



**Livret des enseignements  
de la formation  
professionnelle des X à SUPAERO**



<b>SUPAERO COMME ECOLE D'APPLICATION DE L'X...</b>	<b>5</b>
La formation à SUPAERO.....	5
Le programme de formation.....	6
<b>CURSUS « IA DRONES ».....</b>	<b>7</b>
Principes et contexte .....	7
Thématique et pédagogie.....	7
Contenu de la formation.....	7
<b>LA DEUXIEME ANNEE.....</b>	<b>11</b>
<b>LA TROISIEME ANNEE .....</b>	<b>12</b>
Formation complémentaire scientifique .....	12
Présentation du domaine .....	14
Présentation de l'approfondissement.....	16
Parcours de formation et projet professionnel.....	17
Masters 2 Recherche.....	18
Les conférences d'entreprises.....	18
<b>LES DOMAINES.....</b>	<b>20</b>
Domaine Système d'Information et de Décision (SID).....	20
Domaine Systèmes Aéronautiques (SAE) .....	22
Domaine Systèmes embarqués (SEM) .....	23
Domaine Systèmes Energétiques (SEN) .....	24
Domaine Systèmes Spatiaux (SSP) .....	25
Domaine Systèmes complexes et Simulation (SXS) .....	27
<b>LES APPROFONDISSEMENTS .....</b>	<b>29</b>
Approfondissement Aérodynamique (AE) .....	29
Approfondissement architecture mécanique et thermique des véhicules spatiaux (AS)	31
Approfondissement Automatique (AU) .....	32
Approfondissement Imagerie (IM).....	34
Approfondissement Ingénierie Financière (IF) .....	35
Approfondissement Génie Industriel (GI) .....	36
Approfondissement Physique Spatiale (PS) .....	38
Approfondissement Propulsion (PR) .....	39
Approfondissement Structures (ST).....	41
Approfondissement Systèmes Informatiques (IN).....	43
Approfondissement Télécommunications / Navigation (TN) .....	45



## **SUPAERO comme école d'application de l'X...**

Parmi tous les domaines d'application des sciences et technologies de pointe, le domaine aéronautique et spatial est certainement celui qui a motivé le plus de transferts réussis du monde académique vers le mode industriel. La principale raison à cela réside dans le fait que la conception d'un véhicule aéronautique ou spatial fait appel aux principales sciences de l'ingénieur : la mécanique des fluides et des solides, la thermodynamique, la théorie des systèmes qu'il faut maîtriser et conjuguer dès les phases d'avant-projet. Pour déterminer le comportement dynamique et les performances de tels systèmes, il est nécessaire de développer des modèles de connaissances qui exploitent toutes ces disciplines et on ne peut se contenter d'une approche expérimentale par essais-erreurs, comme on peut le faire avec succès pour des systèmes terrestres. « On ne peut pas faire voler un satellite sans écrire une équation » : c'est bien cette spécificité du domaine aéronautique et spatial où l'expérimentation est soit très onéreuse (aéronautique), soit impossible car il n'est pas possible de créer simplement les conditions réelles de fonctionnement (spatial), qui a toujours permis de bâtir des liens étroits entre scientifiques et ingénieurs et motive particulièrement les étudiants qui voient dans ce domaine la meilleure façon de mettre en pratique les connaissances acquises au cours de leur formation.

### **La formation à SUPAERO**

L'objectif de SUPAERO comme école d'application de l'X est donc d'utiliser le bagage scientifique acquis durant la formation initiale à l'X au service du génie aéronautique et spatial. Il s'agit de montrer comment la mécanique des solides et des fluides peut être utilisée pour concevoir la structure et les gouvernes d'un avion, comment la thermodynamique peut être utilisée pour concevoir un réacteur d'avion. Il s'agit aussi de maîtriser les bases de la théorie des systèmes (automatique, traitement du signal...) qui sont maintenant très utilisées dans ce secteur industriel, en interaction constante avec les disciplines physico-mécaniques, et qui ne sont pas ou peu abordées pendant la scolarité à l'X. C'est l'approche « système » qui permettra au chef de projet de déterminer qualitativement quelles seront les performances d'un nouveau véhicule, quels seront les compromis déterminants pour la réussite d'un nouveau projet.

Pour atteindre cet objectif et rester au centre de ce transfert entre monde académique et monde industriel, SUPAERO a bâti un programme d'enseignement qui s'appuie sur une participation très importante d'intervenants industriels (Airbus, EADS, Dassault Aviation, ...) et des laboratoires et agences de recherches (ONERA, CNES, CNRS,..). Cela garantit un enseignement en constante adéquation aux derniers résultats scientifiques et aux nouvelles problématiques soulevées par les industriels.

## Le programme de formation

Les possibilités offertes sont nombreuses :

- 1 an : troisième année à SUPAERO + projet de fin d'études
- 18 mois : troisième année à SUPAERO + séjour à l'étranger + projet de fin d'études
- 2 ans : deuxième année à SUPAERO et troisième année à SUPAERO ou à l'étranger + projet de fin d'études (soumis à une demande de « formation hors catalogue »)
- Cursus drones (uniquement pour les ingénieurs de l'armement)

Pour les cursus en 1 an ou 18 mois, l'étudiant doit construire un parcours de formation, domaine + approfondissement en cohérence avec son projet professionnel.

Par ailleurs, il est également possible d'effectuer le DESIA (Diplôme d'Etudes Supérieures en Ingénierie des Affaires), formation intensive de deux mois en complément de la troisième année, pour les étudiants qui souhaiteraient s'ouvrir au monde des affaires et du management.

Les étudiants de troisième année du cycle ingénieur ont aussi la possibilité de demander leur inscription et de suivre les cours de l'un des Masters Recherche (M2R) auxquels SUPAERO est co-habituée

## **Cursus « IA Drones »**

### **Principes et contexte**

La formation des ingénieurs du corps de l'armement ayant été analysée comme trop courte et insuffisante pour acquérir les bases indispensables à la connaissance de l'aéronautique, la DGA a demandé à l'ISAE (formation SUPAERO) d'étudier un cursus en 2 ans adapté à la formation initiale des élèves de l'Ecole Polytechnique, conforme aux missions et aux objectifs stratégiques de la DGA et enfin structuré autour de la thématique des drones.

### **Thématique et pédagogie**

La thématique des drones engage, pour une large part, les sciences traditionnellement enseignées à SUPAERO au profit des grandes thématiques de l'aéronautique civile et militaire. Le parti pris pédagogique est ici de combiner le socle des sciences de l'ingénieur aéronautique avec un bouquet de formations plus spécifiques du monde des drones et la réalisation d'un projet concret de drone miniature.

La formation « IA Drones » s'articule ainsi sur 4 semestres :

Semestre 1 : formation complémentaire axée sur les sciences de l'ingénieur appliquées à l'aéronautique et l'espace.

Semestre 2 : projet en laboratoire sur la thématique drone couplé avec des enseignements scientifiques spécifiques et des séminaires d'architecture de système drone et des visites techniques.

Semestre 3 : formation de la troisième année SUPAERO choisie par les étudiants.

Semestre 4 : projet de fin d'études.

### **Contenu de la formation**

Le contenu des deux premiers semestres de la formation est détaillé ici. Les semestres 3 et 4 correspondent au parcours classique de la troisième année du cycle ingénieur en tenant compte d'éventuelles dispenses d'enseignement en fonction des cours déjà reçus en deuxième année.

#### **Semestre 1**

Les élèves suivent un certain nombre de modules du tronc commun du cursus ingénieur SUPAERO de deuxième année qui constituent le socle des connaissances de l'ingénieur aéronautique & spatial.

Modules scientifiques :

Nom du module	référence	Volume horaire	ECTS
Aérodynamique : fluide parfait	AE201	23h45	1,5
Aérodynamique : fluide visqueux	AE202	20h	1,5
Conception et programmation orientées objet	IN201	41h15	3
Conception Fonctionnelle	IS201	19h30	1,5
Mécanique des structures	SM201	40h	2,5
Mécanique Spatiale	IS203	22h30	2
Propulsion aéronautique et spatiale	PE201	20h	1,5
Qualités de Vol de l'Avion	DV201	26h15	2
Représentation, analyse et commande des systèmes linéaires continus	AU201	43h45	3
Signal, Image, filtrage	AU202	33h45	2,5
Technique de conception pour un avant projet (*)	DV202	20h	1,5
Electronique	ET201	17h30	1,5
TOTAL		328h25	24

(\*) Les élèves du cursus IA Drones sont affectés au groupe d'avant-projet d'un drone HALE

Modules non scientifiques :

Nom du module	référence	Volume horaire	ECTS
LV1	LV200	57h30	4
LV2	LV20x	43h45	3
Marketing Industriel	EG201	17h30	1,5
Sport	SP201	40h30	2
TOTAL		159h15	10,5

## Semestre 2

Modules scientifiques :

Nom du module	référence	Volume horaire	ECTS
Pilotage et Navigation des Drones (*)	AU329	16h	1,5
Capteurs radars (**)	ET342	22h30	2
Séminaire Systèmes de Drones - THALES		15h	1
Projet mini-drones (***)	XX203	120h	7,5
Conférence UAS Bristol		20h	1,5
Conférence-Compétition IMAV		24h	2
Séminaire Furtivité, Intégration Armes - Dassault		12h	1
Séminaire Imagerie Drones - SAGEM		6h	0,5
Séminaire Télécommunications Drones - EADS		6h	0,5

Séminaire Mini-Drones – STAT/Bertin		6h	0,5
Mémoires sur les visites Drones		45h	3,5
TOTAL		292h30	21,5

(\*) Le module AU329 (10h) sera complété par une visite à l'ONERA/DCSD (2h30) et une séance d'essai en vol (3h30).

(\*\*) Le module ET342 (20h) sera introduit par une séance de cours (E. Zenou) de 2h30.

(\*\*\*) Le projet mini-drones est augmenté des heures du module « Programmation orientée objet » (IN201, 41h15, 3 ECTS), dans le cas où les élèves du cursus en sont dispensés, après avis du professeur responsable de l'Unité de Formation Informatique.

Modules non scientifiques :

Nom du module	référence	Volume horaire	ECTS
Séminaires géopolitique et géostratégie		24h	2
Séminaires armement et visites		24h	2
TOTAL		48h	4



## La deuxième année

Précédée d'une phase d'harmonisation de trois semaines (début septembre) pour les étudiants admis sur titres et les étudiants étrangers provenant d'établissements partenaires, la deuxième année débute par un tronc commun, d'une durée de six mois, couvrant l'ensemble des sciences de l'ingénieur pertinentes au secteur aéronautique et spatial :

- électronique,
- informatique (conception et programmation orientées objet),
- automatique, systèmes et traitement du signal (représentation des systèmes et asservissements linéaires continus, filtrage, approche systèmes),
- mécanique et thermodynamique (aérodynamique, propulsion aéronautique et spatiale, mécanique des structures, mécanique spatiale, qualités de vol de l'avion),
- calculs scientifiques.

Durant cette période, un ensemble d'applications interdisciplinaires sous forme de bureaux d'études et un avant-projet avion sont effectués.

L'ensemble de ces modules constitue le « tronc commun scientifique ». La partie non-scientifique du tronc commun se compose des modules de communication et de marketing, des cours obligatoires d'anglais et d'une autre langue vivante, de deux séminaires de culture générale au choix parmi une vingtaine et du sport obligatoire (trois autres disciplines abordées).

La deuxième partie de l'année est organisée autour d'un projet 2A et d'enseignements électifs proposés par les unités de formation SUPAÉRO.

Le Projet 2A est soit un projet de recherche, qui nominaleme nt s'effectue seul ou bien à deux, soit un projet en équipe intégrée sur un sujet plus technique ou technologique, avec un groupe constitué de 4 étudiants. On distingue donc clairement deux orientations possibles. Une orientation recherche qui devra donner lieu à une étude bibliographique conséquente. Une orientation projet en équipe où devra être mis en avant la gestion du projet d'un point de vue temporel et du point de vue humain.

## **La troisième année**

### **Formation complémentaire scientifique**

L'objectif de ce module est de donner aux étudiants de l'X intégrant SUPAERO comme école d'application les bases du génie aéronautique et spatial indispensables à la formation d'un ingénieur SUPAERO. Le programme de cette formation a été construit en partant du constat que les étudiants polytechniciens avaient une formation théorique approfondie en mécanique des solides et des fluides. Ce programme vise à donc à compléter cette formation :

-par la mise en œuvre pratique de ces disciplines sur les applications aéronautiques et spatiales,

-par l'enseignement des connaissances de base en théorie des systèmes appliquée à l'aéronautique et le spatial. Il s'agit principalement de la commande des systèmes, du traitement du signal, du filtrage et des systèmes embarqués mais également de la mécanique du vol. Ces disciplines, nouvelles pour les étudiants car peu ou pas abordées durant le cursus à l'X, constituent en volet important du génie aéronautique et spatial, au même titre que les Structures, l'Aérodynamique ou la Propulsion.

### **Pourquoi une architecture domaine-appfondissement ?**

La formation d'ingénieur SUPAERO compte depuis de nombreuses années parmi les références internationales du secteur aéronautique et spatial, comme l'attestent le niveau et la diversité des carrières et des postes atteints par les ingénieurs qui en sont issus. Cette notoriété est également illustrée par la qualité et la sélectivité du réseau des universités avec lesquelles elle entretient des échanges actifs d'étudiants, réseau comprenant la quasi-totalité des meilleures formations aérospatiales européennes et américaines. Bénéficiant d'un environnement scientifique et industriel exceptionnel, elle se retrouve ainsi tout naturellement au cœur du pôle Aéronautique, Espace et Systèmes Embarqués (AESE), l'un des huit pôles de compétitivité de niveau mondial labellisés par le gouvernement français en 2005.

L'ingénieur SUPAERO s'appuie sur un large spectre scientifique, lui permettant aussi bien de travailler sur les systèmes complexes et les interfaces entre disciplines, qui sont au cœur même des grandes innovations et des métiers aérospatiaux, que de rayonner dans les autres secteurs de l'économie à forte composante technologique : 50% des jeunes diplômés choisissent ainsi de s'orienter en premier poste vers l'automobile, les transports, le conseil, l'informatique, les communications, mais aussi la finance ou l'audit.

Il doit également pouvoir choisir d'approfondir sa maîtrise d'un champ particulier. La complexité et la variété des défis auxquels est confrontée l'industrie aérospatiale l'a conduite, parmi les premières, à redonner une place de choix aux profils experts ; dans plusieurs domaines, les bureaux d'études et les unités de

R&D des grandes entreprises comptent désormais une proportion importante d'ingénieurs titulaires d'un doctorat. SUPAERO a délivré près de 600 doctorats depuis trois décennies, en s'appuyant notamment sur le centre de Toulouse de l'ONERA, dont les installations comptent parmi les plus performantes au monde, mais aussi sur un riche tissu de collaborations avec les universités et centres de recherche du pôle toulousain.

Il est donc logique que le profil de formation de la dernière année du cycle ingénieur combine un domaine transversal et un approfondissement scientifique. Cette combinaison vise à répondre à des profils de formation nécessaires dans les industries de haute technologie où l'on demande aux ingénieurs de haut niveau de combiner expertise et polyvalence. Il est apparu que s'il était nécessaire d'asseoir une spécialisation sur un solide tronc commun généraliste scientifique et technique, ce schéma pouvait être amélioré pour permettre aux ingénieurs concernés une évolution rapide et des possibilités de choix de carrière accrues.

Les derniers mois du cycle ingénieur sont consacrés à un stage de projet de fin d'études. Un grand nombre d'élèves de dernière année à SUPAERO choisissent de l'effectuer dans une entreprise du bassin aérospatial toulousain ou de la région parisienne, mais il est également possible de le réaliser à l'étranger pour ceux qui souhaitent renforcer la composante internationale de leur formation.

## Présentation du domaine

### → Qu'est ce qu'un domaine ?

Le domaine est l'ensemble des disciplines, et de leurs relations imbriquées, nécessaires à la réalisation de projets et d'applications dans un secteur industriel et un environnement donnés.

Le domaine se réfère à une structure indissociable d'enseignements, dispensés conjointement au tronc commun de troisième année composé de langues et de management et à l'approfondissement dans une ou plusieurs disciplines.

La liste des domaines et des professeurs responsables est :

Code	Nom de domaine	Professeur Responsable
<b>SAE</b>	Systèmes Aéronautiques	C. Cros
<b>SEM</b>	Systèmes Embarqués	J. Cardoso
<b>SEN</b>	Systèmes Energétiques	G. Lavergne
<b>SID</b>	Systèmes d'Information et de Décision	A. Haït
<b>SSP</b>	Systèmes Spatiaux	B. Escudier
<b>SXS</b>	Systèmes complexes et Simulation	D. Matignon

Tous nos domaines sont associés à une dénomination de « système ». Il convient d'éclaircir la relation entre domaine et système et examiner pourquoi le domaine est au cœur d'une partie importante de l'enseignement de la troisième année.

### → Préciser le secteur industriel de référence

Les organisations d'un secteur industriel sont constituées de systèmes de production complémentaires, concurrents, parfois antagonistes répartis dans des départements ou services aux fonctions différentes. Ces systèmes peuvent être étudiés sous plusieurs angles, celui du concepteur, celui du réalisateur, celui du gestionnaire.

L'objectif de l'approche systémique des fonctions de production industrielles est de faciliter l'insertion des élèves par une employabilité plus rapidement opérationnelle. En effet, cette approche a pour objet de montrer les relations et interactions des différents acteurs dans leurs mécanismes de coordination.

Il est donc nécessaire dans la présentation de chaque domaine de replacer le système dans son secteur industriel de référence qui doit être cité précisément. La prise en compte des résultats récents de la recherche finalisée et des plans prospectifs des industriels et des agences permettra d'anticiper les tendances futures et de corriger une vision à trop court terme.

## → Le périmètre scientifique et les prérequis

Une fois le domaine et son objet identifiés, il est relativement facile de dessiner le périmètre scientifique concerné. Il faut éviter le double écueil de voir trop large (« tout est dans tout ») et de se concentrer sur une discipline de référence au risque de confondre domaine « système » et approfondissement disciplinaire. Il est important aussi de commencer par citer le périmètre disciplinaire avant de mentionner les prérequis.

Les prérequis d'un domaine doivent en principe se trouver dans le tronc commun scientifique et technique. Si des prérequis jugés indispensables pour atteindre la compréhension minimale du domaine ne figurent pas dans le Tronc Commun, ils seront introduits rapidement afin d'atteindre les objectifs de formation du domaine.

## → Composition du domaine

Le domaine est constitué de 160 heures de cours, petites classes, TP et autres activités programmées obligatoires hors conférences industrielles communes qui s'ajoutent à 150 heures de tronc commun (90 heures de Langues Vivantes et 60 heures de management) et 240 heures pour l'approfondissement, soit un total de 550 heures programmées pour deux trimestres.

Le domaine comprend nécessairement :

- des cours portant sur la définition et le fonctionnement des systèmes de référence
- des cours et des bureaux d'étude de conception des systèmes de référence
- des cours portant sur la sûreté de fonctionnement et sur l'optimisation appliquées aux systèmes de référence

Il comprend généralement certains cours prolongeant les disciplines du périmètre disciplinaire et les appliquant aux systèmes de référence.

Il comprend exceptionnellement et de façon limitée des cours disciplinaires indispensables à la simple compréhension des cours précédents et qui ne pourraient trouver leur place dans le Tronc Commun Scientifique et Technique des deux premières Années.

## Présentation de l'approfondissement

### Principes généraux

La pluridisciplinarité et l'approche Système de l'approfondissement pourraient conduire à négliger l'expertise scientifique et technique. Ceci serait une grave erreur. Les industriels du Conseil de la formation tout en encourageant l'approche Système nous mettent en garde contre l'abandon de l'excellence scientifique. De nos jours, celle-ci ne peut s'exercer à la fois dans trop de domaines. D'autre part, le volume d'un cours de vingt heures ne suffit pas à une avancée significative vers l'expertise à partir du contenu du Tronc Commun Scientifique et Technique. Enfin, SUPAERO a l'ambition de donner à tous ses étudiants à la fois une formation à l'approche système d'un domaine industriel et une formation à l'expertise dans un domaine technique.

Pour cette raison, SUPAERO prévoit un approfondissement disciplinaire important sur le plan de l'horaire et ciblé sur un champ disciplinaire assez précis. Généralement, ce champ disciplinaire est lié à un ou plusieurs Mastères Recherche (M2R) auquel l'Ecole est cohabilitée et l'étudiant peut obtenir le diplôme de Mastère parallèlement à sa formation d'ingénieur moyennant un travail supplémentaire. Cela permet à un nombre important d'ingénieurs SUPAERO de recevoir une initiation substantielle à la Recherche et à quelques-uns de poursuivre en thèse cette formation.

La pluridisciplinarité nécessaire sera favorisée en jouant sur le principe de complémentarité entre l'approfondissement et la majeure de seconde année.

### → Modalités générales de construction des approfondissements

- Durée : 240 heures
- Ouverture sur le maximum de domaines utilisant effectivement la discipline
- Cours de base dans la discipline en approfondissement du tronc commun
- Cours avancés dans la discipline
- BE ou projets d'application
- Retour en application de la discipline vers le domaine

### → Liste des approfondissements et des professeurs responsables

Code	Nom de l'approfondissement	Responsable de la conception
<b>AE</b>	Aérodynamique	A. Bonnet
<b>AU</b>	Automatique	F. Dehais
<b>IM</b>	Imagerie	E. Zenou
<b>IN</b>	Systèmes Informatiques	C. Garion - P. Siron
<b>IF</b>	Ingénierie Financière	L. Germain
<b>GI</b>	Génie industriel	A. Haït
<b>AS</b>	Architecture Mécanique et Thermique des véhicules spatiaux	D. Mimoun
<b>PR</b>	Propulsion	J. Gressier
<b>PS</b>	Physique Spatiale	J.-C. Mollier
<b>ST</b>	Structures	J. Morlier
<b>TN</b>	Télécommunications, Navigation	M. Bousquet

## **Parcours de formation et projet professionnel.**

Le profil de formation présenté dans ce projet combine donc en troisième année un domaine transversal et un approfondissement scientifique. Cette combinaison vise à répondre à des profils de formation nécessaires dans les industries de haute technologie où on demande aux ingénieurs de haut niveau de combiner expertise et polyvalence. Il est apparu qu'asseoir une spécialisation sur un solide tronc commun généraliste scientifique et technique était nécessaire mais pouvait être amélioré pour permettre aux ingénieurs concernés une évolution rapide et des possibilités de choix de carrière accrues.

Dans cette logique, l'étudiant ne choisit ses cours ni dans un menu à la carte qui rendra difficile l'acquisition d'une expertise par manque de pré requis d'un cours à l'autre ni dans le cadre d'une spécialisation exclusive. Il construit un parcours de formation cohérent avec un projet professionnel. L'architecture domaine - approfondissement rend possible beaucoup plus de parcours qu'une architecture en arbre qui aboutirait à une séparation disciplinaire. Evidemment, certains parcours sont plus utilisés que d'autres et il est de la responsabilité de l'Ecole de conforter les débouchés des étudiants en soulignant ces parcours dans l'orientation des étudiants. Presque aucun choix n'est interdit a priori, certains sont plus naturels (ou plus classiques), d'autres doivent être expliqués par l'étudiant candidat pour être validés.

La troisième année comprend également, pour les élèves de toutes les filières, des cours d'anglais et d'une autre langue vivante, trois séries de cours et de séminaires traitant d'économie et de management en contexte international, ainsi qu'un cycle de conférences.

La scolarité s'achève par un stage d'une durée minimale de trois mois et maximale de six mois, le projet de fin d'études (PFE). Ce projet se déroule le plus souvent en milieu industriel. Chaque stage de PFE est suivi par un responsable de stage dans l'entreprise ou le laboratoire d'accueil et par un responsable académique à SUPAERO. Le stage s'achève par la rédaction d'un rapport et une soutenance devant une commission. Les soutenances relevant d'une même thématique disciplinaire sont, dans la mesure du possible, regroupées en sessions (fin août – début septembre).

Pour les étudiants qui suivent une seconde année de master recherche en parallèle de la troisième année, le projet de fin d'études se confond le plus souvent avec le stage de master.

Les ingénieurs de l'armement (issus ou non de l'École polytechnique) qui suivent leur formation à SUPAERO effectuent un PFE long de neuf mois.

Les nombreux contacts qu'entretient SUPAERO avec les industriels et les laboratoires de recherches permettent donc de proposer aux étudiants des projets de fin d'études, à caractère industriel ou orientés vers la recherche pour poursuivre éventuellement les études par une formation par la recherche (doctorat). Enfin, SUPAERO entretient également des partenariats avec les principales universités étrangères dans le secteur aérospatial (MIT, Stanford, GeorgiaTech,,... aux USA, Cranfield University, TU Delft, TUM... en Europe). Il est donc tout-à-fait possible d'effectuer son projet de fin d'études à l'étranger. Cela permet de rendre compatibles à un étudiant de l'X le choix de SUPAERO comme école d'application et d'une expérience à l'étranger.

Les élèves de troisième année ont également la possibilité de suivre, après sélection et en parallèle de leur cursus d'ingénieur, la formation de DESIA, Diplôme d'Études Supérieures en Ingénierie des Affaires. Le DESIA est un diplôme d'établissement propre à SUPAERO.

## **Masters 2 Recherche**

Les étudiants de troisième année du cycle ingénieur ont la possibilité de demander leur inscription et de suivre les cours de l'un des Masters Recherche (M2R) suivants auxquels SUPAERO est co-habituée. L'obtention d'un Master Recherche ouvre la possibilité de passer un doctorat en trois ans. SUPAERO dispose de laboratoires de recherches propres ou en association avec des partenaires et en premier lieu avec l'Office National de Recherche Aéronautiques (ONERA). C'est une des Ecoles d'ingénieurs françaises habilitée à délivrer le doctorat sous son sceau propre.

L'ISAE est habilitée à délivrer le master recherche, conjointement avec les établissements partenaires du site toulousain, dans **5 spécialités** dépendant de 5 mentions, elles-mêmes contenues dans le domaine "Sciences, Technologie, Santé".

### **Mention Informatique - 1 spécialité :**

- Informatique et Télécommunication (IT)

### **Mention Mathématiques et applications - 1 spécialité :**

- Mathématiques Fondamentales et Appliquées (MFA)

### **Mention Génie mécanique en aéronautique - 1 spécialité :**

- Génie Mécanique (GM)

### **Mention Mécanique, Energétique - 1 spécialité :**

- Dynamique des fluides, Energétique et Transferts (DET)

### **Mention Physique et Astrophysique - 1 spécialité :**

- Astrophysique, Sciences de l'Espace et Planétologie (ASEP)

## **Les conférences d'entreprises**

Les étudiants de SUPAERO ont de multiples occasions de découvrir les entreprises, notamment à travers l'enseignement grâce à l'intervention de nombreux vacataires venus de l'industrie et des services.

Afin de mieux préparer les élèves à affiner leurs choix d'enseignement et à construire leur projet professionnel, des interventions plus spécifiques sont également organisées. Les entreprises présentent leurs activités, les opportunités offertes aux jeunes diplômés et les stages. Au-delà des informations générales, ces interventions associent la plupart du temps des jeunes diplômés qui témoignent de leurs débuts dans la vie professionnelle et peuvent aborder de façon très concrète les différents aspects de leur métier. Les jeunes anciens interviennent également lors de présentations destinées à orienter les élèves dans leurs choix de majeures ou de domaine et approfondissement de troisième année.

Les conférences sont souvent suivies d'entretiens de recrutement pour les stages ou de simulations d'entretien. Ces interventions sur site sont très précieuses pour les étudiants et sont une aide efficace pour préparer leur recherche de stage ou d'emploi, en leur permettant de mieux comprendre les attentes des recruteurs et d'aborder les techniques d'entretien.

L'organisation des conférences est assurée par le service stages et carrières en partenariat avec le bureau des élèves (notamment son chargé des relations avec les entreprises) ainsi qu'avec l'association SUPAERO des anciens élèves qui apporte un indispensable soutien à l'Ecole. Le calendrier des conférences tente de concilier les sollicitations des entreprises, les attentes des étudiants et les possibilités offertes par l'emploi du temps.

## **Les domaines**

### **Domaine Système d'Information et de Décision (SID)**

#### **→ Présentation du domaine**

Le domaine Systèmes d'Information et de Décision est une réponse à l'évolution, depuis une dizaine d'années, des métiers ouverts aux ingénieurs dans l'industrie. Le monde industriel s'est durci et complexifié (contraintes techniques, économiques, financières, légales, environnementales, ...). Les décisions, autant au niveau opérationnel que stratégique, doivent donc s'appuyer, non seulement sur les capacités d'analyse et de synthèse reconnues aux ingénieurs, mais aussi sur des bases techniques spécifiques.

Le domaine Systèmes d'Information et de Décision se veut un socle de ces compétences, au niveau des trois composantes fondamentales de la prise de décision :

- les données qui se caractérisent par leur nombre, leur diversité et leurs origines différentes : plus que de bases de données, il s'agit alors de systèmes d'information
- la modélisation du problème qui va directement conditionner les techniques de résolution
- les méthodes d'aide à la décision, notamment en environnement fortement combinatoire ou incertain.

#### **→ Débouchés du domaine**

Les compétences acquises constituent des connaissances de base de l'ingénieur et peuvent renforcer la compétence dans tous les métiers offerts à l'ingénieur SUPAERO. Néanmoins, trois approfondissements constituent le prolongement le plus naturel au domaine :

- « Ingénierie Financière » : qui ouvre aux métiers de la finance (finance d'entreprise, gestion des risques financiers, finance de marché, audit financier...)
- « Ingénierie Logistique » qui est centrée sur les problèmes de maîtrise des flux, autant internes qu'externes, dans l'entreprise
- « Systèmes Informatiques » qui s'intéresse plus précisément à l'architecture et à la conception des sy

Libellé	Nb heures	ECTS
Optimisation	38,75	3
Méthodes et outils pour la décision	37,5	3
Choix d'investissement	17,5	1
Systemes d'entreprise et systemes d'information	15	1
Bases de données	18,75	1.5
Architecture des systemes distribués	16,25	1
Sûreté de fonctionnement	21,25	1.5

## Domaine Systèmes Aéronautiques (SAE)

### → Présentation du domaine

Cette formation vise la conception générale des aéronefs : architecture et conception avions, processus de conception hélicoptères. En termes d'itinéraires de formation, ce domaine - transverse par nature - est ouvert à la plupart des approfondissements.

### → Débouchés du domaine

Les débouchés correspondants peuvent être présentés comme suit :

- Les itinéraires, SAE/AE et SAE/ST, qui ont fait leurs preuves depuis des années, mènent aux métiers de conception structure, aérodynamique et calcul en avant-projet en bureaux d'étude et certification des aéronefs ;
- Les itinéraires SAE/AU et SAE/SI permettent de former des ingénieurs ayant une compétence dans les domaines de la mécanique du vol, des commandes de vol, des performances et des équipements avioniques ;

La formation dispensée permet l'évolution vers le métier de chef de projet avion et d'ingénieurs capables d'évolutions rapides et appelés à exercer différents métiers dans le domaine de la conception avion.

Libellé	Nb heures	ECTS
Avionique	16.25	1
Stratégie de développement des avions civils	20	1.5
Conception hélicoptères	20	1.5
Conception des avions de transport commerciaux	22.5	1.5
Optimisation des systèmes	20	1.5
Production aéronautique	10	1
Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement	20	1.5
Motorisation des aéronefs	18.75	1.5
Aéro-élasticité	15	1

## Domaine Systèmes embarqués (SEM)

### → Présentation du domaine

Les systèmes embarqués suscitent un intérêt croissant dans l'industrie du fait des enjeux considérables qu'ils représentent par la capacité de progrès technologiques, par l'importance des marchés concernés et par la nécessité d'expertises multi-métiers. Ils traduisent un besoin de services élaborés afin d'accroître l'efficacité des systèmes opérationnels.

Le domaine « Systèmes Embarqués » fait apparaître la nécessité d'une analyse spécifique des systèmes complexes critiques répondant à des exigences de qualité et de sûreté de fonctionnement très strictes, et propose des méthodes et outils de conception pour y parvenir.

### → Débouchés du domaine

Des éléments stratégiques liés au pôle de compétitivité Aéronautique, Espace et Systèmes Embarqués confortent les compétences du site toulousain sur ce thème et développent une dynamique au niveau de la recherche appliquée et des besoins dans les systèmes et leur intégration en Recherche et Développement exprimés par les nombreux industriels concernés.

Les itinéraires privilégiés de formation SEM/AU, SEM/IN et SEM/TN contribue à former des ingénieurs ayant des compétences respectives en modélisation et système de commande contrôle, en système de traitement de l'information, et en électronique et systèmes de communication.

La formation dispensée permet l'évolution aussi bien vers les métiers de chef de projet, architecte systèmes ou intégrateur en Recherche et Développement en entreprise, que vers la recherche appliquée.

Libellé	Nb heures	ECTS
Opération et supervision	20	1.5
Systèmes embarqués "avioniques"	21.25	1.5
Application robotique dronique	10	0.5
Ingénierie des systèmes embarqués	10	1
Contraintes et intégration	25	1.5
Optimisation pour les systèmes embarqués	21.25	1.5
Sûreté de fonctionnement et maîtrise des risques	21.25	1.5
Modèles de systèmes embarqués : Modèles discrets, modèles hybrides	20	1.5
Simulation et co-simulation matérielle/logicielle	20	1.5

## Domaine Systèmes Energétiques (SEN)

### → Présentation du domaine

Ce domaine est destiné à former des spécialistes des systèmes énergétiques au sens large, qu'il s'agisse de l'industrie des moteurs (turbomachines, moteurs fusée et moteurs à combustion interne) ou d'autres secteurs énergétiques dans leurs différents aspects (vision système, gestion de l'énergie, impacts sur l'environnement).

L'objectif de ces cours est de donner aux étudiants une formation approfondie sur les différents systèmes propulsifs et sur les nouveaux concepts liés à la maîtrise de l'énergie (exemple : utilisation de carburants alternatifs). Le profil de cette formation est bien adapté aux défis technologiques actuels et à venir (réduction des émissions polluantes et sonores des systèmes propulsifs) et au développement de nouveaux concepts (moteurs hybrides).

### → Débouchés du domaine

Ce type de profil est très recherché par :

- les motoristes de l'aéronautique et du spatial pour l'optimisation des différents éléments des systèmes propulsifs et le développement de nouveaux concepts,
- les avionneurs pour l'intégration des moteurs et l'évaluation des performances et de l'opérabilité.
- les motoristes des véhicules terrestres
- d'autres secteurs de l'énergétique (nucléaire, thermique, énergies nouvelles, gestion de l'énergie, gazière, pétrolière)

Libellé	Nb heures	ECTS
Optimisation des systèmes	20	1.5
Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement	20	1.5
Thermodynamique, Cycles et performances	40	2.5
Intégration des systèmes de propulsion	11.25	1
Energie et environnement	20	1.5
Energie Nucléaire, pile à combustible	20	1.5
Mécatronique	10	1
Aérothermique	20	1.5
Optimisation des systèmes	20	1.5

## **Domaine Systèmes Spatiaux (SSP)**

### **→ Présentation du domaine**

L'objectif des enseignements de ce domaine est d'apporter aux étudiants la connaissance de l'environnement physique, réglementaire et économique, des méthodes et des techniques qui leur permettra, en association avec un approfondissement technique thématique, de participer à la conception, au développement et à l'utilisation des systèmes ayant une composante spatiale, dès le début de leur carrière professionnelle.

Pour remplir cet objectif, le programme d'enseignement de ce domaine comporte des modules organisés selon trois lignes directrices :

- Compréhension des aspects système en mettant l'accent sur l'environnement des systèmes spatiaux, leurs contraintes, leurs interfaces et leurs performances.
- Connaissance des disciplines indispensables dans la conception de ces systèmes : sûreté de fonctionnement, optimisation, analyse mission et mécanique spatiale...
- Initiation à la conception des missions et applications des systèmes spatiaux (télécommunications, imagerie, science).

### **→ Débouchés du domaine**

Le profil de formation final obtenu après le suivi d'un des différents approfondissements du domaine est adapté aux postes d'ingénieurs de développement et de conception des systèmes spatiaux, aux responsabilités de conduite de projets spatiaux. Ce profil est recherché dans les grands groupes spatiaux en France et à l'étranger (AAS, EADS/Astrium, Thales, Safran, ...), les centres de recherche et agences (CNES, DLR, ESA, ONERA...), sans oublier les PME et sociétés de service (Alten, Altran...).

### **→ Organisation et pédagogie**

Le programme comporte 160 heures d'enseignements scientifiques et techniques, théoriques et pratiques. Les enseignements théoriques s'appuient sur des cours magistraux et des bureaux d'études qui permettent d'appliquer les connaissances présentées. Des mini-projets permettent à l'étudiant de mettre en œuvre et développer le contenu des enseignements au travers d'études bibliographiques, études d'avant-projet, travaux de simulation,... Certaines de ces activités peuvent être conduites en groupe et apportent une expérience enrichissante au niveau du travail en équipe et de la conduite de projet.

Libellé	Nb heures	ECTS
Optimisation combinatoire	25	1.5
Maîtrise des risques et sûreté de fonctionnement	20	1.5
Systèmes spatiaux	16.25	1
Environnement spatial et effets	13.75	1
Dynamique et commande d'attitude	10	1
Analyse mission et mécanique spatiale	17	1.5
Imagerie spatiale	20	1.5
Aspects juridiques et économiques	11.25	0.5
Télécommunications spatiales	20	1.5
Conception des satellites	10	1

## Domaine Systèmes complexes et Simulation (SXS)

### → Présentation du domaine

L'enseignement du domaine vise à compléter la formation des étudiants par des savoir et des savoir-faire leur permettant de se positionner, dans un contexte scientifique et technologique exigeant, à l'articulation des différentes disciplines physiques intervenant dans l'élaboration d'un système complexe.

Cet enseignement traite des problématiques de nature mathématique et informatique liées aux interactions entre disciplines physiques et/ou techniques.

L'idée essentielle est que l'élève ingénieur Supaero a acquis durant ses deux premières années une formation en apprentissage de physiques différenciées : mécanique des structures, aérodynamique et propulsion notamment, avec de solides connaissances en mathématiques appliquées (analyse numérique et EDP). Il dispose donc d'une formation unique qu'il pourra faire fructifier en abordant, au travers du domaine les problèmes contemporains de modélisation, de simulation et d'optimisation intervenant dans un contexte multi-physique.

Une partie essentielle de ce domaine offre des cours d'applications en prise directe avec les préoccupations des industriels, acteurs majeurs du calcul scientifique haute performance. Une partie plus académique permet d'aborder en profondeur les grands domaines scientifiques que sont l'analyse et la modélisation multi-échelles, la modélisation multi-physique, l'optimisation et enfin, l'informatique parallèle et distribuée utilisée pour le calcul haute performance (HPC).

### → Débouchés du domaine

Les partenaires industriels du domaine sont des leaders de l'industrie aéronautique et spatial, en phase avec l'orientation thématique de l'Ecole. Plusieurs partenaires (Thales, EADS, et Onera notamment) ont par ailleurs de fortes interactions avec le Ministère de la Défense.

Chacun des partenaires s'est engagé à proposer un sujet de Projet de Fin d'Etude, à l'intention particulière des étudiants ayant suivi ce domaine (EADS, Airbus, AREVA, THALES, TOTAL, OPTIMUS, C&S, ONERA, METEO-France, IMFT, CLS)

### → Parcours recherche associé

Ce domaine donne aussi la possibilité de suivre en parallèle le master de recherche en mathématiques fondamentales et appliquées cohabilité avec l'Université Paul Sabatier de Toulouse.

Libellé	Nb heures
<b>Modèles multiphysique &amp; multi-échelle</b>	
Introduction à la hiérarchie de modèles, (intervenants UPS / IMT & CNRS)	10
Méthodes inverses & Contrôle optimal, (intervenants EADS IW)	2h30
Simulation de la déformation de tubes soumis à des chargements : modélisation à l'échelle du grain (microscopique) et projection à l'échelle du tube (macroscopique), (intervenants AREVA)	2h30
Utilisation de méthodes avancées de résolution d'EDP et application à des problèmes industriels, (intervenants THALES)	2h30
Problèmes inverses et calcul haute performance en prospection pétrolière, (intervenants TOTAL)	2h30
Un code de calcul éléments finis adapté aux problèmes de mécanique non-linéaire : lois de comportement matériaux, méthodes d'intégration robustes et procédures performantes d'identification de coefficients : le code ZEBULON, (intervenants ONERA)	2h30
Un outil de simulation multi-physiques pour l'énergétique et la propulsion : le code CEDRE, (intervenants ONERA)	2h30
Techniques mathématiques en assimilation de données pour la prévision météorologique, (intervenants Meteo France)	2h30
Météo et Atmosphère, (intervenants Meteo France)	2h30
<b>Simulation numérique</b>	
Méthodes Numériques de l'Ingénieur,	35
EDP avancées	20
Calcul Haute Performance (intervenants HPC),	30
<b>Optimisation et sûreté de fonctionnement</b>	
Optimisation multiobjectif, Problèmes inverses (intervenants INRIA)	25
Sûreté de Fonctionnement: (intervenants EADS IW)	20

# Les approfondissements

## Approfondissement Aérodynamique (AE)

### → 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....

Libellé	Nb heures	ECTS
Aérodynamique instationnaire	27.5	2
Aérodynamique supersonique, entrée d'air et tuyère	20	1.5
Turbulence et couche limite	20	1.5
Flux de chaleur et traînée de frottement	20	1.5
Aérodynamique numérique	20	1.5
Aérodynamique de l'hélice	20	1.5
Aérodynamique des missiles	20	1.5
Aérodynamique de l'automobile	12.5	1
Projet de synthèse	20	1.5
Aérodynamique hypersonique	15	1
Aérodynamique avancée de l'avion	15	1
Aéroacoustique des machines tournantes	20	1.5
Machines axiales	10	1

## Approfondissement architecture mécanique et thermique des véhicules spatiaux (AS)

Programme année scolaire 2011-2012- refonte en cours de réflexion pour rentrée 2012

### → 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.

Libellé	Nb heures	ECTS
Aérodynamique des lanceurs	20	1.5
Aérothermodynamique des véhicules spatiaux	40	3
Conception lanceurs	20	1.5
Ingénierie satellite	20	1.5
Structures des lanceurs et véhicules spatiaux	40	3
Propulsion spatiale	20	1.5
Propulsion électrique	20	1.5
Contrôle thermique des véhicules spatiaux	20	1.5
Projet long	40	3

## Approfondissement Automatique (AU)

### → 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 œuvre (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 terme 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 ».

Libellé	Nb heures	ECTS
Estimation, filtrage et identification	35	2.5
Outils pour la conduite des systèmes autonomes	35	2.5
Informatique de commande temps réel et commande numérique	30	2.5
Commande des systèmes	35	2.5
Analyse et commande des systèmes non linéaires	20	1.5
Représentation et analyse des systèmes dynamiques	20	1.5
Modélisation et commande des systèmes mécaniques complexes	20	1.5
Applications spatiales : pilotage et guidage des lanceurs et des satellites	20	1.5
Etude de cas	25	2

## Approfondissement Imagerie (IM)

Programme année scolaire 2011-2012- refonte en cours de réflexion pour rentrée 2012

### → Présentation de l'approfondissement

Les objectifs de la formation pour les élèves de l'approfondissement IM 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).

### → 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...

Libellé	Nb heures	ECTS
Analyse multi-résolution	20	2
Analyse de données	20	1.5
Apprentissage et reconnaissance des formes	20	1.5
Méthodes variationnelles	12.5	1
Capteurs radar	20	1.5
Capteurs image	10	0.5
Optimisation stochastique	10	1
Traitement d'images	20	1.5
Techniques avancées en imagerie spatiale	40	3
Téledétection	20	1.5
Applications cartographiques	10	0.5
Stéréovision et calibrage	20	1.5
Systèmes d'information géographique	10	0.5
Océanographie	10	0.5

## Approfondissement Ingénierie Financière (IF)

### → 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 de cet approfondissement 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).

Libellé	Nb heures	ECTS
Calcul stochastique pour la finance	40	2.5
Evaluation et couverture des produits dérivés	25	2
Résolution numérique des E.D.P pour la finance	20	1.5
Apprentissage et applications financières	21.25	1.5
Maîtrise des risques financiers	12.5	1.5
Microstructure des marchés financiers	20	1.5
Econométrie des séries temporelles	10	0.5
Modèles ARCH en finance	12.5	0.5
Statistique des processus en finance	21.25	1.5
Principes de finance de l'entreprise	30	2.5
Gestion du risque de taux d'intérêt	20	1.5
Fusions et acquisitions - risques financiers	10	1

























