enseignements de l'approfondissement, voire sur ceux du domaine selon les groupes constitués (aérodynamique, acoustique, thermique, structure). L'organisation de ce module est relativement ouverte : après quelques cours rappelant ou complétant les connaissances fondamentales nécessaires, la majorité des séances seront pratiques, avec une étude de cas et à l'aide d'outils de type industriels, de recherche, ou à développer. L'accent sera mis sur l'aspect couplage des différentes techniques déjà largement utilisées.

Aérodynamique hypersonique AE329

Responsable du module : Jean-Marc MOSCHETTA - Jean COUSTEIX
Volume de 15 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean- Marc MOSCHETTA

Descriptif :

Cet enseignement a pour but de décrire les phénomènes essentiels (en fluide parfait et en fluide visqueux) qui caractérisent le régime hypersonique et de présenter un ensemble de méthodes de calcul d'écoulements aérodynamiques utilisables dans le cadre d'un avant-projet. On insistera aussi sur les effets de haute température qui contribuent à modifier la composition de l'air (phénomènes de dissociation, d'ionisation) et les caractéristiques de l'écoulement.

Pré-requis :

Aérodynamique compressible - Ecoulements supersoniques

Aérodynamique avancée de l'avion AE330

Responsable du module : Jean-Marc MOSCHETTA

Volume de 15 h

Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Marc MOSCHETTA

Descriptif :

Les phénomènes aérodynamiques tridimensionnels autour d'une configuration d'avion subsonique sont décrits sur le plan physique et modélisés par des méthodes de type avant-projet. L'accent est mis sur les interactions aérodynamiques : voilure-fuselage, voilure empennage, canard-voilure, système propulsif-voilure, interaction aérodynamiques d'avions en formation, effet de sol.

Pré-requis :

Aérodynamique incompressible - Théorie de la ligne portante de Prandtl.

Approfondissement architecture mécanique et thermique des véhicules spatiaux (AS)

Responsable : D. Mimoun

→ Présentation de l'approfondissement

L'approfondissement «Architecture Mécanique et Thermique des véhicules spatiaux» est adossé au domaine «Systèmes Spatiaux». Il a pour objectif de former les élèves à la conception de véhicules spatiaux (lanceurs, satellites, véhicules de rentrée, ...). Un premier ensemble de modules privilégie les aspects conception et dimensionnement adaptés à la diversité des missions du secteur spatial.

L'ensemble des sciences mécaniques nécessaires à cette conception est ensuite détaillé pour les différents types de véhicules spatiaux rencontrés (structure, thermique, aérodynamique, propulsion). Les modules proposés recouvrent aussi bien les fondamentaux dont l'application dépasse les véhicules spatiaux, que des éléments bien plus spécifiques comme la propulsion électrique ou l'aérodynamique en gaz raréfiés.

L'enseignement fait appel à de nombreux enseignants du monde industriel et de la recherche, proches du domaine spatial.

Un projet de 40h sera réalisé par les étudiants en leur laissant la liberté de l'adapter à leur projet professionnel (retour sur la thématique du domaine, projet de conception type industriel, projet de recherche).

→ Parcours recherche associé

Cet approfondissement donne aussi la possibilité (en combinaison avec le domaine Systèmes spatiaux) de suivre le master recherche astrophysique, sciences de l'espace et planétologie.

Conception lanceurs IS320

Responsable du module : V. CAZES
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

Exposer les grands principes de conception des lanceurs consommables et réutilisables par la décomposition en fonctions, le lien entre les fonctions et les sous-systèmes. Des applications sur l'étagement des lanceurs et leurs performances sont proposées.

Ingénierie satellite IS321

Responsable du module : Christian COLONGO
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

L'objectif de cette unité est de réaliser un avant-projet de petit satellite en orbite terrestre, à partir de spécifications de mission. La conception du satellite se fera en utilisant les moyens de simulation disponibles à l'école.

Structures des lanceurs et véhicules spatiaux IS322

Responsable du module : T. BERTHELON
Volume de 40 h
Crédits 3 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

Ce cours donne une vision d'ensemble sur les structures des véhicules spatiaux ainsi que sur les outils et les méthodes permettant de réaliser la conception. Les principaux thèmes abordés permettent aux élèves de comprendre les contraintes mécaniques spécifiques du spatial dans les principales phases de développement (de l'appel d'offre à la phase orbitale) et de pouvoir réaliser le pré-dimensionnement d'une structure ou partie d'un satellite ou lanceur. Un mini-projet par groupe de 5 à 6 élèves permet de mettre en application, sur un projet réel, l'ensemble de l'enseignement.

Aérodynamique des lanceurs AE340

Responsable du module : J.-C. TRAINÉAU

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

L'objectif du cours est d'initier les étudiants aux méthodes de conception en aérodynamique des lanceurs au stade de l'avant-projet.

La première partie du cours portera sur les spécificités de l'aérodynamique des lanceurs, la conception aéro-propulsive et les moyens de conception en aérodynamique.

Dans la deuxième partie du cours, les élèves seront initiés aux essais en soufflerie et réaliseront un bureau d'études qui portera sur un avant-projet de lanceur répondant à un cahier des charges.

Aérothermodynamique des véhicules spatiaux AE341

Responsable du module : Jean COUSTEIX

Volume de 40 h

Crédits 3 ECTS

Correspondant ISAE : Jean COUSTEIX

Descriptif :

Cet enseignement a pour but de décrire les phénomènes essentiels (en fluide parfait et en fluide visqueux) qui caractérisent le régime hypersonique et de présenter un ensemble de méthodes de calcul d'écoulements aérodynamiques utilisables dans le cadre d'un avant-projet.

La première partie du cours sera consacrée aux gaz raréfiés, et la seconde partie sera consacrée aux effets thermiques, en particulier au voisinage du point d'arrêt. Elle prendra en compte le caractère réactif des écoulements et s'appuiera, à la fois sur la théorie des couches limites aux grandes vitesses (pour l'approche de type "milieux continus") et sur la première partie du cours pour l'approche de type moléculaire.

Propulsion spatiale IS323

Responsable du module : J.-C. TRICOT - L. CARIES

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

Description du fonctionnement d'un propulseur à propergol solide : domaines d'application, fonctionnement interne, définition des différents sous ensembles (tuyère, CVP, corps de propulseur chargé, allumeur), ainsi que des technologies et matériaux utilisés. Exemple d'essais de mise au point.

Pré-dimensionnement d'un moteur à propergol solide.

Propulsion électrique IS324

Responsable du module : D. VALENTIAN

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

Fournir des informations d'ensemble sur la propulsion électrique des satellites et des sondes spatiales.

Principes physiques de base. Principaux types de propulseurs.

Contrôle thermique des véhicules spatiaux IS325

Responsable du module : R. BRIET

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

Transmettre aux étudiants les connaissances fondamentales concernant les lois physiques de la thermique et les aspects spécifiques à la thermique spatiale. Donner une culture sur les méthodes et les moyens mis en œuvre pour l'étude, la conception, la réalisation et l'exploitation d'un système spatial vu sous l'aspect de la thermique.

Projet long IS327

Responsable du module : David MIMOUN

Volume de 40 h

Crédits 3 ECTS

Correspondant ISAE : David MIMOUN

Descriptif :

Le projet long vise à utiliser les disciplines vues dans le cadre du domaine et de l'approfondissement de manière approfondie et pratique. Les étudiants choisiront un projet précis qui peut faire partie de sujets proposés par le corps enseignant, ou être d'initiative personnelle (et soumis à validation).

Les projets peuvent permettre :

- d'étudier un système existant, sur le plan scientifique et technique
- de découvrir ou d'approfondir des méthodes (théorie, outils de modélisation)
- de préparer le stage de fin d'études avec un objectif précis lié au volume horaire fourni.

Approfondissement Automatique (AU)

Responsable : C. Bérard

→ Présentation de l'approfondissement

L'automatique, issue de la cybernétique et nourrie des problèmes aéronautiques dès les années 40, en était à ses débuts lorsque son enseignement fut introduit à SUPAERO sous forme de l'étude des asservissements linéaires continus. Elle est devenue en un demi-siècle une discipline complexe, de plus en plus systémique, de plus en plus liée à la recherche opérationnelle et à l'informatique temps réel.

L'automatique garde toujours une place essentielle dans le domaine aérospatial en liaison avec les problèmes de stabilisation, de guidage, de contrôle et de gestion de vol, voire amplifiée avec les techniques de commande active généralisée, de commande des structures souples. Cependant, les besoins nouveaux liés à l'amélioration de la productivité, aux économies de consommation énergétique, à la qualité de l'environnement, font qu'il est peu de domaines où elle ne soit plus actuellement fortement présente. Pour cette raison, cet approfondissement donne lieu à un profil cohérent quel que soit le domaine choisi par l'étudiant.

Parallèlement à la diversité de ses domaines d'applications, l'automatique est, dans sa méthodologie et les outils qu'elle utilise éminemment multidisciplinaire. Dans ce contexte, l'approfondissement vise à former les élèves à la conception des systèmes de commande modernes caractérisés par leur haut degré de complexité (nombre de paramètres, lois d'évolution, non linéarités, interactions...), sur le plan méthodologique tout en sensibilisant aux problèmes posés par leur mise en oeuvre (réalisabilité, complexité technique, sûreté de fonctionnement...).

Compte tenu du large spectre de l'automatique, au sein de l'approfondissement, un ensemble de modules est proposé au choix de façon à permettre aux étudiants de s'orienter vers l'une ou l'autre des voies couvertes par l'automatique. Les étudiants auront par exemple la possibilité de teinter leur parcours en cohérence avec leur domaine d'application, ou bien d'approfondir la théorie d'analyse et de synthèse de lois de commande ou bien encore d'explorer le domaine de la conduite et décision des systèmes.

→ Débouchés et parcours recherche associé

La présentation même de l'approfondissement laisse entrevoir l'étendue des débouchés possibles. En terme de secteur, tous les secteurs, aéronautique, spatial, automobile, motoriste, pétrochimique sont des employeurs potentiels. En termes de métier, celui d'ingénieur en recherche et développement auquel prépare cette formation se prolonge généralement assez vite vers des postes de suivi et conduite de projet en fonction des goûts et des aptitudes personnelles de l'ingénieur. La formation en automatique à SUPAERO a toujours été très fortement liée à la recherche. C'est sans nul doute ce qui a fait sa réputation. Tout naturellement, cet approfondissement permet de suivre le M2R « Systèmes Automatiques, Informatiques et Décisionnels ».

Traitement et filtrage AU320

Responsable du module : P. MOUYON - J.-M. BIANNIC
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Ce cours met en évidence les trois grands thèmes applicatifs du traitement du signal dans le domaine aéronautique et spatial. Pour chacun de ces thèmes on présente les outils de base, et leurs méthodologies de mise en œuvre. Enfin chaque thème est illustré par un bureau d'étude sur station de travail (Matlab).

Les thèmes sont:

- La navigation (inertielle pure, hybride Inertielle/GPS) et le filtrage optimal.
- La réjection de perturbations, et le filtrage adaptatif.
- La réception numérique, et le filtrage optimal symbolique.

Pré-requis : Processus aléatoires. Filtrage fréquentiel des signaux déterministes et aléatoires. Analyse des systèmes linéaires dynamiques stochastiques. Filtrage de Kalman linéaire.

Conduite, décision et facteurs humains AU321

Responsable du module : C. TESSIER
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Ce module vise à donner des éléments de base pour la commande dite de « haut niveau » d'engins - drones, robots terrestres, robots sous-marins, satellites - auxquels on veut conférer une certaine autonomie d'opération et de décision.

La question de l'autonomie est posée lorsque, pour des raisons économiques, de sécurité, d'organisation du travail, d'éloignement, d'aléas de communication..., les engins ne peuvent être commandés en permanence par des opérateurs. Il s'agit donc de doter les engins de moyens pour qu'ils puissent « se débrouiller » en particulier face à des événements ou aléas qui peuvent survenir au cours de la mission.

Les trois grandes composantes d'une architecture visant à l'autonomie d'un engin sont présentées : le suivi de situation (élaboration de l'état courant et futur de l'engin et de son environnement), la planification (élaboration de la suite d'actions à mener), la supervision et le contrôle d'exécution. À titre d'illustration, le cas particulier de la gestion d'aléas sur un drone est étudié.

D'autre part, les notions relatives à la prise en compte des facteurs humains seront également abordées.

Informatique de commande temps réel et commande numérique AU322

Responsable du module : Jacques LAMAISON

Volume de 30 h

Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Jacques LAMAISON

Descriptif :

Cet enseignement introduit les concepts, méthodes et outils nécessaires à la conception et à la mise en œuvre des systèmes de traitement de l'information dédiés au contrôle de processus. La discrétisations de lois de commande en vue de leur implémentation en numérique est abordée. Les outils et méthodes utilisés pour le développement de logiciels temps réel et la commande numérique sont illustrés par le développement d'une application de commande d'un axe de satellite.

Outils pour l'automatique AU323

Responsable du module : Caroline BERARD

Volume de 10 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

L'objectif de ce demi module est d'introduire ou de rappeler les outils de base nécessaires aux diverses techniques qui seront présentées dans les divers modules de cet approfondissement. Ainsi, seront abordés : la décomposition en valeur singulière (SVD), les moindres carrés, les méthodes d'optimisation de type gradient-Newton, les LMI, l'analyse spectrale et enfin la représentation sous forme LFT.

Pour chacune de ces notions, les professeurs fourniront, une documentation reprenant l'essentiel des résultats ainsi qu'un exemple traité avec son corrigé

Systèmes à évènements discrets GI340

Responsable du module : C. TESSIER

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Ce cours a pour but de présenter aux étudiants un formalisme - les réseaux de Petri - qui permet de spécifier et de modéliser des systèmes complexes, ainsi que d'analyser leur fonctionnement. L'appellation "systèmes à événements discrets" met l'accent sur le fait que l'on s'intéresse essentiellement aux différents états par lesquels peut passer un système, et aux changements d'état provoqués par des actions ou des événements internes ou externes. La puissance du formalisme présenté permet non seulement de décrire clairement, sous forme graphique, toutes les possibilités d'évolution du système, mais également, grâce aux capacités d'analyse des réseaux de Petri, de vérifier son fonctionnement. Plusieurs modèles dérivés sont également présentés, comme le GRAFCET (pour la commande des processus industriels), les réseaux de Petri colorés, les modèles temporisés ; l'outil DesignCPN, supportant les réseaux de Petri colorés, fait l'objet d'une séance de travaux pratiques.

Identification AU324

Responsable du module : A. BURCHARLES

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Ce cours propose une présentation des techniques de base de l'identification ainsi que leur mise en œuvre sur station de travail en vue d'évaluer et de comparer leurs performances sur des exemples réalistes. L'enseignement se décompose ainsi en une partie théorique dispensée sous forme de cours magistraux, qui a pour but de fournir les éléments théoriques essentiels, et une partie pratique effectuée sous forme de bureaux d'étude sur station de travail, destinée à mettre en évidence les capacités et les limites de chaque technique.

Il s'articule autour de trois méthodes basiques (moindres carrés, minimisation des erreurs de sortie et décorrélation), chacune d'elles donnant lieu à une présentation théorique suivie d'une petite classe permettant d'illustrer les points délicats, et à une application sur station de travail avec utilisation du progiciel MATLAB.

Commande modale et optimale AU325

Responsable du module : Daniel ALAZARD - Caroline BERARD - M. LLIBRE – M. CORRÈGE

Volume de 30 h

Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Ce cours se décompose en deux parties :

La première relative à la synthèse de lois de commande par des approches modales permettant en particulier, de satisfaire des contraintes de découplage.

La seconde partie est destinée à l'apprentissage des méthodes qui permettent de trouver, pour des processus discrets ou continus, la commande qui optimise un critère donné, compte tenu de diverses contraintes :

- application de la programmation non linéaire,
- application de la programmation dynamique,
- application du principe du maximum de Pontryagin à la commande des systèmes dynamiques. Dans cette partie, les commandes LQ, LQG et LQG-LTR seront traitées.

Analyse de la robustesse et commande robuste AU326

Responsable du module : Daniel ALAZARD

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Daniel ALAZARD

Descriptif :

L'objectif de ce module est de présenter les outils d'analyse de la robustesse et de synthèse de lois de commande robustes.

Plus précisément, les méthodologies de synthèse fréquentielles H2 et H ∞ sont détaillées : nous montrons comment exprimer les spécifications de performances, de stabilité et de robustesse à des incertitudes non structurées comme des contraintes H ∞ sur les fonctions caractéristiques de la boucle fermée, comment gérer les compromis fréquentiellement et comment exprimer le problème de commande sous forme dite standard. Dans un second temps, nous présentons la μ -analyse pour l'étude de la robustesse en stabilité et en performance, en présence d'incertitudes paramétriques.

De nombreuses séances sur Matlab permettent d'illustrer les différents points du cours.

Pré-requis :

Les valeurs singulières, la commande LQ, LQG/LTR, c.-à-d. le contenu des modules: Outils pour l'Automatique et Commande Modale et Optimale

Analyse et commande des systèmes non linéaires AU327

Responsable du module : P. MOUYON - J.-M. BIANNIC

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Ce cours a pour objectif d'introduire et de discuter les outils et méthodes utilisés pour l'analyse, l'observation et la commande des systèmes dynamiques présentant des non-linéarités. Dans ce module, une attention particulière est portée sur le cas des non-linéarités de type saturations en position ou en vitesse. Pour ce type de non-linéarités, présentes dans toutes les applications (notamment au niveau des actionneurs), des techniques spécifiques d'analyse et de synthèse de lois de commande sont développées. Chaque cours est consacré à la découverte d'une approche ou d'un ensemble cohérent d'outils, illustré par des exemples. Une Séance Matlab est également programmée et permet aux élèves de mettre en œuvre les outils introduits en cours sur un réglage de loi de pilotage en présence de saturations.

Pré-requis :

- analyse des systèmes linéaires, - synthèse de lois de commande pour les systèmes linéaires.

Etude de cas et conférences du monde industriel AU328

Responsable du module : J.-M. BIANNIC

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

L'objectif de ce module est double : il s'agit en premier lieu de présenter les différents problèmes et contraintes rencontrés par l'ingénieur automaticien dans le réglage d'un pilote automatique. Une présentation assez détaillée du modèle puis du cahier des charges (incluant des contraintes d'architecture de lois de commande) est donc proposée. Il s'agit également de permettre aux élèves de mettre en œuvre simplement et rapidement les différentes techniques de synthèse " moderne " multivariable vue en cours. Il permet aussi de comparer très facilement ces techniques entre elles, dans la mesure où elles sont toujours appliquées au même exemple. Mais, au-delà de la simple comparaison, l'intérêt principal sur le plan méthodologique, sera de mettre en évidence les complémentarités entre les différentes techniques

Pilotage et guidage des satellites IS340

Responsable du module : Bénédicte ESCUDIER
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Bénédicte ESCUDIER

Descriptif :

Ce module présente les notions de dynamique, les différentes architectures en fonction des missions ainsi que l'ensemble des équipements à considérer dans l'élaboration d'un système de contrôle d'un véhicule spatial. Un BE d'étude vient illustrer toute ou partie des éléments introduits.

Guidage et pilotage des engins balistiques et lanceurs IS341

Responsable du module : C. VALLET
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Bénédicte ESCUDIER

Descriptif :

Ce module présente les systèmes de navigation, de guidage et de pilotage des lanceurs et des engins balistiques.

En introduction, le cours présente l'architecture générale des chaînes de navigation, de guidage et de pilotage.

Sur le pilotage, le cours aborde les objectifs, les méthodes de synthèse des lois avec l'analyse de la stabilité, la prise en compte des effets de souplesse des structures et de ballottement des ergols, les moyens d'action (les systèmes de braquage des tuyères).

Sur la navigation, le cours présente les objectifs, les différents types de senseurs utilisés (tels que les gyromètres, les accéléromètres, les centrales inertielles, le GPS) et leurs modélisations fonctionnelles.

Un bureau d'étude est consacré à la mise au point de la loi de pilotage d'un lanceur aérodynamiquement instable avec un mode de flexion. La méthode utilisée est la commande robuste Hinfini, avec l'outil logiciel MATLAB/SIMULINK.

Pilotage et guidage de drones AU329

Responsable du module : A. PIQUEREAU
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Daniel ALAZARD

Descriptif :

Ce module est consacré aux drones. On présente l'élaboration de l'architecture du système drone, plus particulièrement les fonctions de navigation, pilotage et guidage, à partir de l'analyse mission.

Commande active des structures flexibles AU330

Responsable du module : Daniel ALAZARD
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Daniel ALAZARD

Descriptif :

L'objectif de ce module est de présenter les problèmes liés aux systèmes flexibles du point de vue de l'automaticien, c'est-à-dire :

- mettre en évidence les compromis performance/robustesse particulièrement dimensionnant pour la commande de ces systèmes,
- évaluer la pertinence des outils modernes de synthèses de lois de commande face à ces problèmes.

Pour illustrer, les diverses composantes de ce cours, nous nous appuyons sur des exemples élémentaires, le système masses-ressorts, et des applications plus réalistes issues des études menées à l'ONERA/DCSD (lanceur, télescope spatial, avion souple).

Robotique et systèmes dynamiques complexes AU331

Responsable du module : M. LLIBRE
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Daniel ALAZARD

Descriptif :

L'objectif de ce module est d'étudier la méthodologie de conception des lois de commande pour des systèmes présentant une dynamique complexe: degrés de liberté nombreux, éléments mobiles, éléments en rotation,... Le mouvement d'un corps en rotation, par sa richesse et sa complexité, constitue une bonne introduction et on rappellera donc d'abord les outils de modélisation géométriques (paramétrisations de l'attitude) et dynamiques (équations d'Euler); on les appliquera au contrôle du mouvement du corps rigide dans l'espace, stabilisation 3 axes ou par rotation, et utilisation d'actionneurs gyroscopiques. On examinera ensuite la modélisation des systèmes poly articulés avant de dresser un panorama général des différentes façons d'aborder leur commande, puis d'approfondir la commande dans l'espace articulaire et dans l'espace opérationnel.

Réseaux neuronaux et neuroflous pour la modélisation et la commande AU332

Responsable du module : J.-L. FARGES
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Sous le vocable de méthodes non conventionnelles, par opposition avec les méthodes plus traditionnelles de l'automatique, on regroupe souvent les systèmes à base de logique floue, les méthodes neuronales et les structures hybrides neurofloues. Les premières visent la traduction et la mise en œuvre numériques d'un ensemble de règles expertes, représentant par exemple le comportement d'un pilote expérimenté. Les techniques neuronales, sur lesquelles portent l'essentiel de ce cours, utilisent les capacités d'apprentissage de structures cellulaires, appelées réseaux de neurones artificiels, pour modéliser ou contrôler un système complexe à partir de données expérimentales mesurées. Le rapprochement des deux approches (neuroflou) se justifie par le fait qu'elles permettent toutes deux d'approximer des systèmes non linéaires qui seraient difficiles à traiter par les méthodes classiques, mais aussi par une certaine convergence des modèles de représentation utilisés.

Approfondissement Imagerie (IM)

Responsable : E. Zenou

→ Présentation de l'approfondissement

Les objectifs de la formation pour les élèves d'approfondissement "Imagerie Spatiale" sont

- de donner une culture générale du monde de l'image,
- de donner des outils d'analyse et de synthèse utiles pour l'ingénieur et le chercheur (analyse de données, classification, apprentissage, optimisation...)
- de donner une base mathématique solide permettant par la suite de poursuivre dans des domaines d'application ou formations diverses (Imagerie, Physique, Astrophysique, Aéronautique, Spatial, Sciences de la vie, Sciences de la Terre, etc.).

→ Débouchés et parcours recherche associé

Les élèves- ingénieurs se retrouvent pour la grande majorité d'entre eux dans les débouchés suivants :

- Ingénierie: Imagerie aéronautique et spatiale, analyse d'images, etc.
- Recherche: forte composante « recherche » dans cet approfondissement avec deux M2R associés: M2R « Mathématiques Appliquées » (Université Paul Sabatier) et M2R « Signal Image Acoustique Optimisation » (UPS et INP)
- Applications récentes du traitement d'images et de l'optimisation : Imagerie spatiale, Imagerie médicale, environnement...

Echantillonnage aléatoire MA321

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours est une introduction aux processus stochastiques markoviens (chaînes de Markov, Dynamique de Monte-Carlo, Distribution de Gibbs) dans le cadre de l'optimisation stochastique.

Analyse multi-résolution MA322

Responsable du module : Denis MATIGNON - Emmanuel ZENOU
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Denis MATIGNON - Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours est une introduction à l'analyse multi-résolution. Il permet d'utiliser cette technique pour extraire les attributs d'une image ou d'un signal et de dresser la carte de la répartition de l'énergie suivant les fréquences locales.

Pré-requis :

Espaces de Hilbert ; Notions de base d'analyse harmonique souhaitées.

Physique des systèmes imageurs PH327

Responsable du module : Jean-Claude MOLLIER
Volume de 15 pour l'approfondissement PS, 10 pour IM h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

-imagerie passive (visible et I.R.) : Techniques d'acquisition (hyper spectral, polarisation,...)

-imagerie active : 2D, flash, 3D ; limitations et applications.

-lidars anémométriques, atmosphériques.

Imagerie Térhertz : technologies et performances ; domaines d'application (spectroscopie, biologie, sécurité,...).

Capteurs radar ET342

Responsable du module : F. ADRAGNA
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Le radar à synthèse d'ouverture (SAR), aéroporté ou spatial, permet d'imager le sol par tous les temps, de jour comme de nuit, ce qui lui confère un aspect opérationnel évident.

Cette formation permettra aux étudiants d'appréhender le principe du SAR, les choix dimensionnant, les propriétés des images et les traitements spécifiques : principe, dimensionnement système, radiométrie, géométrie, résolution, modes spéciaux... ainsi que les techniques les plus récentes, telles qu'interférométrie, polarimétrie, traitement multi-date, etc....

Enfin, elle comprend un travail d'application sur l'exploitation des images (interprétation, filtrages, traitements, illustrations, ...).

Stéréovision et calibrage MA330

Responsable du module : S. LACROIX
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours a pour objectif de familiariser les étudiants avec les techniques de traitements d'images stéréoscopiques. Il s'agit d'abord de formaliser le problème de l'exploitation de plusieurs vues ce qui relève de développements géométriques. On considèrera ensuite le problème de la calibration du système qui fait intervenir des outils d'estimation statistique. Puis, nous aborderons la mise en correspondance qui relève de techniques de traitement d'images (extraction de primitives, modèles bas niveau) et d'optimisation. On cherchera à illustrer les propos par des exemples d'applications, en particulier la stéréoscopie satellitaire et aérienne, et à différencier les problèmes rencontrés selon le type d'images. Enfin, des notions élémentaires de géométrie projective seront introduites dans le cadre de ce module.

Traitement d'images MA323

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours est une introduction générale à la vision par ordinateur. Il présente les principaux formalismes mathématiques et les principaux algorithmes liés à l'extraction d'information dans une image.

Techniques avancées en imagerie spatiale MA324

Responsable du module : J. ZÉRUBIA
Volume de 40 h
Crédits 3 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

L'objectif de ce cours est de faire assimiler les techniques classiques de traitement d'image "bas niveau" : " filtrage et segmentation ". Les principales méthodes étudiées sont : méthodes statistiques, méthodes morphologiques, attributs de contour et de textures, détection de contours, fermetures, croissance de région. Des applications seront proposées aux élèves (TP MATLAB, Image Toolbox). Les méthodes markoviennes, multi résolution et variationnelles sont introduites et replacées dans un cadre général en coordination avec les cours correspondants.

Pré-requis :

Cours « Echantillonnage aléatoire ».

Analyse de données MA325

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

L'analyse de données est un domaine d'étude en pleine expansion, pour lequel les applications ne manquent pas : traitement du signal et de l'image, le médical, la biologie, et également la banque, le marketing ou la sociologie. L'analyse de données aborde deux domaines des statistiques : les statistiques descriptives (ACP, AFD...) et la modélisation statistique (modèle linéaire, arbres de décision, réseaux de neurones...) Les principes vus en cours seront appliqués sur une base de données au moyen de différents logiciels (MatLab, R).

Apprentissage et reconnaissance des formes MA326

Responsable du module : M. SPIGAI

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Manuel SAMUELIDES

Descriptif :

Ce cours introduit des nouvelles méthodes statistiques comme les réseaux de neurones et les machines à vecteurs support (SVM). Ces modèles non-linéaires sont étudiés du double point de vue des algorithmes d'optimisation et de leurs capacités d'apprentissage. Ils sont ensuite appliqués à la reconnaissance de formes. Des sessions plus théoriques incluant la dimension de Vapnik et l'apprentissage adaptatif s'adressent aux étudiants du Master Recherche.

Méthodes variationnelles MA327

Responsable du module : G. AUBERT

Volume de 10 h

Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours est une introduction aux méthodes variationnelles intervenant en filtrage et en segmentation des images. On s'intéressera dans un premier temps aux modèles discrets comme les champs markoviens ou de Gibbs puis on mettra l'accent sur les modèles continus comme le modèle de Marr-Hildreth et Perona-Malik, de propagation par courbure moyenne, et au-delà sur la conjecture de Mumford et Shah.

Téledétection MA328

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 15 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours détaille les principales caractéristiques des images de télédétection et la façon dont elles sont exploitées. Le cours est illustré par des applications réelles.

Applications cartographiques MA329

Responsable du module : Ph. CORNIC
Volume de 10 h
Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Réalisation des fonctions de localisation et localisation inverse du capteur SPOT et application au calcul de modèle numérique de terrain par stéréoscopie.

Systèmes d'information géographique MA331

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 10 h
Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Un Système d'Information Géographique (SIG) est l'ensemble des matériels, logiciels, données, personnes, et compétences mis en place pour analyser un territoire. Le but de ce cours est d'introduire les notions de base des systèmes d'information géographiques qui sont au cœur aujourd'hui d'applications aussi diverses que le renseignement militaire, la modélisation spatiale ou la cartographie d'environnements connus ou inconnus.

Synthèse d'images IN340

Responsable du module : Emmanuel ZENOU

Volume de 15 h

Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours présente une introduction à la synthèse d'images. Après un survol des principales techniques de rendu 3D, le système graphique OpenGL est présenté, puis mis en pratique en BE sous la forme de la réalisation d'un jeu de billard en 3D.

Pré-requis :

Programmation en C.

Approfondissement Ingénierie Financière (IF)

Responsable : L. Germain

→ Présentation de l'approfondissement

Les procédures modernes de gestion des risques, notamment financiers font appel depuis plusieurs décennies à des techniques élaborées (calcul stochastique, programmation dynamique, théorie des jeux) dépassant les anciennes techniques statistiques de l'économétrie et de l'assurance. L'importance croissante de ces procédures dans les gros groupes industriels et dans les banques et les institutions financières a créé des volumes d'emplois importants qualitativement et quantitativement qui ont induit la création de filières de formation à haute compétence scientifique. L'approfondissement « Ingénierie financière » a été mis en place pour répondre à ces besoins.

Les objectifs de la formation pour les élèves d'approfondissement "Ingénierie financière" sont :

- Acquérir l'ensemble des outils nécessaires aux métiers de la Finance et de la Gestion des Risques
- Connaissance de la finance d'entreprise, de la finance de marché, de la banque.

→ Débouchés et parcours recherche associé

Les élèves-ingénieurs se retrouvent pour la grande majorité d'entre eux dans les débouchés suivants : ingénierie financière: conception de nouveaux produits financiers, salles des marchés, financement de projet, direction financière, audit financier, financement de projet, gestion de portefeuille, analyste financier, fusions et acquisitions.

Un certain nombre d'entre eux poursuivent des études complémentaires ou poursuivent dans la recherche. L'approfondissement offre la possibilité de suivre le M2R de mathématiques appliquées (option probabilités et statistiques).

Calcul stochastique pour la finance MA420

Responsable du module : H. BOCO

Volume de 40 h

Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Manuel SAMUELIDES

Descriptif :

Ce cours donne les bases mathématiques des techniques de valorisation et de couverture des produits dérivés en finance. C'est un pré requis d'un grand nombre de cours de finance, notamment : Valorisation et couverture des produits dérivés, statistique des processus financiers, méthodes variationnelles des EDP de la finance.

Les bases de probabilités sont rappelées. Puis le mouvement brownien, le calcul stochastique et les processus de diffusion sont présentés de façon pratique.

L'arbre binomial, le modèle de Cox et Rubinstein, la formule de Black et Scholes, la valorisation des options européennes sont des applications fondamentales du cours.

Evaluation et couverture des produits dérivés MA421

Responsable du module : N. NALPAS

Volume de 25 h

Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Comprendre la théorie de l'évaluation et de la couverture des produits dérivés, maîtriser les méthodes et les modèles d'évaluation des différents produits dérivés.

Résolution numérique des E.D.P pour la finance MA422

Responsable du module : P. VILLEDIEU
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module : Présenter les modèles mathématiques fondamentaux pour la valorisation des produits dérivés ainsi que les principales méthodes utilisées pour leur résolution numérique.

Contenu indicatif du module : Modèle de Black-Scholes et ses variantes. Options européennes et américaines. Méthodes de Monte-Carlo et méthodes de différences-finies.

Apprentissage et applications financières MA423

Responsable du module : Manuel SAMUELIDES
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Manuel SAMUELIDES

Descriptif :

Ce cours introduit des nouvelles méthodes statistiques comme les réseaux de neurones et les machines à vecteurs support (SVM). Ces modèles non-linéaires sont étudiés du double point de vue des algorithmes d'optimisation et de leurs capacités d'apprentissage. Ils sont ensuite appliqués à la reconnaissance de formes. Des sessions plus théoriques incluant la dimension de Vapnik et l'apprentissage adaptatif s'adressent aux étudiants du Master Recherche.

Pré-requis :

Probabilités et Optimisation du tronc commun.

Maîtrise des risques financiers MA424

Responsable du module : D. HERLEMONT

Volume de 12 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Ce module est une introduction à la gestion des risques financiers dont l'objectif est d'identifier les source de risque, mesurer les risques et gérer les risques, notamment à travers la concept de Value at Risk (VaR).

Le module consiste principalement en un projet d'implémentation de la VaR dans le cadre de la gestion d'un fond, en utilisant des données réelles. Il s'agira de comparer différentes méthodes de Value at Risk telles que la VaR historique et VaR paramétrique normale (RiskMetrics), ainsi que les approximations de type Cornish Fisher.

Microstructure des marchés financiers MA425

Responsable du module : Laurent GERMAIN

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module : Connaître l'organisation, la structure et le fonctionnement des marchés financiers. Etudier les marchés financiers contemporains comme la bourse de Paris, de Londres, de Francfort, de Tokyo, le New York Stock Exchange et le Nasdaq. Contenu indicatif du module : Description de l'organisation et de la structure des places financières mondiales. Modèles théoriques de compréhension de la formation des cours. Modèles d'asymétrie d'information.

Econométrie des séries temporelles MA426

Responsable du module : A. VANHEMS - B. GAREL

Volume de 10 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module :

Exposer les bases du traitement statistique des séries chronologiques utilisées couramment dans les modèles de prédiction les plus variés et, en particulier, dans les séries temporelles d'indicateurs économiques et financiers.

Aborder les techniques statistiques non-linéaires plus spécifiques à l'identification des modèles employés en ingénierie financière.

Contenu indicatif du module : Rappels de statistique et de probabilité - estimation statistique (biais, variance, consistance, maximum de vraisemblance) - tests d'hypothèses - régression linéaire - Econométrie des séries temporelles - modèles ARMA et ARIMA - modèles ARCH, GARCH - étude d'une application réelle

Modèles ARCH en finance MA427

Responsable du module : A. VANHEMS - B. GAREL

Volume de 13 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module :

Exposer les bases du traitement statistique des séries chronologiques utilisées couramment dans les modèles de prédiction les plus variés et, en particulier, dans les séries temporelles d'indicateurs économiques et financiers.

Aborder les techniques statistiques non-linéaires plus spécifiques à l'identification des modèles employés en ingénierie financière.

Contenu indicatif du module : Rappels de statistique et de probabilité - estimation statistique (biais, variance, consistance, maximum de vraisemblance) - tests d'hypothèses - régression linéaire - Econométrie des séries temporelles - modèles ARMA et ARIMA - modèles ARCH, GARCH - étude d'une application réelle

Statistique des processus en finance MA428

Responsable du module : L. COUTIN

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module : Acquérir les méthodes nécessaires pour estimer les paramètres usuels de volatilité et de tendance dans les modèles de marchés financiers. Acquérir les bases de modélisation non paramétrique des données financières. Contenu indicatif du module : Les modèles de processus de diffusion les plus couramment utilisés en finance : modèles de Black-Scholes, de Vasicek, cox-Ingersol-Ross, etc. L'asymptotique des estimateurs est systématiquement abordée pour chaque modèle étudié.

Principes de finance de l'entreprise MA429

Responsable du module : L. CHABRIER

Volume de 35 h

Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module : Comprendre la formalisation de la théorie financière moderne de l'entreprise. Maîtriser les méthodes d'évaluation des projets d'investissement en particulier la construction et l'utilisation de modèles financiers. Connaître les critères de choix des modes de financements à moyen et long terme. Savoir calculer le coût du capital d'une entreprise et réaliser les analyses de sensibilité nécessaires à la définition d'un projet d'investissement. Contenu indicatif du module : Modes de financement de l'entreprise. Définition du financement de projet, analyse de ses principales caractéristiques. Analyses des risques. Structure financière et coût du capital de l'entreprise. Politique de dividendes. Méthode de construction d'un modèle financier, étude de cas, préparation d'un dossier de financement type.

Gestion du risque de taux d'intérêt MA430

Responsable du module : N. NALPAS
Volume de 20 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Apprendre à connaître les différents taux d'intérêt cotés sur les marchés et leur interdépendance à travers la structure par terme des taux d'intérêt. Ce cours fournit aussi les outils pour valoriser les obligations à taux fixes et variables ainsi que certains produits dérivés de taux (FRA, Swaps ...). Enfin, nous introduisons quelques modèles stochastiques de taux d'intérêt.

Fusions et acquisitions MA431

Responsable du module : J.-F. VERDIÉ
Volume de 5 h
Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Laurent GERMAIN

Descriptif :

Objectifs du module : connaître le déroulement des OPA/OPE et autres opérations de fusions et acquisition sur les marchés financiers.

Comprendre les déterminants des opérations de fusion acquisitions et la mesure de leurs résultats.

Contenu indicatif du module : marchés financiers et financement des entreprises ; émission d'actions (formalité et procédures, rôle des banques...) ; prise de contrôle en bourse

Financement des prises de contrôle ; moyens de défense anti-OPA et la restructuration d'un groupe ; fusions et opérations assimilées ; intervenants et leur rôle ; prises de contrôle dans le monde ; causes des FA.

Approfondissement Logistique (LO)

Responsable : A. Hait

→ **Présentation de l'approfondissement**

L'approfondissement Logistique est centré sur la maîtrise de la trilogie « coûts, qualité, délais », essentielle pour assurer la compétitivité d'une entreprise et met principalement l'accent sur les problèmes de maîtrise des flux internes et externes dans l'entreprise, problèmes qui sont devenus stratégiques du fait de l'importance de la réduction et de la maîtrise des délais pour livrer les clients et dont la complexité implique des moyens autant algorithmiques qu'informatiques performants.

L'approfondissement s'organise autour de trois grands thèmes du génie industriel : logistique industrielle, qualité et gestion de projet. Une grande partie de l'approfondissement est consacrée à la maîtrise des délais, tant au niveau de la conception que de la gestion des flux. Des compléments indispensables à un ingénieur dans un contexte de production sont apportés : qualité, pilotage des coûts, maîtrise d'un système d'information dédié à la production (ERP), négociation.

→ **Débouchés et parcours recherche associé**

Les métiers directement ouverts sont d'abord ceux liés directement à la production et la « supply chain » : conception, réingénierie, gestion de production, logistique, achats, relations clients fournisseurs, mise en place et évolution de systèmes d'information. Les sociétés de conseil et d'audit offrent également des postes très intéressants et formateurs.

Les élèves peuvent suivre le suivre le M2R « Systèmes Automatiques, Informatiques et Décisionnels » dont le contenu du parcours « Systèmes industriels » est très proche du parcours SID/LO.

Modélisation et simulation des systèmes productifs GI321

Responsable du module : Alain HAIT
Volume de 45 h
Crédits 3.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Il est du ressort d'un ingénieur industriel de concevoir, mettre en place et améliorer un système de production. Il doit être capable d'en évaluer les performances, la robustesse, la flexibilité, l'évolutivité... Pour cela l'ingénieur dispose de modèles, de méthodes et d'outils permettant de représenter le fonctionnement de ces systèmes.

Ce cours présente dans un premier temps des modèles pour représenter les systèmes à événements discrets, répandus en production manufacturière : réseaux de Petri, automates. La théorie des files d'attente est ensuite présentée pour appréhender les aspects stochastiques.

Dans un second temps, un BE avec le logiciel de simulation ARENA est proposé afin de comparer l'approche simulatoire et l'approche analytique.

Organisation et gestion de la production GI322

Responsable du module : Alain HAIT
Volume de 35 h
Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Ce cours présente les différentes approches de gestion utilisées en production et logistique.

Après une typologie des systèmes de production et une présentation des différents niveaux de décision liés à la production, les techniques de gestion des stocks et d'ordonnancement à court terme sont présentées.

Les approches à flux poussé font l'objet d'un éclairage double, via l'optimisation d'abord en présentant les modèles théoriques de planification, puis à travers les décompositions en niveaux effectuées dans l'industrie (approche MRP). L'extension à la planification dans les chaînes logistiques est abordée.

Les approches à flux tirés (juste-à-temps, « lean manufacturing ») sont présentées et mises en œuvre lors d'un BE de réorganisation d'un atelier de production dans l'industrie automobile.

Achats / Méthodes de négociation GI328

Responsable du module : X. LOEFFEL
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Cet enseignement vise à donner aux futurs ingénieurs, qui vont être amenés à négocier dans tous les types de négociation, les réflexes, tactiques et méthodes destinées à mieux maîtriser et imposer leurs idées. Il leur apprendra également à mieux reconnaître et éviter les pièges en négociation. Il apportera aux futurs ingénieurs une assurance vis-à-vis de leurs interlocuteurs et une efficacité dans la défense de leurs intérêts ou points de vue. Il est plus spécifiquement conçu pour les industries de pointe et les réflexes spécifiques qu'elles nécessitent. Parallèlement, un enseignement sur les achats est donné. Il est axé en particulier sur les procédures d'évaluation des fournisseurs (en liaison avec le cours de logistique industrielle).

Logistique industrielle GI323

Responsable du module : V. LAINEZ
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Ce cours a pour but de donner les notions de base nécessaire à un ingénieur de l'aéronautique et de mettre en évidence les problèmes industriels relatifs d'une part à la production aéronautique de série, d'autre part à la logistique associée.

On étudiera ainsi

- la structuration des différents systèmes de fabrication concernés
- la circulation globale des flux physiques et d'informations.
- les relations clients-fournisseurs, en mettant l'accent sur la démarche d'Airbus de sécurisation et de tension des flux, d'outils de communication EDI et de cadres contractuels en fonction des produits achetés.

Management de la qualité GI325

Responsable du module : Philippe GIRARD
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Philippe GIRARD

Descriptif :

Le management de la qualité ne se borne pas à effectuer des tâches de contrôle intermédiaire ou final d'un produit. Il s'intéresse non seulement à la conformité du produit (comme en Assurance Qualité) mais aussi à la satisfaction du client (interne et externe). Il amène une maîtrise de l'organisation à toutes les étapes d'élaboration du produit que ce soit au niveau du commercial, des études, de l'industrialisation, de la production, du soutien après la vente sans négliger le management et l'écoute client. L'objectif de ce cours est d'acquérir et de comprendre des notions précises et globales nécessaires à la mise en œuvre d'un système de management de la qualité

Statistiques industrielles MA341

Responsable du module : F. BERGERET
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

L'objectif de ce cours est de donner aux étudiants la connaissance d'une méthode d'amélioration des procédés industriels, le six sigma. À Travers cette méthode, nous approfondirons plusieurs thèmes de la statistique industrielle : l'analyse de données issues d'une base de données, les plans d'expériences et le SPC (Maîtrise Statistique des Procédés).

Cette formation est appliquée, avec de nombreux exemples industriels. Le logiciel statistique JMP ainsi que des expériences réelles sont utilisées pendant la formation.

Ingénierie du besoin IS343

Responsable du module : Jean-Luc WIPPLER
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Bénédicte ESCUDIER

Descriptif :

L'objectif de la formation est de produire un "bon" cahier des charges, c'est-à-dire l'expression par un maître d'ouvrage, ou client, de ce qu'il attend en terme de résultats d'un système qu'il souhaite acquérir vis-à-vis d'un maître d'œuvre, ou fournisseur. Ce document sert de base pour le dialogue et la contractualisation entre les deux parties : maître d'ouvrage/maître d'œuvre ou client/fournisseur.

Le cahier des charges ainsi élaboré doit posséder certaines propriétés remarquables telles : la cohérence (absence de besoins contradictoires), la complétude (tout a été envisagé), la clarté et la lisibilité, ...

Pour arriver à produire cette base d'exigences, formalisé au travers du cahier des charges, un processus est proposé, constitué d'un certain nombre d'étapes et de résultats intermédiaires. Ces différentes étapes sont illustrées sur un exemple commenté en cours, puis les élèves ont à traiter et produire un cahier des charges en petit groupe, étape par étape, sur un sujet donné.

Mise en place d'un système d'information GI324

Responsable du module : A. WILLEMONT
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

L'objectif du module est de présenter le cycle de vie d'un projet de mise en place d'un grand système d'informations. Le fil rouge du module est SAP qui a su s'imposer comme LE système d'information de référence. Les exemples seront tirés de ce système.

Tout au long du module, les élèves sont sensibilisés aux problématiques et aux enjeux auxquels font face les grandes entreprises aujourd'hui, pourquoi et comment les systèmes d'information peuvent y répondre, et quels sont les obstacles auxquels tout projet de grande ampleur doit faire face.

Pilotage des coûts GI326

Responsable du module : F. DOURNES
Volume de 15 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Aucune décision ne peut plus être prise sans une analyse approfondie coût / efficacité.

Cet enseignement vise à appréhender la problématique de l'analyse et de la gestion des coûts tout au long du processus projet, de l'idée initiale à la vie du produit, en passant par l'estimation et le suivi du projet.

Il présente les différentes méthodes utilisées (estimation, analyse de la valeur, etc.) et fait le lien avec la notion de risque à chaque étape du projet.

Management des programmes GI327

Responsable du module : R. FINANCE
Volume de 25 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Un programme consiste à fournir un produit satisfaisant les besoins de l'utilisateur final, au moindre coût et dans les délais prescrits. Pour satisfaire ces impératifs, et devant la complexité des grands programmes, il est nécessaire de faire appel à des méthodes de management structurées, et en partie normalisées.

L'objectif de ce module est, à travers des études de cas, d'aider les futurs responsables de programme à acquérir une vision claire des problèmes et des méthodes de management.

Approfondissement Physique Spatiale (PS)

→ **Présentation de l'approfondissement**

Adossé au domaine Systèmes Spatiaux, cet approfondissement présente un contenu équilibré entre des connaissances de physique fondamentale et de physique appliquée. Il constitue une première étape d'un parcours pouvant ensuite s'orienter dans plusieurs directions : astrophysique, environnement terrestre, télédétection,...

→ **Débouchés et parcours recherche associé**

L'ouverture sur la recherche est l'une des caractéristiques de cet approfondissement puisqu'il comporte des modules pouvant être utilisés en équivalence de certains cours dispensés dans le Master Recherche ASEP (Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie) auquel SUPAERO est co-habité.

La physique spatiale et l'imagerie sont d'ailleurs bien implantées dans plusieurs centres de recherche toulousains : OMP, CESBIO, CNES, ONERA/DESP et DOTA,...

Gravitation PH320

Responsable du module : G. SOUCAIL
Volume de 15 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Principe de relativité générale et équations d'Einstein. Applications de la relativité générale dans le système solaire ; ondes gravitationnelles ; trous noirs ; cosmologie.

Dynamique des fluides astrophysique PH321

Responsable du module : M. RIEUTORD
Volume de 15 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Stabilité des écoulements, convection thermique, fluides en rotation ; ondes de choc ; introduction à la turbulence ; MHD.

Physique des plasmas PH322

Responsable du module : D. LAZARO
Volume de 15 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Phénomènes individuels, trajectoires, aspects particuliers ;
Fonction de distribution et équation de Vlasov ; ondes dans les plasmas ;
phénomènes d'accélération.

Mini projet PH324

Responsable du module : Bénédicte ESCUDIER -Jean-Claude MOLLIER
Volume de 40 h
Crédits 3 ECTS

Correspondant ISAE : Bénédicte ESCUDIER -Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Les projets IM sont des projets individuels dont le sujet est donné en fonction des orientations que prennent les étudiants : il y a des projets à vocation ingénierie ou recherche. Les sujets sont définis avec les partenaires industriels ou académiques.

Optique pour l'environnement PH325

Responsable du module : X. BRIOTTET - L. HESPEL
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Propagation du rayonnement dans des milieux inhomogènes; phénomènes d'absorption et de diffusion ; équation du transfert radiatif ; application à l'atmosphère : modèles raie-par-raie /de bandes.

Imagerie aéroportée PH326

Responsable du module : J. ISBERT - X. ORLIK
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Sources laser (caractéristiques, propriétés, performances) ;
Optique collectrice (télescopes) ; FTM.
Détection directe, hétérodyne.

Physique des systèmes imageurs PH327

Responsable du module : J. ISBERT - Jean-Claude MOLLIER
Volume de 15 h pour l'approfondissement PS, 10 pour IM
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

-imagerie passive (visible et I.R.) : Techniques d'acquisition (hyper spectral, polarisation,...)

-imagerie active : 2D, flash, 3D ; limitations et applications.

-lidars anémométriques, atmosphériques.

Imagerie Térhertz : technologies et performances ; domaines d'application (spectroscopie, biologie, sécurité,...).

Communications optiques PH328

Responsable du module : Jean-Claude MOLLIER
Volume de 22.5 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

Liaisons optiques terrestres, inter-satellites ; liaisons à fibres optiques (avantages / liaisons électriques) ; performances, compromis distance-débit ;
Eléments de physique des émetteurs et détecteurs.

Traitement d'images MA323

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours est une introduction générale à la vision par ordinateur. Il présente les principaux formalismes mathématiques et les principaux algorithmes liés à l'extraction d'information dans une image.

Imagerie THz PH329

Responsable du module : Jean-Claude MOLLIER
Volume de 12.5 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Claude MOLLIER

Descriptif :

L'objectif de ce module est de présenter (par des spécialistes du domaine) les potentialités de cette technique d'imagerie dans divers domaines: biophysique, astrophysique, sécurité-défense,...

Echantillonnage aléatoire MA321

Responsable du module : Emmanuel ZENOU
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif : Ce cours est une introduction aux processus stochastiques markoviens (chaînes de Markov, Dynamique de Monte-Carlo, Distribution de Gibbs) dans le cadre de l'optimisation stochastique.

Techniques avancées en imagerie spatiale MA324

Responsable du module : J. ZÉRUBIA
Volume de 40 h
Crédits 3 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

L'objectif de ce cours est de faire assimiler les techniques classiques de traitement d'image "bas niveau" : " filtrage et segmentation ". Les principales méthodes étudiées sont : méthodes statistiques, méthodes morphologiques, attributs de contour et de textures, détection de contours, fermetures, croissance de région. Des applications seront proposées aux élèves (TP MATLAB, Image Toolbox). Les méthodes markoviennes, multi résolution et variationnelles sont introduites et replacées dans un cadre général en coordination avec les cours correspondants.

Pré-requis : Cours « Echantillonnage aléatoire ».

Approfondissement Propulsion (PR)

Responsable : J. Gressier

→ Présentation de l'approfondissement

Le but de cet approfondissement est de former des spécialistes de propulsion aéronautique et spatiale ayant de solides connaissances en mécanique des fluides, en énergétique et en mécanique du solide (structures, matériaux). Ces ingénieurs seront capables de concevoir et utiliser tous les systèmes de propulsion aérospatiaux ou terrestres en particulier en travaillant dans les bureaux d'étude chez les avionneurs ou les motoristes.

Le contenu de cet enseignement comporte en plus des disciplines de base en aérothermodynamique et en aérodynamique interne, des compléments en aérothermique, en aéroacoustique et en écoulements diphasiques et réactifs nécessaires à la compréhension des processus physiques couplés intervenant dans les différents éléments des systèmes propulsifs (aéronautique et spatial). On notera que ces disciplines seront enseignées dans une perspective de prise en compte des contraintes environnementales. Le turboréacteur et ses dérivés seront abordés en traitant les différents aspects en respectant une approche système (en plus de la vision aérodynamique interne, la composante structure et la composante régulation...). Les différents principes de propulsion spatiale (moteurs fusée, plasmique et ionique) seront détaillés dans cet approfondissement.

→ Parcours recherche associé

Les enseignements de cet approfondissement peuvent être retenus pour valider des modules à option du Master recherche M2 « Mécanique des fluides et énergétique » (Ecole doctorale MEGEP).

Les ingénieurs ayant suivi l'approfondissement « Propulsion » ont accès à une très grande variété de postes dans l'industrie. Cette formation donne accès notamment aux secteurs R&D de l'industrie dans divers domaines, comme l'aéronautique et le spatial, l'automobile, l'industrie gazière et pétrolière, ou autre. Ces domaines industriels sont maintenant demandeurs de titulaires de doctorats pour le développement de leurs secteurs R&D.

Aérothermique PE420

Responsable du module : P. MILLAN
Volume de 30 h
Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif : Un des objectifs de cet enseignement est de donner les bases de la compréhension des différents transferts de chaleur intervenant dans un système énergétique : moteur de fusée, turboréacteur ou turbine à gaz, moteur à explosion.

Il a pour but de décrire les trois modes de transfert de chaleur : conduction, rayonnement et convection tant d'un point de vue local que global, en régime stationnaire et instationnaire. Cette description montrera les champs d'application et les limites de ces analyses du transfert de chaleur, nécessaires pour des approches amont ou applicatives (de type industrielles) du couplage de ces trois modes de transfert.

Pré-requis : Thermodynamique et thermique de base.

Écoulement diphasique et combustion PE421

Responsable du module : Gérard LAVERGNE
Volume de 30 h
Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Gérard LAVERGNE

Descriptif :

L'objectif de ce module est de fournir aux étudiants les bases de connaissance nécessaires au développement d'un avant projet d'un foyer de combustion de systèmes propulsifs utilisant un carburant gazeux ou liquide. La combustion en milieu diphasique est abordée suivant deux étapes complémentaires : Présentation des différentes approches de simulation numérique d'un écoulement diphasique gaz/gouttes (Euler/Euler, Euler/Lagrange, LES, DNS) et de la modélisation des phénomènes d'interaction entre phases en régime d'évaporation. Application à l'injection d'un carburant liquide avec modélisation des principaux processus physiques depuis l'intérieur du système d'injection jusqu'à l'allumage (phase de préparation à la combustion).

Présentation des différents régimes de combustion et de leur modélisation (flamme laminaire ou turbulente, pré mélangée ou de diffusion)

Différentes applications de ce cours sont développées dans le cadre d'exercices, de bureaux d'études (avant projet de foyer de combustion, approche numérique de la combustion diphasique), de travaux pratiques (banc flamme laminaire au laboratoire de propulsion), d'un Projet d'Initiation à la Recherche (PIR) réalisé à l'ONERA et d'un projet en équipe intégrée.

Pré-requis : Connaissances en mécanique des fluides.

Aéroacoustique PE431

Responsable du module : F. SIMON

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

Equation d'onde milieu au repos, ondes planes, ondes sphériques, impédances, analyse 1/3 d'octave, métrologie. Intensité acoustique: définition, technique de mesure, instrumentation, applications. Unités acoustiques.

Propagation acoustique en milieu guidé : décomposition modale, fréquences de coupure, application aux conduits à section rectangulaire et circulaire.

Rayonnement sonore en champ libre.

Génération et propagation des sons d'interaction entre rotor et stator.

Aperçu sur les méthodes numériques et intérêt des modèles semi-empiriques.

Les différents types de ventilateurs et leurs caractéristiques aérauliques

Bruit des ventilateurs : origine du bruit de raies et large bande, moyens de réduction du bruit, lois de similitude, estimation du niveau de bruit, effets d'installation.

Aérodynamique des turbomachines PE423

Responsable du module : Jérémie GRESSIER
Volume de 30 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

L'optimisation de l'aérodynamique interne des turboréacteurs est indispensable pour obtenir une poussée maximale et définir des compresseurs et des turbines avec des rendements élevés

Ce cours développe dans la première partie le fonctionnement des entrées d'air subsonique et supersonique et des tuyères avec effets visqueux et corrections au col et à la sortie incluant les décollements.

La deuxième partie traite le fonctionnement des grilles d'aubes de compresseurs et de turbines axiales et centrifuges ainsi que les méthodes numériques associées

Structures des machines en rotation PE424

Responsable du module : AUDIC
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

Présentation du fonctionnement mécanique d'un turboréacteur, de ses différentes pièces et de leur interaction.

Vue générale de différents aspects de la conception mécanique : disques, aubes, dynamique d'ensemble

Application au dimensionnement préliminaire d'un disque, d'une aube et d'un arbre de rotor.

Présentation des exigences de certification et moyens mis en œuvre par le concepteur pour y répondre.

Matériaux moteur PE425

Responsable du module : Ph. LOURS

Volume de 10 h

Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

Cet enseignement présente les différents matériaux spécifiques utilisés sur les moteurs aéronautiques, leurs propriétés et leurs utilisations : en particulier au niveau des turbines, les matériaux réfractaires, à solidification dirigée, les techniques de fabrications sans et avec le film cooling, les matériaux composites chauds et froids (aubes compresseur, abradable, nid d'abeille.....).

Régulation des turbomachines PE426

Responsable du module : A. GARASSINO

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

L'objectif de ce cours est de montrer les difficultés spécifiques à la régulation des turbomachines. Pour ce, à partir des lois de la thermodynamique, il sera montré comment il est possible de régler le point de fonctionnement en régimes stabilisés et transitoires en contrôlant le débit carburant, la section de tuyère et les géométries variables.

Il sera en particulier examiné comment il est possible de réguler la poussée sans capteur de poussée et de respecter en même temps toutes les limitations (pompages, survitesses, surtempératures,...)

Il sera ensuite décrit comment sont réalisées matériellement ces régulations en détaillant les systèmes hydromécaniques (système de pompage, dosage carburant, injection, pilotage des géométries variables) et les systèmes électroniques (capteurs, calculateurs moteur, actionneurs, réseaux correcteurs numériques, détection de pannes) embarqués.

Une attention particulière sera portée à la méthodologie de développement système, hardware et software.

Propulsion chimique PE427

Responsable du module : J.-C. TRICOT L. CARIES
Volume de 30 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Descriptif :

Description du fonctionnement d'un propulseur à propergol solide : domaines d'application, fonctionnement interne, définition des différents sous ensembles (tuyère, CVP, corps de propulseur chargé, allumeur), ainsi que des technologies et matériaux utilisés. Exemple d'essais de mise au point.

Pré-dimensionnement d'un moteur à propergol solide.

CFD PE428

Responsable du module : E. AHEDO
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Jérémie GRESSIER

Projet long moteur PE429

Responsable du module : Alain CARRERE
Volume de 40 h
Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Alain CARRERE

Descriptif :

Ce cours consiste en l'avant projet complet d'un moteur du type au choix :

- réacteur d'avion (civil ou militaire)
- moteur fusée à propergol
- moteur à combustion interne appliqué à l'automobile

Lors de cet enseignement les étudiants définissent

- le cycle du moteur
- les performances en vol ou au sol
- le dimensionnement mécanique et aérodynamique
- son intégration dans un système

Approfondissement Structures (ST)

Responsable : J. Morlier

→ Présentation de l'approfondissement

L'objectif de cette formation est d'acquérir une culture approfondie dans le génie mécanique appliqué à l'aéronautique et à l'espace en développant les fondamentaux acquis dans le tronc commun deuxième année, notamment en mécanique du solide. Le Master Recherche Génie Mécanique peut lui être associé. Plus précisément, cet approfondissement vise à développer les aptitudes au calcul numérique des structures, la culture matériaux et la connaissance sur les interactions fluides-structures, l'expertise liée à la qualification et la certification structurale. La dynamique des structures souples, la modélisation et le contrôle des éléments structuraux complexes constituent un enjeu majeur de l'approfondissement. Il ouvre ainsi des débouchés très variés dans les bureaux d'étude de calcul des structures et dans la conception de véhicules aéronautiques et spatiaux.

→ Parcours recherche associé

L'approfondissement Structures peut être utilement associé au Master Recherche Génie Mécanique de Toulouse. En effet, pour les étudiants qui choisissent ce Master dans le cadre de l'approfondissement ST, les cours supplémentaires se réduisent aux quatre modules du tronc commun Master – Dynamique, Composites, Optimisation, Plasticité – qui sont de plus donnés à SUPAERO. Ce parcours ouvre des perspectives recherche dans les thématiques de l'Institut de Génie Mécanique de Toulouse, et notamment dans celles qui sont portées par SUPAERO, à savoir la modélisation de l'endommagement composite pour la certification structurale, et la maîtrise de l'environnement dynamique structural pour le contrôle vibratoire, dans le cadre de coopérations industrielles et internationales. Il prépare aussi très efficacement et très directement à tous les métiers de l'industrie avions, lanceurs, hélicoptères ou véhicules terrestres dans lesquels une composante R&D mécanique des solides est pertinente. Ces métiers, en Bureau d'Étude Développement, Certification, Centres d'essais de Qualification, offrent une très grande variété de missions et d'évolutions potentielles.

Dynamique avancée des structures SM320

Responsable du module : A. GIRARD
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Matthieu BIZEUL

Descriptif : Ce module vise à développer les compétences dans l'analyse dynamique de structures industrielles. Les outils d'analyse modale, de recalage et de traitement par masses effectives et résidus sont présentés et illustrés. Une visite industrielle complète ce module.

Calcul de structures par éléments finis SM321

Responsable du module : M. MAHE
Volume de 45 h
Crédits 3.5 ECTS

Correspondant ISAE : Joseph MORLIER

Descriptif : La Méthode des Éléments Finis (M.E.F.) est devenue aujourd'hui une technique courante dans le calcul des structures. La tendance actuelle dans l'industrie est d'améliorer l'intégration CAO-calcul, et d'augmenter l'automatisation des processus correspondants. Ce module est destiné à sensibiliser les étudiants à l'importance des hypothèses des modèles utilisés ainsi que des limitations des outils de calcul. Il doit permettre aux étudiants d'établir les choix de modélisation les plus efficaces en fonction de l'objectif visé. La place croissante des analyses non linéaires et dynamique transitoire impose une connaissance des limites de l'analyse linéaire statique avec des éléments permettant d'orienter les choix vers des modélisations plus réalistes mais aussi plus complexes à maîtriser. Ce module permet la maîtrise des analyses par M.E.F. aujourd'hui réalisées classiquement dans l'industrie. Des Bureaux d'Etude sur logiciel commercial font partie de la formation.

Pré-requis : Élasticité, mécanique des milieux continus ; résistance des matériaux ; analyse numérique.

Matériaux structuraux, matériaux composites SM322

Responsable du module : Ph. LOURS
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Yves GOURINAT

Descriptif : Présenter les propriétés des différentes familles de matériaux utilisés dans les structures aéronautiques et spatiales.

Matériaux spéciaux SM323

Responsable du module : C. QUILLIEN - J.-Y. GUÉDOU
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Yves GOURINAT

Descriptif : Ce module est dédié aux matériaux spéciaux travaillant dans des ambiances extrêmes thermomécaniques (propulsion, turbines, machines tournante).

Pour chaque catégorie de matériaux spéciaux, ce module présente :

- les propriétés générales mécaniques et thermiques
 - les procédés d'élaboration et de mise en œuvre
 - les applications technologiques et industrielles
-

Charges avion SM324

Responsable du module : Yves GOURINAT - R. FINANCE
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Yves GOURINAT

Descriptif : Ce cours a pour objectif de permettre de se familiariser avec les charges auxquelles sont soumises les cellules d'avions, en vol et au sol et de s'approprier la logique des exigences normalisées retenues pour le dimensionnement de ces cellules, en vue de la certification de l'aéronef.

Structure des aéronefs SM325

Responsable du module : Jacques HUET - J.-M. FEHRENBACH
Volume de 35 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : Yves GOURINAT

Descriptif : Ce cours a pour objectifs de permettre de :

- * comprendre, à partir de l'application des méthodes élémentaires, le mode de travail de la structure et appréhender le rôle des principaux éléments constitutifs de la cellule (architecture),
- * s'approprier les modèles élémentaires de la mécanique de la rupture et du comportement en fatigue (justification vis-à-vis du vieillissement en service).

Flux de chaleur et traînée de frottement AE323

Responsable du module : Jean COUSTEIX
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean COUSTEIX

Descriptif :

L'objectif de ce cours est de donner une description des phénomènes visqueux et turbulents qui se produisent sur un aéronef comme un avion commercial transsonique ou supersonique. Les méthodes de calcul de ces phénomènes sont également présentées.

On insiste sur les éléments qui contribuent à la traînée et aux échanges de chaleur à l'interface fluide-solide.

Production aéronautique GI329

Responsable du module : S. DELTHEIL
Volume de 10 h
Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Alain HAIT

Descriptif :

Notions de base des contraintes industrielles de la production aéronautique. Organisation d'une chaîne de fabrication, apport de la robotisation.

Ce cours est complété par la visite des chaînes de Dassault Aviation à Mérignac.

Structures des satellites SM326

Responsable du module : D. GANGLOFF
Volume de 30 h
Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Yves GOURINAT

Descriptif :

Le but de ce module est de présenter des notions sur les structures des satellites et des lanceurs ainsi que les méthodes utilisées pour le dimensionnement de ces structures.

Une première partie du module est consacrée à la présentation des satellites, des charges utiles de télécommunications et des lanceurs et de leurs chaînes fonctionnelles associées. Un exemple typique : PROTON est présenté.

La deuxième partie aborde les aspects environnement et design des structures. On rappelle les différentes contraintes liées à l'environnement et les différentes méthodes employées pour dimensionner les structures. Les matériaux, certaines techniques de fabrication et les essais de vérification sont à leur tour présentés. Une dernière partie aborde un cas concret : le dimensionnement d'antennes de satellites et la présentation des technologies utilisées.

Technologie des missiles SM327

Responsable du module : M. MONTAGNE
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Yves GOURINAT

Descriptif :

Ce module est une présentation des technologies concernant les missiles balistiques et tactiques. Il a pour but de fournir aux élèves une vue générale de ces aspects afin de les familiariser avec ces technologies pour une utilisation potentielle dans leur vie professionnelle future. Le cours est découpé en cours magistraux, bureaux d'étude (permettant de présenter les problèmes spécifiques à ces missiles) et se conclue par une visite de l'établissement d'Aquitaine d'EADS-ST pour une illustration industrielle et concrète des technologies utilisées. Les thèmes présentés en cours sont : historique des missiles et utilisations opérationnelles, différence entre missiles tactiques et balistiques, du besoin opérationnel à la spécification des missiles tactiques, architecture, technologies des missiles tactiques, aérodynamique et propulsion des missiles tactiques, les missiles balistiques, les différentes phases de vie, les technologies utilisées, les missiles balistiques dans le monde, les problèmes de prolifération, les systèmes anti-missiles.

Approfondissement Systèmes Informatiques (IN)

Responsable : C. Garion

→ Présentation et organisation de l'approfondissement

L'informatique a connu comme science du traitement de l'information un bond phénoménal depuis 50 ans environ. Elle apparaît comme une science et un outil support indispensable de nos jours à toutes les entreprises et aux autres disciplines scientifiques. On la retrouve dans les domaines des systèmes d'information, du calcul scientifique, des systèmes temps réel, de l'ingénierie des connaissances, du contrôle de grands systèmes industriels etc. L'approfondissement peut donc être le prolongement de n'importe lequel domaine de troisième année.

L'approfondissement Systèmes Informatiques a pour but de fournir aux étudiants les techniques, méthodes et fondements scientifiques de la discipline informatique. Cet approfondissement propose un tronc commun de 9 modules permettant de poser un socle de connaissances solides sur lequel l'étudiant pourra s'appuyer lors de sa vie professionnelle. Trois blocs de modules optionnels de 20h chacun permettent ensuite de colorer l'approfondissement avec une teinte « systèmes d'information » ou « systèmes informatiques embarqués ».

Plutôt que de se focaliser sur les dernières technologies à la mode, les modules contiennent toujours un enseignement fondamental permettant aux étudiants de mieux appréhender les notions abordées, de juger les technologies concernées et d'être réactifs dans leur vie professionnelle. Une vision « pragmatique » de l'informatique n'est cependant pas négligée et chaque module contient dès que possible des Bureaux d'Études permettant aux étudiants de se confronter à des cas concrets.

Un projet concret d'un volume de 20h utilisant tous les cours de l'approfondissement sera réalisé par les étudiants. Le cahier des charges de ce projet sera extrait d'un projet industriel.

→ Débouchés et parcours recherche associé

S'il paraît évident que les systèmes informatiques embarqués jouent un rôle important dans les secteurs aéronautique et spatial, les systèmes d'information y prennent une part grandissante. Les autres secteurs industriels sont également friands d'ingénieurs ayant un bon bagage scientifique en informatique.

Les élèves ingénieurs ayant suivi cet approfondissement pourront occuper naturellement le poste d'architecte de systèmes d'information, une place dans un bureau d'étude en systèmes embarqués ou dans une Direction Informatique d'une grande entreprise, voire dans un département de Recherche et Développement. Les perspectives de progression pour les ingénieurs SUPAERO ayant suivis l'approfondissement sont souvent très valorisantes. Cette voie leur donne aussi la possibilité de s'engager dans les métiers du conseil ou de la banque.

L'informatique est également une discipline très vivante au niveau de la recherche fondamentale et appliquée. Les élèves pourront suivre les Masters Recherche suivants :

- Master recherche Informatique et Télécommunications, parcours Intelligence Artificielle
- Master recherche Informatique et Télécommunications, parcours Sûreté du Logiciel et Calcul Haute Performance
- Master Systèmes Automatiques, Informatiques et Décisionnels, parcours Systèmes Informatiques

Métadonnées et XML IN320

Responsable du module : Y. AIT-AMEUR - G. PIERRA

Volume de 30 h

Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Christophe GARION

Descriptif :

Ce cours a pour fonction principale d'amener l'étudiant à maîtriser le processus de développement des bases de données avancées (fédérées, réparties, hétérogènes, objets, actives, déductives). Au cours des 10 dernières années, les concepts objets ont profondément modifié la conception et les architectures des bases de données à travers deux principaux éléments: l'intégration d'éléments procéduraux dans les données (ECA, dérivation, méthodes, inférences) et la représentation uniforme des modèles (instances de méta-modèles) et des données. Ce cours présente l'état de l'art résultant de ces évolutions du triple point de vue de la conception, de la gestion et de l'échange de données

Pré-requis :

Le module IN306 « Bases de données ».

Architecture des calculateurs et réseaux IN321

Responsable du module : Pierre SIRON

Volume de 10 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Descriptif :

Ce cours a pour but de fournir quelques bases sur les calculateurs et les réseaux informatiques.

Dans une première partie, il s'agira d'introduire la notion d'architectures de calculateur et l'organisation des ressources de traitement et de stockage de l'information. Les dernières générations de microprocesseurs serviront d'illustration. Dans une deuxième partie, l'aspect communication sera traité avec une introduction aux réseaux de communication et aux principaux protocoles UDP et TCP/IP. L'interface de programmation depuis le langage C sera fournie.

Validation des systèmes informatiques IN322

Responsable du module : P. MICHEL
Volume de 30 h
Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Descriptif : Ce module a pour objectif de décrire les approches et formalismes d'expression d'exigences, de spécification et de conception spécifiques des systèmes informatiques. On présentera les techniques (par preuve, vérification de modèles et simulation) mises en œuvre pour assurer la validation d'une conception par rapport aux exigences de bon fonctionnement exprimées durant une analyse des besoins.

Informatique parallèle et répartie IN323

Responsable du module : Pierre SIRON
Volume de 10 h
Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Descriptif : L'utilisation de calculateurs parallèles ou distribués est nécessaire pour la recherche de hautes performances et la haute disponibilité. Habituelle dans le domaine du calcul scientifique, elle est maintenant envisagée pour la mise en œuvre de fonctions embarquées. Dans ce module, il s'agit de présenter une taxinomie des différentes formes de parallélisme et de distribution et les concepts liés à la programmation des multiprocesseurs et des réseaux de processeurs.

Pré-requis : Les modules IN321 et IN329

Projet IN326

Responsable du module : Christophe GARION
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Christophe GARION

Descriptif : Cette activité a pour objectif de mettre les étudiants en situation de développement de projet réel. Les élèves sont organisés en groupe solidaire. A partir d'un cahier des charges définissant la finalité du projet (réalisation concrète), en appliquant une approche système et les principes essentiels d'une gestion projet, ils réalisent les études, les bibliographies, les matériels, les logiciels, les expérimentations et les essais nécessaires au développement du projet.

Sécurité informatique IN327

Responsable du module : R. ORTALO
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Descriptif : Ce module aborde les principaux thèmes de la sécurité des systèmes informatiques, sous les axes théoriques et pratiques.

On s'attachera donc ainsi à définir rapidement la sécurité-confidentialité et à présenter la manière dont ce sujet peut être pris en compte dans l'organisation interne des entreprises et des administrations, ainsi que par les acteurs spécialisés dans ce domaine (qui sont assez variés : CNIL, DCSSI/SGDN ou US-CERT).

Ensuite, nous abordons des aspects plus théoriques de la sécurité des systèmes informatiques en présentant quelques éléments de cryptographie, les rudiments des protocoles d'authentification, les principales politiques de sécurité formelles et les modèles de sécurité associés, ainsi que les critères d'évaluation de la sécurité.

Une part importante du temps est accordée à la présentation du principal type de système de contrôle d'accès réseau utilisé concrètement dans la pratique pour traiter la sécurité des systèmes informatiques actuels : les firewalls, que nous abordons essentiellement au travers de la définition d'architectures de protection. Nous mettons aussi l'accent sur certains enjeux liés à la détection d'intrusion et la surveillance des systèmes informatiques.

Enfin, il s'agit aussi d'aborder concrètement des éléments de paramétrage d'applications courantes pour illustrer de (bonnes) pratiques pouvant contribuer à la sécurité d'un système informatique.

Pré-requis : Les modules IN321 et IN329

Système d'exploitation IN329

Responsable du module : Pierre SIRON Christophe GARION
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre SIRON

Descriptif : L'objectif de ce cours est de fournir aux étudiants une compréhension la plus complète possible du fonctionnement d'un système d'exploitation. L'étude des systèmes d'exploitation fournit aux étudiants une meilleure compréhension de l'interaction entre une application et la machine hôte et leur propose un certain nombre de solutions à des problèmes difficiles qui peuvent être réutilisés par la suite. Les points suivants seront abordés : gestion des processus, communication et synchronisation entre processus, gestion de la mémoire, fonctions système C, étude du noyau Linux et de la JVM Java.

Pré-requis : Cours IN102 « Algorithmique et programmation ».

Génie logiciel IN331

Responsable du module : Christophe GARION

Volume de 10 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Christophe GARION

Descriptif :

Le but de ce module est de proposer aux étudiants des techniques et outils leur permettant de mener à bien des projets informatiques conséquents. Pour cela, les différents cycles de vie du logiciel leur seront présentés, ainsi que différents processus. On insistera également sur UML et les design patterns et le développement guidé par les tests. Enfin, un certain nombre d'outils (gestion de configuration, suivi de bugs etc.) seront manipulés.

Génie logiciel et langages temps réel IN333

Responsable du module : Jean-Charles CHAUDEMAR

Volume de 30 h

Crédits 2.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Charles CHAUDEMAR

Descriptif :

Cet enseignement a pour objectif de faire découvrir aux étudiants de l'approfondissement IN des techniques et des outils de développement de systèmes temps réel de plus en plus utilisés dans l'industrie.

Cet enseignement est organisé en trois parties. La première partie porte sur l'utilisation, en phase de spécification, du langage de modélisation UML dans un contexte temps réel. La deuxième partie est consacrée à la présentation du langage temps réel ADA en insistant sur les concepts du temps réel qui fondent ce langage de programmation largement utilisé dans les applications d'avionique ou dans le domaine des systèmes spatiaux. La troisième partie, de façon plus approfondie que dans le module temps réel, traite de l'approche synchrone, utilisée pour la modélisation des systèmes temps réel, et des langages de programmation (Lustre, Estérel) associés à cette approche.

Informatique temps réel et synthèse d'une loi de commande numérique AU340

Responsable du module : Caroline BERARD - Jacques LAMAISON

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Caroline BERARD

Descriptif :

Cet enseignement introduit les concepts, méthodes et outils nécessaires à la conception et à la mise en œuvre des systèmes de traitement de l'information dédiés au contrôle de processus. Les outils et méthodes utilisés pour le développement de logiciels temps réel et la commande numérique sont illustrés par le développement d'une application de commande d'un axe de satellite. Ce module est suivi avec les étudiants de l'approfondissement AU.

Analyse de données MA340

Responsable du module : Emmanuel ZENOU

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Emmanuel ZENOU

Descriptif :

Ce cours a pour objectif d'introduire aux étudiants les bases de l'analyse de données au sens général, avec une forte composante classification. La modélisation des données est vue sous l'angle descriptif (ACP, ...) et sous l'angle statistique (k-means, ...) et les techniques classiques de classification supervisée sont également introduites dans ce cours (réseaux de neurones, ...).

Pré-requis :

MatLab.

Systèmes informatiques embarqués : architecture IN330

Responsable du module : Jean-Charles CHAUDEMAR

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Charles CHAUDEMAR

Descriptif :

Cet enseignement de l'approfondissement SI a pour objectif de caractériser les systèmes informatiques embarqués, systèmes répartis temps réel, fortement contraints par leur environnement, des considérations économiques de plus en plus dures et une sûreté de fonctionnement très souvent critique. Une partie de l'enseignement est consacrée aux architectures et aux ressources de traitement de l'information intégrées dans les systèmes aéronautiques et les systèmes spatiaux.

Programmation distribuée avec Java et J2EE IN328

Responsable du module : Christophe GARION

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Christophe GARION

Descriptif :

Le but de ce module est de présenter les principes de programmation d'applications distribuées, plus particulièrement des systèmes d'information conçus sur un modèle multi-couches. La plateforme d'application pour ce module est J2EE. Dans un premier temps, les principes des RPC sont présentés via l'API RMI de Java. La couche de présentation est implantée via des Servlets et des JSP. Enfin, l'interaction vers la couche de stockage se fait via le framework Hibernate.

Pré-requis :

Modules IN201 et IN321 (IN306 bienvenu, possibilité d'avoir le polycopié de ce cours).

Réseaux et liaisons informatiques embarqués IN332

Responsable du module : Jean-Charles CHAUDEMAR
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Jean-Charles CHAUDEMAR

Descriptif :

La conception de systèmes de traitement de l'information répartis, ont entraîné la mise en œuvre de systèmes de communication divers et de plus en plus sophistiqués. Ces systèmes de communication doivent proposer des services prenant en compte des contraintes temporelles ainsi que l'intégrité de la transmission.

Les réseaux de communication évoqués dans cet enseignement sont largement répandus et leur utilisation est déterminante dans des applications aéronautiques, spatiales et automobiles.

Programmation logique et applications à l'intelligence artificielle IN325

Responsable du module : J. MENGIN
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Christophe GARION

Descriptif :

Dans une première partie, on présente les principes de base de la programmation logique : définitions logiques de relations; requêtes et recherche de solutions par résolution. On introduit ensuite le langage Prolog : syntaxe, données structurées, arithmétiques, entrées/sorties, méta-prédicats, second ordre...

La seconde partie présente quelques thèmes d'intelligence artificielle. L'un de ces thèmes donne lieu à un petit projet de programmation en Prolog

Pré-requis :

Quelques notions élémentaires de programmation et de logique sont souhaitables.

Approfondissement Télécommunications / Navigation (TN)

Responsable : M. Bousquet

→ Présentation de l'approfondissement

Cet approfondissement apporte aux étudiants une connaissance exploitable des outils, techniques et technologies pour les systèmes de communications et de navigation de l'aéronautique et de l'espace. Pour ce faire, le programme de l'approfondissement est organisé selon plusieurs lignes directrices :

- Appréhender les aspects systèmes en mettant l'accent sur les environnements, les limitations et contraintes, les interfaces et les performances attendues.
- Approfondir les disciplines qui interagissent dans la conception de ces systèmes : électronique, traitement de signal, communications, informatique et réseaux, etc.
- Acquérir une bonne maîtrise des outils de conception et simulation du domaine.
- Initier au développement des applications de ces systèmes dans les domaines du spatial et de l'aéronautique.

→ Débouchés et parcours recherche associés

Les connaissances acquises permettent de jouer un rôle actif dès le début de la carrière professionnelle à différents niveaux de la conception des systèmes de communications et de navigation. En effet la formation couvre au mieux les besoins importants de l'industrie sur les thématiques considérées. Le profil de formation est ainsi adapté aux postes d'ingénieurs de développement et de conception système, aux responsabilités de suivi et de conduite de projets, en ce qui concerne les aspects signal, électronique et télécommunications des systèmes aérospatiaux. Ce profil est recherché dans les grands groupes d'électronique et de communications en France et à l'étranger (Alcatel, EADS, Thales, Safran, ST Micro...), les opérateurs de communications, les centres de recherche et agences (CNES, DLR, ESA...), sans oublier les PME et sociétés de service (M3Systems, Cap Gemini, Altran...).

Cet approfondissement peut être complété par une première étape d'une formation par la recherche visant à obtenir le grade de Docteur. L'approfondissement permet de suivre le Master Recherche (M2R) «Informatique et Télécommunications» (Ecole Doctorale MITT) dont le parcours « Réseaux et télécommunications » reprend en grande partie des contenus présents dans les modules enseignés à l'ISAE. Il est aussi possible de suivre avec plus d'investissement personnel le Master Recherche «Signal, Image, Acoustique et Optimisation».

→ Organisation et pédagogie

Le programme de l'approfondissement est organisé en plusieurs blocs : d'abord le socle des connaissances en électronique numérique, télécommunications, signal et réseaux, puis les systèmes de communications et de navigation par satellite, et enfin les techniques spécifiques relatives aux fonctions de traitement numériques dans les récepteurs, ainsi qu'au dimensionnement des réseaux de communications par satellite.

Des bureaux d'études et un mini projet permettent à l'étudiant de mettre en œuvre et développer le contenu des enseignements au travers d'études bibliographiques, travaux de simulation, réalisation de maquettes logiciel ou à base de processeurs de traitement du signal et de circuits intégrés.

Traitement du signal ET421

Responsable du module : Vincent CALMETTES

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Cet enseignement vise à conforter les connaissances en théorie et traitement du signal. Il présente différentes approches pour l'analyse de signaux discrets, des méthodes d'estimation pour la caractérisation de processus aléatoires réels ou complexes, des techniques d'estimation spectrale, des outils d'optimisation de filtres numériques, des algorithmes de filtrage optimum et de filtrage adaptatif. L'enseignement est illustré par des bureaux d'études afin de valider sur logiciel Matlab les outils introduits en cours. Une approche réaliste est proposée par le biais d'un projet concernant l'implantation et l'évaluation d'algorithmes de filtrage adaptatif.

Architectures de traitement numérique ET422

Responsable du module : Pierre MAGNAN - Vincent CALMETTES

Volume de 15 h

Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre MAGNAN

Descriptif :

Ce module introduit les architectures de traitements numériques des signaux qui trouvent leurs applications dans les systèmes de communications, de navigation, les réseaux... L'accent est mis, notamment à travers des bureaux d'études, sur la mise en œuvre d'architectures programmées à base de processeurs numériques des signaux (DSP) et de cibles câblées pour l'implantation des algorithmes.

Communications numériques ET423

Responsable du module : M.-L. BOUCHERET
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Ce module présente les techniques de transmission à distance de l'information codée sous forme numérique (transmission en bande de base et sur porteuse, théorie de la détection, modulations numériques, codage canal, dimensionnement d'un système de communications numériques, canaux linéaires et non linéaires, techniques d'étalement de spectre)

Réseau et protocoles de communication ET424

Responsable du module : José RADZIK
Volume de 22.5 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : José RADZIK

Descriptif :

Cet enseignement vise à fournir une première approche des réseaux de télécommunications. Il a été choisi de présenter les réseaux IP (Internet Protocol) en raison de leur importance dans le domaine et de l'intérêt des systèmes assurant une interconnexion à l'Internet par satellite. Une première partie présente l'architecture générale des réseaux de télécommunications (notion de protocole, modèle OSI) puis les réseaux IP (adressage et routage, empilement protocolaire de référence). Une seconde partie présente une architecture typique d'accès Internet.

Les bureaux d'étude utilisent le logiciel de simulation de réseaux OPNET (logiciel commercial largement utilisé dans l'industrie).

Liaisons radiofréquences et Propagation ET425

Responsable du module : H.-J. MAMETSA
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

La transmission de l'information à distance sans support physique s'effectue à l'aide d'une porteuse radiofréquence ou optique qui se propage dans le milieu considéré. L'objectif de ce cours est de donner les éléments de base des problèmes liés aux liaisons directes en espace libre. Sont présentés : les phénomènes de propagation libre des ondes électromagnétiques, les composants d'extrémités (antennes...), l'influence du milieu, les bruits, les bilans de liaison..

Systèmes de Communications spatiales ET426

Responsable du module : Michel BOUSQUET
Volume de 20 h
Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Cet enseignement s'attache à présenter l'architecture, les applications et les techniques de transmission (bilan de liaison, modulation et codage...) et d'accès multiple (accès, interconnection de faisceaux multiples...) spécifiques aux systèmes de communication par satellite. La charge utile du satellite (répéteur transparent et régénérateur, antennes) et les stations terriennes (architecture, sous-systèmes) sont également étudiées.

Systèmes de navigation et de localisation par satellite ET427

Responsable du module : Michel BOUSQUET

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Le module présente les techniques de détermination de la position d'un terminal à partir de satellites. Les caractéristiques et performances des systèmes de localisation (ARGOS, DORIS) et de navigation (GPS, EGNOS, GALILEO) et leurs principales applications sont présentées. Des bureaux d'études permettent d'appréhender les principes du calcul du point, et des traitements dans les récepteurs de navigation.

Projet ET428

Responsable du module : Michel BOUSQUET

Volume de 10 h

Crédits 1 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Le (mini)projet permet d'approfondir le contenu de l'un des modules de l'approfondissement sous la forme de travaux de simulation, de réalisation de maquettes, etc., sur un thème au choix. La découverte d'une nouvelle thématique est aussi envisageable.

Conception et intégration de systèmes numériques ET430

Responsable du module : Pierre MAGNAN - Vincent CALMETTES

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Pierre MAGNAN

Descriptif :

Ce module introduit les méthodes et outils utilisés pour la conception des systèmes numériques complexes depuis la spécification et la validation des algorithmes jusqu'au test. Sont aussi présentées les différentes approches permettant de réaliser l'intégration des systèmes de traitements numériques (ASIC sur Silicium, FPGA, System On Chip) et les problématiques associées, notamment pour la mise en œuvre de processeurs embarqués personnalisés.

Récepteurs numériques de télécommunications ET431

Responsable du module : M.I BOUCHERET

Volume de 10 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Le module présente les algorithmes de synchronisation et les architectures classiques des récepteurs utilisant les techniques de réalisations à base de circuits et processeurs intégrés numériques : influence des erreurs de synchronisation sur les performances des systèmes de communications numériques, modélisation, dimensionnement et algorithmes des circuits de synchronisation en technologie numérique.

Récepteurs de navigation et hybridation ET432

Responsable du module : Vincent CALMETTES

Volume de 20 h

Crédits 1.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Le module présente les architectures des récepteurs de navigation par satellite (GNSS : Global Navigation Satellite Systems) en s'intéressant plus particulièrement aux traitements numériques et à leur implémentation avec des processeurs et des circuits intégrés dédiés. Les sources d'erreurs (multitrajets, etc.) et de limitation des performances sont analysées. Les techniques d'augmentation basées sur l'hybridation avec d'autres senseurs (compas, odomètres, couplages inertiels lâches ou serrés...) sont étudiées et donnent lieu à des travaux expérimentaux.

Outils de dimensionnement et de simulations des réseaux ET433

Responsable du module : José RADZIK

Volume de 10 h

Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : José RADZIK

Descriptif :

L'étude des réseaux de télécommunications nécessite l'utilisation d'outils de dimensionnement et de simulation. Deux aspects fondamentaux sont abordés dans ce module : la modélisation analytique (théorie des files d'attente, modèles d'Erlang, introduction au multiplexage statistique) et la simulation à événements discrets.

Réseaux de communication par satellites ET434

Responsable du module : José RADZIK
Volume de 22.5 h
Crédits 2 ECTS

Correspondant ISAE : José RADZIK

Descriptif :

Les réseaux de télécommunication actuels, et particulièrement dans le domaine spatial, tendent vers un double objectif de convergence (un même réseau pour tous les types de trafic) et de gestion de qualité de service (comportement du réseau différent selon le type de trafic). Les techniques nécessaires pour répondre à ce double objectif sont étudiées en s'appuyant sur l'exemple des réseaux ATM (Asynchronous Transfer Mode) et des évolutions d'IP (MPLS, DiffServ, IntServ). Les contraintes propres aux réseaux par satellite, leur impact sur la gestion des ressources sont illustrés au travers des systèmes normalisés par l'ETSI (DVB-S et -S2/DVB-RCS) ou TIA (IPoS).

Communications multimédia ET435

Responsable du module : Michel BOUSQUET
Volume de 10 h
Crédits 0.5 ECTS

Correspondant ISAE : Michel BOUSQUET

Descriptif :

Il s'agit de présenter les spécificités des systèmes de communications «multimédia» (en particulier des systèmes satellitaire combinant sur le même support son, image et données numériques, etc.).

Les techniques de radiodiffusion sont décrites (DAB, DVB : Digital Audio/Video Broadcasting). Les évolutions modernes vers la haute définition (TV-HD), l'interactivité avec la mise en œuvre d'une voie retour, et les communications vers les mobiles (DMB, DVB-SH) seront examinées.