

Ingénieur

**INDUSTRIALISATION ET METHODES
POUR L'AERONAUTIQUE ET L'ESPACE**

**Programme
2023-2024**



SOMMAIRE

UNITÉS D'ENSEIGNEMENT

PROGRAMME

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

Mathématiques appliquées

Mécanique des solides et systèmes mécaniques

Mécanique des fluides

Traitement du signal

Informatique

Ingénierie dirigée par les modèles

Automatique

Thermodynamique et transferts thermiques

UE TECHNOLOGIQUES

Capteurs et chaîne d'acquisition

CAO - FAO

Architecture des systèmes numériques

Comportement des matériaux et des structures

Cybersécurité

Télécommunication et réseaux

UE AEROSPACE

Mécanique du vol

Aérodynamique de l'aile basse vitesse

Architecture des aéronefs

Aérodynamique et propulsion aérospatiale

Énergie électrique et actionneurs

Structure aérospatiale

Architecture des véhicules et systèmes spatiaux

UE OUTILS ET METHODES DE L'INDUSTRIALISATION

Gestion de projet

Méthodes de fabrication et de conception

Conception fonctionnelle et ingénierie simultanée

Organisation industrielle

Usine du futur : défis et enjeux

Qualité (Lean, Six sigma,...)

Certification et réglementation

2	UE GESTION D'ENTREPRISE	37
3	Gestion financière et comptable	38
4	Développement durable et RSE	39
5	Analyse et calcul des coûts	40
6	Propriété industrielle et innovation	41
7	Simulation d'entreprise	42
8	Stratégie d'entreprise	43
9	Droit des contrats et des affaires	44
10	UE SCIENCES HUMAINES ET COMMUNICATION	45
11	Communication : écrite, orale	46
12	Anglais 1A	47
13	Anglais 2A	48
14	Anglais 3A	49
15	Management humain	50
16	Design thinking	51
17	UE AVIONIQUE ET SYSTÈMES EMBARQUÉS	52
18	Systèmes de communication et de navigation	53
19	Systèmes de contrôle	54
20	Systèmes embarqués	55
21	Interface Homme Machine	56
22	Analyse des données, IA et Traitement d'image	57
23	Applications : drones, missiles, satellites, voiture autonome, lanceurs, objets connectés, robotique	58
24	UE PROJETS	59
25	Projet de recherche et développement	60
26	Projet innovation & conception	61
27	UE INTEGRATION EN ENTREPRISE	62
28	Intégration en entreprise 1A	63
29	Intégration en entreprise 2A	64
30	Intégration en entreprise 3A	65
31		
32		
33		
34		
35		
36		

UNITES D'ENSEIGNEMENT

	UE Sciences de l'information, mathématiques et physique
	UE Technologiques
	UE Aerospace
	UE Outils et méthodes de l'industrialisation
	UE Gestion d'entreprise
	UE Sciences humaines et communication
	UE Avionique et systèmes embarqués
	UE Projets
	UE Intégration en entreprise

PROGRAMME

Unité d'Enseignement	Matière	Vol hor 1A	ECTS 1A	Vol hor 2A	ECTS 2A	Vol hor 3A	ECTS 3A	Total ECTS
UE Sciences de l'information, mathématiques et physique	Mathématiques Appliquées	100	5	0	0	0	0	23
	Mécanique des solides et systèmes mécaniques	80	4	0	0	0	0	
	Mécanique des fluides	45	3	0	0	0	0	
	Thermodynamique et transferts thermiques	0	0	45	3	0	0	
	Informatique – Ingénierie dirigée par les modèles	30	2	30	2	0	0	
	Automatique	20	1,5	25	1	0	0	
	Traitement du signal	25	1,5	0	0	0	0	
UE technologiques	Capteurs et chaîne d'acquisition	30	2	0	0	0	0	13
	CAO - FAO	40	2	0	0	0	0	
	Comportement des matériaux et des structures	30	2	30	2	0	0	
	Architecture des systèmes numériques	30	2	0	0	0	0	
	Cybersécurité	0	0	20	1	0	0	
	Télécommunication et réseaux	0	0	30	2	0	0	
UE Aerospace	Aérodynamique et propulsion aérospatiale	0	0	50	3	0	0	12
	Aérodynamique de l'aile basse vitesse	15	1	0	0	0	0	
	Mécanique du vol	30	2	0	0	0	0	
	Energie électrique et actionneurs	0	0	30	2	0	0	
	Structure aérospatiale	0	0	25	2	0	0	
	Architecture des avions	20	1	0	0	0	0	
	Architecture des véhicules et systèmes spatiaux	0	0	20	1	0	0	
UE Outils et méthodes de l'industrialisation	Qualité (Lean, Six sigma, ...)	0	0	35	2	0	0	12,5
	Conception fonctionnelle et ingénierie simultanée	25	1,5	20	1	0	0	
	Gestion de projet	20	1	0	0	0	0	
	Certification et réglementation	0	0	0	0	30	2	
	Méthodes de fabrication et de conception	40	2	0	0	0	0	
	Organisation industrielle	0	0	30	2	0	0	
	Usine du futur : défis et enjeux	0	0	20	1	0	0	
UE Gestion d'entreprise	Stratégie d'entreprise	0	0	20	1	0	0	7,5
	Gestion financière et comptable	20	1	0	0	0	0	
	Développement durable et RSE	30	1,5	0	0	0	0	
	Droit des contrats et des affaires	0	0	0	0	15	1	
	Analyse et calcul des coûts	15	1	0	0	0	0	
	Propriété industrielle et innovation	0	0	10	1	0	0	
	Simulation d'entreprise	0	0	20	1	0	0	
UE Sciences humaines et communication	Communication : écrite, orale	10	0,5	10	1	0	0	11
	Management humain	0	0	0	0	20	2	
	Design thinking	0	0	0	0	15	1	
	Anglais	40	2,5	40	2	40	2	
UE Avionique et Systèmes embarqués	Systèmes de communication et de navigation	0	0	0	0	50	3	17
	Systèmes de contrôle	0	0	0	0	30	2	
	Systèmes embarqués	0	0	0	0	50	3	
	Interface Homme Machine	0	0	0	0	20	1	
	Analyse des données, IA et Traitement d'image	0	0	0	0	40	2	
	Applications : drones, missiles, satellites, voiture autonome, lanceurs, objets connectés, robotique	0	0	0	0	100	6	
UE Projets	Projet Recherche & développement	0	0	90	5	0	0	10
	Projet innovation & conception	0	0	0	0	90	5	
Volume horaire académique et ECTS associés		695	40	600	36	500	30	106
Nombre de semaine en entreprise et ECTS associés		29	20	32	24	35	30	74



UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

Mathématiques appliquées
Mécanique des solides et systèmes mécaniques
Mécanique des fluides
Informatique
Automatique
Traitement du signal
Thermodynamique et transferts thermiques

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

5
ECTS
100h

MATHÉMATIQUES APPLIQUÉES

Responsable : Michel FOURNIÉ

Objectifs du module :

- approfondir et utiliser les notions déjà connues dans le contexte des sciences de l'ingénieur (espaces vectoriels, algèbre linéaire, probabilités, etc.),
- développer et améliorer la compétence à modéliser et simuler des phénomènes issus des sciences de l'ingénieur (automatique, signal, physique, etc.),
- comprendre et utiliser les outils développés pour les missions de développement et de production (simulation, sûreté de fonctionnement, etc.).

Compétences visées :

- identifier et reconnaître les outils mathématiques à mettre en œuvre face à une problématique,
- comparer et décrire les méthodes utilisées lors de la mise en œuvre pratique,
- illustrer et commenter ces méthodes sur des exemples simples.

Prérequis:

(Ci-dessous, on parle de définitions et de notions, pas des structures générales ensemblistes vues en classes prépas : par exemple pas de $C^0([0,t])$, de convergence simple ou uniforme, pas de $M_n(R)$, de $GL_n(R)$, etc.)

- analyse (limites, continuité, dérivabilité, intégrales et primitives, intégration par parties, fonctions classiques : polynômes, exponentielle, logarithme, trigonométries)
- espaces vectoriels en dimension 2 ou 3 (produit scalaire, norme, convergence)
- Algèbre linéaire élémentaire (matrices carrées, inversibilité, déterminant, trace, transposée, symétrie, positivité)
- équations différentielles ordinaires (linéaires en 1D, existence et unicité par variation de la constante)
- probabilités (discrètes, dénombrement, espérance, probabilité conditionnelle, Bayes, loi uniforme, loi binomiale)
- nombres complexes (écritures cartésienne et polaire, module, argument, lien avec la trigonométrie).

Contenus :

- I : Optimisation (12h)** : Moindres carrés - Fonctions de plusieurs variables - Descente du gradient (sans contrainte)
- II : Analyse fonctionnelle (6h)** : Théorèmes d'intégration - Espace L^1 , L^2 et L^∞ - Définition d'un espace de Hilbert réel
- III : Analyse Harmonique (12h)** : Transformée de Fourier Discrète - Série de Fourier - Transformée de Laplace
- IV : Équations aux Dérivées Partielles (15h)** : Théorie elliptique - Théorie parabolique - Théorie hyperbolique
- V : Méthodes numériques et simulations (25h)** : Différences finies - Éléments finis - Volumes finis
- VI : Probabilités (12h)** : Variable aléatoire réelle - Théorème limite - Vecteur aléatoire
- VII : Statistique (18h)** : Régression - Estimation paramétrique - Tests d'hypothèse

Modalités pédagogiques :

- cours + PC + BE
- un polycopié correspondant au programme et des exercices corrigés seront fournis
- évaluations dépendant de la sous-partie : CRs de BEs et examens écrits.

Apprenti Groupe ISAE

Programme 2023-2024

1^{re} année

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

4
ECTS
80h

MÉCANIQUE DES SOLIDES ET SYSTEMES MÉCANIQUES

Responsables : Samuel RIVALLANT – Catherine MABRU

Objectifs du module :

Système de solides rigides : comprendre les efforts aux liaisons et écrire les équations de la dynamique pour un système de plusieurs solides rigides et en étudier la stabilité.

Solides déformables : connaître les différentes classes de matériaux et comprendre les déformations et les contraintes dans un solide déformable.

Compétences visées :

- comprendre et écrire les équations de la dynamique des systèmes de solides rigides
- comprendre et résoudre un problème de structure pour un matériau donné

Prérequis:

Lecture de plan, analyse de mécanisme

Contenus :

Partie 1 Mécanique générale (50h) :

- Lecture de plans et analyse de mécanismes
- Théorèmes généraux pour un problème de mécanique d'un système de solides rigides
- Efforts de liaison,
- Equations du mouvement (PFD, Lagrange)
- Stabilité d'une position d'équilibre

Partie 2 Mécanique du solide déformable (30h) :

- Matériaux
- Description des déformations (locales et globales)
- Description des efforts intérieurs - contraintes
- Notion de comportement - loi thermoélastique linéaire
- Formulation et résolution d'un problème de structure (efforts extérieurs – conditions aux limites)

Modalités pédagogiques :

Partie 1 : 20h cours, 20h TD, 8h BE, 2h Exam

Partie 2 : 5h cours, 11h TD, 4x3h BE, 2h Exam

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} année

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

3
ECTS
45h

MÉCANIQUE DES FLUIDES

Responsable : Stéphane JAMME

Objectifs du module :

Cet enseignement expose les concepts fondamentaux de mécanique des fluides et les illustre sur des problèmes d'aérodynamique. Il fournit les bases pour comprendre et analyser les écoulements incompressibles, visqueux, stationnaires. Les méthodes d'analyses sont mises en œuvre dans des configurations d'écoulement en conduite ou autour d'obstacles de géométrie simplifiée.

La physique et la modélisation des écoulements à grand nombre de Reynolds, typiques des applications aéronautiques sont détaillées. Les notions de couche limite, turbulence, décollement et dynamique tourbillonnaire sont ainsi introduites. Les efforts aérodynamiques se développant sur un corps en mouvement dans un fluide seront détaillés avec notamment les différentes sources de traînée.

Compétences visées :

- citer les modèles classiques de mécanique des fluides et leurs limites de validité
- classer les écoulements
- d'utiliser la terminologie, les paramètres et les outils d'analyse des écoulements
- définir les coefficients d'efforts aérodynamiques
- décrire un écoulement laminaire / turbulent
- identifier les situations propices au décollement de couche limite
- justifier les principes de création des efforts aérodynamiques,

Prérequis:

dérivées partielles, calcul tensoriel

Contenus :

- paramètres caractéristiques et propriétés des fluides
- statique des fluides,
- bilans fondamentaux appliqués aux mouvements de fluides, Relation de Bernoulli,
- équations de Navier-Stokes,
- similitudes en aérodynamique
- notions de dynamique tourbillonnaire
- notions de transition, turbulence
- notions de couche limite, décollement

Modalités pédagogiques :

Cours + TD/TP

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} année

TRAITEMENT DU SIGNAL

Responsable : François VINCENT

Objectifs du module :

Acquérir les bases du traitement du signal pour l'analyse et la mise en application sur des signaux électromagnétiques, électroniques ou optiques.

Compétences visées :

- connaissance d'outils mathématiques de base du traitement du signal,
- savoir reconnaître les signaux réels,
- savoir appliquer les outils de traitement du signal en adéquation.

Prérequis:

connaissances sur la thématique acquise en DUT GMP, DUT Mesure Physique, DUT GEII

Contenus :

1) Traitement du signal déterministe (cours 8h, PC 4h)

- Séries de Fourier à coefficients réels (spectre discret à fréquence positives)
- nombres complexes, formule de Moivre/Euler
- séries de Fourier à coefficients complexes (spectre discret à symétrie hermitienne)
- généralisation à la TF continue (spectre continu à symétrie hermitienne)
- filtrage linéaire invariant (fonction de transfert, réponse impulsionnelle, convolution continue)
- CAN (modèle simple) et théorème de Shannon (repliement spectral, signal à bande limitée)
- TFD et FFT (propriétés "basiques", utilisation d'une fenêtre de pondération, filtrage, convolution numérique)

Optionnel : introduction DSE, DSP, fonction de corrélation en PC

2) Traitement du signal aléatoire (cours 2h, PC 2h)

- signaux stationnaire au 2nd ordre
- filtrage des Signaux stationnaire au 2nd ordre

Modalités pédagogiques :

- Cours/TD : 16h (cours 10h, PC 6h)
- 2 BEs notés de 4h chacun et en binôme
- Examen écrit 1h (contrôle individuel des connaissances de cours)
- Note : 40% (Examen écrit) + 30% (BE1) + 30% (BE2)

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} année

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

2
ECTS
30h

INFORMATIQUE

Responsable : Jérôme LACAN

Objectifs du module :

- décomposer un problème complexe en éléments simples afin de produire un algorithme de résolution efficace,
- produire un programme informatique respectant les bonnes pratiques d'écriture (lisibilité, réutilisation, modularité, ...)

Compétences visées :

- maîtriser les règles élémentaires de conception logicielle et acquérir la capacité d'écrire dans un langage de programmation,
- savoir lire et expliquer un programme simple,
- savoir sélectionner les algorithmes pertinents par rapport à un problème donné,
- savoir sélectionner et utiliser des bibliothèques programmatiques,

Prérequis:

aucun

Contenus :

- introduction à la programmation informatique via le langage python,
- réalisation de quatre projets traitant de
 - 1) analyse de données textuelles
 - 2) programmation 3D
 - 3) gestion et représentation de données
 - 4) programmation de systèmes embarqués.

Modalités pédagogiques :

cours, TD et TP sur machine via des notebook en python

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} année

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

2
ECTS
30h

INGÉNIERIE DIRIGÉE PAR LES MODÈLES

Responsable : Pierre de SAQUI-SANNES

Objectifs du module :

Maîtriser la complexité de systèmes non nécessairement à logiciel prépondérant :

1. acquérir un langage en partage, SysML ; norme internationale, supportée par des outils industriels,
2. mener une analyse des fonctions et services à offrir par des systèmes complexes,
3. concevoir et valider une architecture de systèmes complexes.

Compétences visées :

- développer des modèles SysML de taille moyenne et acquérir la capacité de lire des modèles de grande taille,
- mener une analyse guidée par les cas d'utilisation,
- dériver une ou plusieurs architectures d'une même analyse et évaluer les pour et contre de chacune de ces conceptions,
- ne pas limiter l'usage de SysML à du dessin industriel mais utiliser des outils de simulation et vérification formelle de modèles SysML.

Prérequis:

Bases en ingénierie système et en traitement des exigences.

Contenus :

- 1) Introduction au MBSE
- 2) MBSE pour les systèmes embarqués
- 3) SysML (langage, outils, méthodes)
- 4) Prise en main d'un outil SysML
- 5) Etudes de cas et projet

Modalités pédagogiques :

cours, BE/TP, projet encadré

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

1,5+1
ECTS
20h + 25 h

AUTOMATIQUE

Responsables : Caroline BERARD – Joël BORDENEUVE-GUIBÉ

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} & 2^e année

Objectifs du module :

Le cours de représentation, d'analyse et commande des systèmes linéaires continus aborde d'une part les techniques de modélisation des systèmes dynamiques et ensuite les méthodes classiques de réglage des régulateurs. L'objectif est de fournir aux apprentis le bagage minimum pour aborder les problèmes d'asservissement, depuis la modélisation jusqu'à la mise en œuvre, en passant par les étapes de conception et de simulation.

La première étape de cours et travaux dirigés en classe est complétée par une étude de cas approfondie, qui permet de concrétiser les notions théoriques abordées et également d'aborder des notions importantes de la commande des systèmes, telles que la robustesse et l'implantation numérique.

Compétences visées :

- comprendre la mise en œuvre des outils de base de la modélisation et de l'analyse des systèmes dynamiques,
- comprendre la mise en œuvre des outils de base de la synthèse de lois de commande,
- analyser la robustesse d'un système,
- comprendre la mise en œuvre numérique des lois de commande,
- analyser les performances d'un système de régulation complexe.

Prérequis:

analyse de Fourier, transformée de Laplace

Contenus :

Sur la première année :

Introduction et généralités. Classification. Représentation des systèmes LTI. Etat et transfert. Schéma fonctionnel. Analyse temporelle et fréquentielle des systèmes. Systèmes d'ordre 1 et 2. Boucle fermée et réglage empirique via un simple gain de retour.

Sur la deuxième année :

Critères de stabilité. Marges de stabilité. Précision des systèmes asservis. Effet intégral. Correcteurs fréquentiels. Avance, retard, PI, PD, PID. Commande modale.

Modalités pédagogiques :

cours, TD et mise en œuvre en simulation et sur une plateforme expérimentale,

UE SCIENCES DE L'INFORMATION, MATHÉMATIQUES ET PHYSIQUE

3
ECTS
45h

THERMODYNAMIQUE ET TRANSFERTS THERMIQUES

Responsable : Sébastien DUPLAA

Objectifs du module :

Ce module a pour objectif de poser les bases de la thermodynamique et des transferts thermiques utiles aux applications aéronautiques et spatiales.
Les apprentis obtiendront ici les fondamentaux pour comprendre et analyser le fonctionnement des différents types de machines thermiques ainsi que les différents modes de transfert de chaleur.

Compétences visées :

- analyser les différentes transformations thermodynamiques réelles,
- utiliser les diagrammes thermodynamiques,
- distinguer et comprendre les 3 modes de transfert de chaleur : conduction, convection, rayonnement et résoudre un problème couplé simple.

Prérequis:

Module "mécanique des fluides "

Contenus :

Thermodynamique (20H)

- premier et second principe de la thermodynamique
- transformations thermodynamiques et grandeurs totales
- diagrammes et cycles thermodynamiques

Transfert Thermique (25H)

- transferts de chaleur par conduction (équation de la chaleur, problèmes stationnaires 1D, application des ailettes, problèmes transitoires),
- transferts de chaleur par convection (équations générales, convection forcée en écoulement externe & interne, convection naturelle),
- transferts de chaleur par rayonnement (grandeurs fondamentales, corps noir, facteurs de formes, transferts entre surfaces noires et entre surfaces réelles),
- problème couplé multi-modes (conduction/ convection/ rayonnement).

Modalités pédagogiques :

Cours / TD/ BE

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année



UE TECHNOLOGIQUES

Capteurs et chaîne d'acquisition

CAO - FAO

Comportement des matériaux et des structures

Architecture des systèmes numériques

Cybersécurité

Télécommunication et réseaux

CAPTEURS ET CHAÎNE D'ACQUISITION

Responsable : Pierre MAGNAN

Objectifs du module :

Cet enseignement vise à donner aux apprentis les compétences de base leur permettant de comprendre, d'analyser, de concevoir les systèmes d'acquisition et de mesure des principales grandeurs physiques des systèmes embarqués aérospatiaux ainsi que de simuler, de réaliser et de produire les fonctions électroniques d'acquisition et de traitement du signal utilisés dans ces systèmes.

Il aborde en particulier, à travers des exemples, les principes de mesure des principales grandeurs physiques ainsi que les briques de base de l'électronique pour l'amplification et le conditionnement des signaux des capteurs correspondants, la prise en compte du bruit dans les circuits électroniques de traitement, la conversion analogique-numérique.

Compétences visées :

- sélectionner les capteurs à utiliser pour la mesure des principales grandeurs physiques,
- définir le conditionnement et l'interfaçage des principaux types de capteurs,
- contenir le bruit et optimiser le rapport signal à bruit de la mesure,
- concevoir, réaliser, mettre en œuvre et exploiter des chaînes d'acquisitions,
- garantir l'intégrité des signaux mesurés.

Prérequis:

électricité de base - électrostatique - électrocinétique et lois des circuits - grandeurs physiques de base

Contenus :

- introduction aux fonctions électroniques pour les chaînes d'acquisition et de mesures des grandeurs physiques,
- les principes de mesures des principaux capteurs modernes,
- amplification et conditionnement des signaux issus de capteurs – non-idéalités – correction,
- signaux et bruit dans les fonctions électroniques de mesure et traitement- méthodes de réduction du bruit,
- mise en œuvre de la quantification,
- techniques d'interfaçage,
- synthèse et génération de fréquence pour les chaînes d'acquisition.

Modalités pédagogiques :

2/3 cours et exercices + 1/3 BE en simulation et expérimentation

UE TECHNOLOGIQUES

2
ECTS
40h

CAO - FAO

Responsables : Sébastien SCHWARTZ

Objectifs du module :

L'objectif de cet enseignement est de donner aux élèves la capacité d'utiliser pleinement les outils de conception d'analyse et de simulation de la fabrication offerts par la CFAO en lien à la fois avec la fabrication et les méthodes de dimensionnement. Mais le but n'est pas la simple utilisation d'un système de CFAO certes industriel, mais bien l'intégration d'une autre façon de concevoir grâce aux nouvelles technologies telles que la fabrication additive et les outils de simulation de la fabrication de manière générale.

Compétences visées :

- connaître les principes de construction mécanique
- connaître les outils de fabrication assistée par ordinateur
- connaître les méthodes et outils pour la conception en Ingénierie Simultanée
- connaître les règles de conception en lien avec la fabrication

Prérequis:

Eléments et composants machine, Meca Sol, Matériaux et Structures

Contenus :

- conception 3D à travers différents types de modélisation : filaire, surfacique, volumique et solide
- introduction à la fabrication assistée par ordinateur
- présentation des modes et des procédés de fabrication et des outils de simulations associés
- généralités sur la chaîne CAO-FAO-FA-IGS ou comment passer le plus vite possible et avec une qualité optimum de la conception au produit fini
- introduction aux concepts inhérents à la maquette numérique dans l'industrie
- projet sur produits types pour une simulation en IGS.

Modalités pédagogiques :

12h de BE CAO + 3h découverte 3DEXP (si installer) / 10h de BE+ cours FAO / Projet commun avec le module "méthode de fab" et le module "dimensionnement" (+15 h) = 30 H
cours +BE+ projet commun avec d'autres modules

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} année

UE TECHNOLOGIQUES

2
ECTS
30h

ARCHITECTURE DES SYSTEMES NUMÉRIQUES

Responsable : Vincent GOIFFON

Objectifs du module :

Développer les compétences de base en électronique numérique permettant de comprendre, d'analyser et de sélectionner une architecture de système numérique (comme un calculateur).
Comprendre les avantages, inconvénients et limitations des diverses architectures matérielles.

Compétences visées :

- savoir représenter l'information sous forme binaire,
- savoir concevoir un circuit logique combinatoire simple,
- savoir concevoir un circuit logique séquentiel simple,
- savoir reconnaître les principales fonctions qui composent les systèmes numériques et comprendre leur principe de fonctionnement,
- connaître les grandes familles d'architecture matérielle,
- être capable de sélectionner une architecture matérielle pour un besoin spécifique.

Prérequis:

aucun

Contenus :

- codage binaire de l'information,
- portes logiques et fonctions logiques combinatoires (tables de vérité, équations logiques, fonctions remarquables (décodeur d'adresse, multiplexeur...)),
- fonctions logiques séquentielles (synchrones): bascules, mémoires, registres, machines à état fini,
- introduction à l'architecture et au fonctionnement des calculateurs (processeur, architecture Von Neumann vs Harvard, instructions/language assembleur),
- introduction aux architectures matérielles programmable (FPGA vs microcontrôleurs) : introduction au VHDL, programmation de microcontrôleurs (initiation), programmation de registres, notions d'entrées/sorties, principe d'interruption...
- vue d'ensemble, avantages et inconvénients, des diverses architectures matérielles (CPU, FPGA, microcontrôleur, DSP, ASIC...).

Modalités pédagogiques :

- 15h-20h cours/TD
- 10-15h de TP (1 TP FPGA et 1 TP microcontrôleur)
- Examen écrit

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} année

COMPORTEMENT DES MATÉRIAUX ET DES STRUCTURES

Responsable : Frédéric LACHAUD

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} & 2^e année

Objectifs du module :

- la première partie de cet enseignement vise à initier les élèves ingénieurs à l'étude des comportements de matériaux élastiques faiblement déformés. Il est le préambule à l'apprentissage de la résistance des matériaux et des structures,
 - donner les compétences et les méthodes pour étudier et analyser en statique linéaire et en flambement une structure modélisable par des éléments à grands élançements et/ou à faibles épaisseurs,
 - initier à la méthode des éléments finis, la démarche et les hypothèses de modélisation, la panoplie des EF de base pour le calcul des structures aéronautiques en 1D et 2D, le calcul proprement dit, l'analyse critique et le contrôle de la qualité des résultats en regard des hypothèses utilisées dans une boucle de dimensionnement,
 - les modalités et les contraintes d'utilisation d'un code de calcul industriel pour résoudre divers problèmes de mécanique des structures avec des applications typiques des structures aéronautiques.
- Un projet pratique permet aux élèves de s'approprier la démarche de dimensionnement et d'analyse et l'utilisation du code de calcul,
- initiation à la mécanique non linéaire en prédimensionnement et en analyse numérique.

Compétences visées :

- savoir identifier, choisir et modéliser le comportement de matériau afin de mieux appréhender son utilisation dans la structure,
- savoir prédimensionner des structures simples de type "structures élancées" ou "structures minces",
- savoir utiliser et exploiter un code de calculs par éléments finis en analyse linéaire,
- savoir analyser les non linéarités potentielles pour initier des modèles non linéaires en calculs de structures.

Prérequis:

Mécanique et Système mécanique des Solides indéformables

Contenus :

- définitions et propriétés d'usage des matériaux,
- définitions, analyse et représentations des sollicitations mécaniques,
- déterminations théoriques, numériques et expérimentales des contraintes et des déformations au sein d'un matériau sollicité,
- modélisation des états correspondants,
- relation rhéologique liant contraintes et déformations élastiques,
- principes et procédures de résolution de problèmes d'élasticité : formulations de Beltrami et de Lamé Clapeyron,
- critères de limites élastiques - approche énergétique,
- cas de déformation plane et de contrainte quasi plane,
- approches expérimentales de mesures (extensométrie, imagerie 2D et 3D...),
- déterminer les efforts de liaison,
- calculer les contraintes et utiliser un critère de dimensionnement,
- déterminer la déformée de structures simples,
- caractériser le flambement de poutres et de plaques,
- formulations intégrales de la mécanique : notions de travail et d'énergies,
- méthode des éléments finis : notions de discrétisation et d'approximation, fonctions de forme, exemples,
- définition de la raideur d'une structure : notion de structure travaillante, assemblage, exemples,
- résolution d'un problème complet, forces nodales équivalentes, calcul des déformations et contraintes,
- compléments sur les EF, différents EF en calcul des structures,
- initiation à la formulation en EF non linéaire.

Modalités pédagogiques :

Partie 1 (1A) : 5h C, 20h TD, 2h BE analytique+ 3h BE numérique sur machine

Partie 2 (2A) : 5h C, 12h TD, 2h+2h BE analytique, 3h+3h BE sur machine

UE TECHNOLOGIQUES

1
ECTS
20h

CYBERSÉCURITÉ

Responsable : Marina DEHEZ-CLEMENTI

Objectifs du module :

introduction à la sécurité informatique et présentation de ses concepts fondamentaux. Fournir aux étudiants à la fois une compréhension des enjeux de la sécurité informatique en entreprise ainsi que des notions de base des principaux protocoles de sécurité utilisés en milieu professionnel.

Compétences visées :

- être capable d'expliquer pourquoi faut-il de la sécurité informatique et comment l'appliquer,
- être capable d'identifier les principales classes d'attaques et contre-mesures,
- comprendre l'organisation de la sécurité dans les milieux professionnels,
- être capable d'identifier des risques.

Prérequis:

La sécurité informatique concernant un spectre très large, notions de base en algorithmique, en réseau, en systèmes d'exploitation et en développement.

Contenus :

- Présentation générale, exemples commentés d'incidents
- Aspects juridiques, vie privée, RGPD
- Gestion de la sécurité et Normes Iso 27000
- Grandes familles d'insécurité, ingénierie sociale
- Cryptographie
- Attaques réseau et contre-mesures
- Attaques système et contre-mesures

Modalités pédagogiques :

cours et travaux pratiques

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

UE TECHNOLOGIQUES

2
ECTS
30h

TÉLÉCOMMUNICATION ET RÉSEAUX

Responsable : José RADZIK

Objectifs du module :

Fournir aux étudiants les notions indispensables à la compréhension de l'architecture des réseaux de communications. Un accent particulier est porté sur les réseaux embarqués et leurs spécificités.

Compétences visées :

- comprendre les notions fondamentales de l'architecture des réseaux : modèle en couches, services et protocoles, adresses matérielles et logicielles, fonctions assurées par chaque niveau de la pile protocolaire,
- identifier les méthodes de gestion de ressources et les méthodes d'accès. Distinguer les arbitrages déterministes et non déterministes pour l'accès à la couche physique (ex : CSMA-CD vs CSMA-CR),
- avoir une connaissance générale des principes de la pile protocolaire TCP/IP,
- maîtriser les notions liées à la qualité ou différenciation de service, connaître les politiques d'ordonnancement simples (FIFO, Priority Queuing),
- connaître les spécificités des réseaux embarqués et savoir identifier les méthodes et techniques nécessaires aux respects des objectifs de performances,
- être en capacité d'appréhender un document normatif de type RFC, 3GPP, ETSI ou autre.

Prérequis:

aucun

Contenus :

1. Introduction aux réseaux informatiques (2h cours + 2h TP)
2. La pile protocolaire TCP/IP (4h cours + 2h TP)
3. Application aux réseaux sans fil, méthodes d'accès, services différenciés (6h cours + 4h TP)
4. Réseaux embarqués (10h cours + BE)

Modalités pédagogiques :

cours et TP sur machine

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

A photograph of two students in a laboratory setting. A male student with short brown hair, wearing a blue t-shirt, is seated at a white lab bench, interacting with a grey oscilloscope. A female student with blonde hair, wearing a dark grey shirt, is standing behind him, holding a blue pen and looking at the oscilloscope screen. On the bench, there are various electronic components, including a breadboard with a circuit, a small white box with two antennas, and some loose wires. The background shows a blurred view of the lab environment.

UE AEROSPACE

Aérodynamique et propulsion aéronautique
Aérodynamique de l'aile basse vitesse
Mécanique du vol
Energie électrique et actionneurs
Structure aéronautique
Architecture des avions
Architecture des véhicules et systèmes spatiaux

MÉCANIQUE DU VOL

Responsable : Philippe PASTOR

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} année

Objectifs du module :

Donner à l'étudiant une compréhension suffisante du vol de l'avion pour lui permettre d'interagir efficacement avec les spécialistes et de porter un regard critique en terme de sécurité du vol et de performance de produit sur les choix ou les incidents en matière de production ou d'opération qui impacteraient le vol de l'avion.

Compétences visées :

- connaître le vocabulaire de la mécanique du vol pour pouvoir échanger avec les experts du - bureau d'étude ou des essais,
- comprendre le fonctionnement et l'utilisation des instruments de pilotage (altimètre, anémomètres, incidence) et l'incidence de leurs indications sur la sécurité du vol,
- connaître le domaine de vol de l'avion et savoir décrire les phénomènes physiques qui le limitent. Savoir calculer ces limites (décrochage, facteur de charge, plafonds),
- savoir évaluer la poussée nécessaire au vol de l'avion, estimer une distance franchissable ou un taux de montée. Savoir exprimer un avis critique sur l'impact d'une augmentation de traînée ou d'une perte de poussée sur la sécurité du vol,
- connaître l'architecture des organes de pilotage (manuel ou automatique) de l'avion,
- savoir expliquer comment les organes de pilotage permettent le contrôle de la trajectoire et de la vitesse de l'avion,
- savoir expliquer et déterminer dans le cas simple du mouvement longitudinal, ce que sont les modes de l'avion, ce que signifie leur stabilité statique et dynamique, et quels sont les critères (centrages, dimensionnement des empennages) qui la détermine,
- connaître les dangers associés au contrôle du vol et reconnaître ces situations sur des enregistrements,
- savoir concevoir et dimensionner un dispositif simple d'aide au pilotage ou de protection du domaine de vol,
- pouvoir expliquer avec les outils de la mécanique du vol des normes ou exigences réglementaires comme la CS25.

Prérequis:

- Mécanique du point : référentiel - repère - système, bilan des forces, principe fondamental de la dynamique, action-réaction, travail et puissance d'une force, énergie cinétique, énergie potentielle de pesanteur, énergie totale.
- Mathématiques : trigonométrie, définition des angles dans l'espace, projections, résolution d'équation du 2nd degré, équations différentielles ordinaires d'ordre 2.

Contenus :

- l'avion : principaux composants et géométrie, l'atmosphère : atmosphère standard et altimétrie,
- le mécanisme du point appliquée à l'avion : angles et repères, énergie et hauteur totale, facteur de charge, équations de portance et propulsion,
- portance et trajectoire : la portance, le décrochage, le domaine de vol, le virage symétrique, la sensibilité aux turbulences atmosphériques,
- bilan propulsif et énergie : traînée, poussée des différents moteurs, 1er et 2nd régimes, distance franchissable,
- mouvement longitudinal, équilibre longitudinal, stabilité statique et dynamique (oscillation d'incidence, phugocyte),
- le latéral : force et moments transversaux, étude de la panne moteur, roulis pur, roulis hollandais, stabilité spirale,
- atterrissage et décollage et limitations associées (VMU, VMCG, VMA) et analyse de la rotation.

Modalités pédagogiques :

- classes inversées (cours en autonomie sur la base de courtes vidéos et quiz formatifs, suivi de séances de remédiation en présentiel)
- les TD comprennent la résolution d'exercices types et l'analyse d'essais en vol ou de rapports d'accident.
- TP télémesure (possibilité de retransmission sur internet)

AÉRODYNAMIQUE DE L'AILE BASSE VITESSE

Responsable : Valérie FERRAND

Objectifs du module :

Cet enseignement fait suite au module fondamental de mécanique des fluides. Les connaissances sont appliquées à caractérisation des écoulements autour des ailes d'avion et la modélisation de leurs performances en basse vitesse. Les effets de géométries du profil (épaisseur, cambrure, dispositifs hypersustentateurs) et de l'aile (forme en plan) sont exposés. La sensibilité des performances aux paramètres de l'écoulement (nombre de Reynolds, turbulence, rugosité de paroi) est également abordée.

Compétences visées :

- fournir les ordres de grandeurs des coefficients aérodynamiques portance/traînée sur une voilure basse vitesse
- analyser les performances d'un profil d'aile basse vitesse en fonction de sa géométrie et du nombre de Reynolds
- expliquer l'origine physique des tourbillons marginaux et de la traînée induite
- expliquer le rôle des dispositifs hypersustentateurs bords de fuite et volets présents sur les voilures

Prérequis:

module de mécanique des fluides

Contenus :

Aérodynamique des profils subsoniques

- théorie des profils minces
- effets Reynolds, décrochage
- dispositifs hypersustentateurs

Aérodynamique de l'aile d'envergure finie

- traînée induite

Modalités pédagogiques :

Cours + TD/TP + BE xfoil

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} année

ARCHITECTURE DES AÉRONEFS

Responsables : Éric POQUILLON – Joël JEZEGOU

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} année

Objectifs du module :

Donner à l'étudiant une connaissance minimale des différents systèmes composant l'avion, en comprenant leur impact sur la sécurité et l'efficacité du vol et en comprenant leurs interactions. En connaissant l'utilité de chaque (sous-)système, l'apprenant sera ainsi en mesure de contextualiser ses actions et ses décisions et, par exemple, d'apprécier les conséquences d'une non qualité du système de freinage sur la sécurité au décollage et les performances opérationnelles de l'avion.

Compétences visées :

- savoir décrire les principaux systèmes de l'avion, leur utilité et leurs interactions,
- être capable d'utiliser une norme comme celle des chapitres ATA pour regrouper des sous-systèmes,
- pouvoir citer les modes d'interactions de l'équipage de conduite avec les différents systèmes au cours d'une mission particulière,
- être capable de déterminer, sur la base du raisonnement, et d'expliquer, les conséquences de la panne d'un système (par exemple perte de pressurisation).

Prérequis:

aucun

Contenus :

- Introduction historique sur la conception des avions des frères Wright à nos jours
- Présentation de la classification ATA : comment pourquoi
- Présentation des différents systèmes
- La navigation sur les avions modernes : capteurs, FMS, pilote automatique, exigence de précision ...

Modalités pédagogiques :

- Cours et conférences sur les systèmes en privilégiant le point de vue de l'utilisateur (le pilote) plutôt que celui de la technologie,
- TP sur simulateurs (simulateurs de table) pour utiliser les différents moyens de navigation au cours d'une mission type (encadré par un pilote de ligne),
- Etude de cas : comment déterminer les procédures à effectuer suite à un dysfonctionnement grave (par exemple panne hydraulique).

AÉRODYNAMIQUE ET PROPULSION AÉROSPATIALE

Responsable : Sébastien DUPLAA - Jean-Marc MOSCHETTA

Objectifs du module :

Cet enseignement s'inscrit en continuité du module de mécanique des fluides et d'aérodynamique de première année, avec un caractère plus marqué vers l'analyse des écoulements aéronautiques (écoulement compressible à grand nombre de Reynolds).

Ainsi, les bases de la mécanique des fluides introduites en première année seront étendues aux écoulements compressibles haute vitesse. Ces connaissances fondamentales sont ensuite appliquées à l'analyse de l'aérodynamique de l'avion transsonique et supersonique. Par ailleurs, les architectures propulsives aéronautiques sont abordées à travers l'analyse de leur cycle thermodynamique et de leurs performances.

Compétences visées :

- borner les différents régimes d'écoulements (subsonique/subcritique compressible/transsonique/supersonique/hypersonique),
- d'identifier et calculer les régimes de fonctionnement des tuyères convergent/divergent et du jet supersonique de sortie,
- appliquer les méthodes de calcul de chocs et de détente de Prandtl-Meyer sur des géométries simples,
- estimer la performance de portance, traînée et moment d'une aile en fonction de sa géométrie et du nombre de Mach,
- citer les principales composantes de la traînée d'un aéronef,
- analyser les performances d'une architecture propulsive à flux continu,
- en modéliser les composants pour permettre une étude paramétrique de conception.

Prérequis:

modules "Mécanique des fluides ", "Aérodynamique de l'aile basse vitesse ", "Thermodynamique et transferts thermiques ".

Contenus :

Ecoulements haute vitesse

- écoulements compressibles monodimensionnels, écoulements internes à section variable
- détente supersonique
- onde de choc droite et oblique
- tuyère supersonique

Aérodynamique de l'avion

- profils et voilures transsoniques, effets de Mach
- voilures supersoniques, aile delta

Turbomachine et Propulsion aéronautique et spatiale

- propulseurs aérobies (moteur à piston, turbomachine, turboréacteur)
- propulsion anaérobie (moteur à propergol liquide, solide)

Modalités pédagogiques :

Cours + TD/TP + BE

ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET ACTIONNEURS

Responsable : Valérie BUDINGER

Objectifs du module :

Cet enseignement vise à développer chez les étudiants les compétences de base leur permettant de comprendre et maîtriser à la fois les principes de l'architecture électrique des véhicules (terrestres ou aériens), du stockage de l'énergie électrique, de la conversion de puissance et de l'actuation électrique.

Il aborde notamment l'analyse et la conception en simulation, mais aussi par une approche pratique, la mise en œuvre des convertisseurs de l'électronique de puissance et des actionneurs électriques.

Compétences visées :

- comprendre et maîtriser l'architecture électrique globale des véhicules*, le stockage et la conversion de l'énergie électrique ainsi que le bilan de puissance électrique local et global,
- sélectionner et simuler les éléments la chaîne de puissance : stockage d'énergie, actionneurs et convertisseurs de puissance,
- être capable de mettre en œuvre des actionneurs et convertisseurs de puissance,
- limiter les perturbations CEM des éléments de la chaîne de puissance.

**par exemple: automobiles et/ou aéronefs et/ou satellites*

Prérequis:

électricité de base - puissance et énergie

Contenus :

- architecture des réseaux électriques des véhicules* pour les approches Signal/Control-by-Wire et Power-by-Wire
 - stockage d'énergie électrique : les batteries
 - les actionneurs électriques pour les véhicules* modernes, pour la robotique et la mécatronique
 - architecture des convertisseurs de puissance AC/DC, DC/DC, DC/AC
 - la commande des actionneurs: -exemples
 - les perturbations CEM des éléments de la chaîne de puissance - Effets- Minimisation
- *par exemple: automobiles et/ou aéronefs et/ou satellites*

Modalités pédagogiques :

2/3 cours et exercices/BE Salle + 1/3 BE en simulation (PSIM-Software for Power Electronics Simulation) et expérimentation sur maquettes et bancs d'actionneurs de puissance

STRUCTURE AÉROSPATIALE

Responsables : Frédéric LACHAUD - Eric PAROISSIEN

Objectifs du module :

Présenter les matériaux aéronautiques et spatiaux et leur application dans les structures.
Faire découvrir les principes constructifs généraux et le rôle joué par les différents éléments des structures aéronautiques face aux critères de résistance, de rigidité, de durabilité et de légèreté.

Compétences visées :

- Connaître les principes de construction aéronautique
- Savoir prédire qualitativement et quantitativement le transfert de charges dans les structures par des méthodes d'analyse simplifiées (pré-dimensionnement)
- Connaître les règles de conception en lien avec la fabrication des avions
- Connaître l'usage des matériaux dans les structures aéronautiques et spatiales

Prérequis:

Meca Sol, Matériaux et Structures, Méthode des Eléments Finis

Contenus :

- Problèmes auxquels sont confrontées les structures aéronautiques : modes de rupture principaux, flambage.
- Introduction aux charges et philosophie de conception
- Principes constructifs des voilures, surfaces portantes
- Principes constructifs des fuselages
- Matériaux à usage aéro et assemblages structuraux.

Modalités pédagogiques :

cours: 8 h
PC: 3 h
BE: 12h
exam: 2h

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

ARCHITECTURE DES VÉHICULES ET SYSTÈMES SPATIAUX

Responsable : Francesco SANFEDINO

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

2^e année

Objectifs du module :

- identifier les enjeux et besoins de la conception des véhicules spatiaux (satellites et lanceurs),
- analyser les contraintes environnementales d'une mission spatiale,
- dimensionner les principaux sous-systèmes d'un microsatellite d'observation de la Terre tout en respectant les contraintes environnementales et d'interaction entre les différents sous-systèmes,
- utiliser les outils informatiques de dimensionnement proposés au cours du BE (Simusat, Satorb),
- formuler un rapport complet d'avant-projet d'une mission spatiale.

Compétences visées :

- analyser les besoins mission des programmes spatiaux d'observation de la Terre, de navigation ou des télécommunications,
- justifier les choix d'architecture lanceurs et satellites pour ces missions,
- Etablir les interfaces entre les différents sous-systèmes d'un système spatial.

Prérequis:

- conception fonctionnelle et ingénierie simultanée
- toutes les disciplines de 1A et 2A doivent être comprises

Contenus :

- Environnement spatial et ses effets sur le design
- Développement durable dans l'Espace
- Mécanique Céleste :
 - Le problème à deux corps
 - Les paramètres orbitaux
 - Les perturbations
 - Manœuvres orbitales
 - Orbites pour missions d'observation de la Terre
 - Orbites Géostationnaires
- Communications radio
- Architecture satellites :
 - Dimensionnement plateforme
 - Structures
 - Contrôle thermique
 - Puissance
 - SCAO
 - Propulsion
 - Télécommunications
 - Charge utile
- Architecture lanceurs :
 - Généralités sur les missions lanceurs
 - Propulsion
 - Etagement

Modalités pédagogiques :

- Cours
- Etude de cas : BE avant-projet de microsatellite d'observation



UE OUTILS ET MÉTHODES DE L'INDUSTRIALISATION

Qualité (Lean, Six sigma, ...)
Conception fonctionnelle et ingénierie simultanée
Gestion de projet
Certification et réglementation
Méthodes de fabrication et de conception
Organisation industrielle
Usine du futur : défis et enjeux

UE OUTILS ET MÉTHODES DE L'INDUSTRIALISATION

1
ECTS
20h

GESTION DE PROJET

Responsable : Rob VINGERHOEDS

Objectifs du module :

Acquérir les connaissances de base en gestion de projet, ainsi que les liens vers d'autres rôles (organisation industrielle, gestion de production, ingénierie systèmes, ...). Le module de Gestion de Projet est enseigné en première année. Dans les deux années suivantes et à travers les projets en entreprise, de petits rappels seront organisés.

Compétences visées :

- se familiariser avec le vocabulaire de la Gestion de Projet
- comprendre les étapes (jalons) de réalisation d'un projet
- connaître les livrables attendus à chaque jalon
- connaître les outils de planification d'un projet
- cadrer des projets
- suivi des projets
- approfondir les bases pour des situations réelles
- comprendre les mécanismes financiers et économiques
- maîtrise des risques (lien avec le cours Qualité, qui lui prendra les connaissances acquises en gestion de projet en entrée)

Prérequis :

aucun

Contenus :

- introduction à la Gestion de Projet (3h)
- plan de développement d'un projet (3h)
- planning et Plan de Charge (5h)
- analyse et suivi financiers des projets (3h)
- maîtrise des risques (3h)
- tableau de bord de suivi de projet et revues de projet (3h)

Modalités pédagogiques :

Prévoir 1TD de 3 heures en salle informatique. Le reste en salle de cours normal.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} année

MÉTHODES DE FABRICATION ET DE CONCEPTION

Responsables : Kamel MOUSSAOUI – Frédéric LACHAUD

Objectifs du module :

- acquérir les connaissances de base sur les principaux procédés de fabrication et de contrôle métrologique utilisés dans le secteur aérospatial,
- faire un lien entre ces connaissances et le travail du bureau d'études (comment associer les spécificités d'un procédé de fabrication dans une démarche de conception) ainsi que celui du bureau des méthodes (comment fabriquer en respectant le dessin de définition).

Compétences visées :

être capable de définir les principes, les limites et les méthodes de mise en œuvre des principaux procédés de fabrication et de contrôle métrologique utilisés dans le secteur Aérospatial.

Prérequis :

Lecture d'un dessin de définition et exploitation d'un fichier CAO/FAO d'une pièce ou d'un mécanisme

Contenus :

Contexte général de la fabrication propre à l'industrie aérospatiale : besoin industriel, aspects économiques, organisationnels et sociaux.

Panorama des techniques de fabrication et de contrôle métrologique :

- classification et principes généraux,
- caractéristiques clés et mise en œuvre.

Techniques de fabrication abordées :

- usinage/ découpage/ formage/ assemblage
- Fabrication additive
- métallurgie des poudres
- RTM, préimprégné,... (matériaux composites)

Thèmes pouvant être abordés en lien avec des exemples du secteur aérospatial :

- construction additive versus soustractive, programmation des machines à commande numérique
- assemblage mécano soudés/ collés/ rivetés (réalisation de tronçons, voilures,...).
- applications du laser et de techniques innovantes
- protections et revêtements (traitements de surface, peinture,...).
- ...

Modalités pédagogiques :

procédés et méthodes de fabrication (12 h TP + 10 h cours) / 11 h de BE+ cours métrologie, CND, DRX / Projet commun avec le module "CAO/FAO" et le module "dimensionnement" (+7 h) = 30 H

CONCEPTION FONCTIONNELLE ET INGÉNIERIE SIMULTANÉE

Responsable : Rob VINGERHOEDS

Objectifs du module :

La maîtrise des systèmes complexes par les industriels est indispensable au maintien et à l'amélioration des positions de l'industrie française et européenne sur le marché mondial des grands systèmes, quel que soit le domaine : transports, espace, défense, finances, sécurité, santé, énergie... Ces systèmes font appel à de nombreuses disciplines : génie mécanique, génie électrique, génie automatique, génie civil, génie logiciel, génie électronique, génie chimique, génie industriel, sous-traitance, production, maintenance, sécurité... mais aussi commerce, marketing, relation clients, facteurs humains, développement durable. L'Ingénierie Système (IS) qui en fournit la vision globale et le management associé en est le chef d'orchestre. (cf. AFIS, Association Française de l'Ingénierie Systèmes)

L'objectif en 1A est d'acquérir les connaissances de base en ingénierie systèmes, conception fonctionnelle, ingénierie simultanée, ainsi que les liens vers d'autres métiers, à la fois techniques (mécanique, électronique, logiciel, ...) et organisation industrielle, gestion de production, gestion de projet, ... Le tout sera illustré avec des outils de base.

L'objectif en 2A est d'approfondir les connaissances acquises en 1A et notamment de les mettre en pratique avec un outil représentatif de ce qu'on peut trouver dans l'industrie aujourd'hui. Un projet fil rouge sera utilisé pour mettre en pratique ces notions et d'illustrer comment aller d'un concept vers du CAO.

Compétences visées :

- être capable d'analyser un problème et de proposer des solutions
- savoir travailler efficacement en équipe
- savoir justifier, argumenter et être critique sur ses choix/décisions
- maîtriser l'ingénierie simultanée
- utilisation des outils associés

Prérequis :

aucun

Contenus :

Première année :

- définitions et concepts d'un système et hiérarchie au sein d'un système : décomposition des fonctions, quelles fonctions à réaliser en mécanique, en électronique, etc.
- utilisation et valeur de l'ingénierie des systèmes : le pourquoi et comment
- étapes génériques du cycle de vie, caractéristiques du cycle de vie, étapes et approches : cycles de vie standard et aérospatiale en particulier
- processus techniques, dont ingénierie des exigences, définition de l'architecture, conception, analyse, V&V, etc.
- processus de gestion technique
- model-Based Systems Engineering
- ingénierie simultanée

Deuxième année :

- présentation de l'outil et les grands modules inclus dans l'outil (ingénierie simultanée, ingénierie des exigences, ingénierie de l'architecture, management technique, analyses, V&V, les passerelles vers le CAO, ...)
- mise en place d'un projet fil rouge
- apprendre à utiliser l'outil pour les grandes phases depuis le début jusqu'au CAO (les fonctions de base)

Modalités pédagogiques :

1A : Prévoir à peu près 10h en salle informatique
2A : Cours à faire en salle informatique à 100%

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

1^{re} & 2^e année

ORGANISATION INDUSTRIELLE

Responsable : Laurent HOUSSIN

Objectifs du module :

Acquérir les connaissances de base en organisation industrielle en termes de concepts, d'implantations, de stratégies en gestion de production.

Compétences visées :

- être capable d'identifier et de caractériser le système de production, le type de flux et la gamme de fabrication,
- être capable de définir une stratégie de production et de dimensionner les processus en fonction des prévisions de vente,
- être capable de réaliser une gamme de fabrication,
- être capable de définir une analyse de marché et d'en tirer un business plan afin de dimensionner une production.

Prérequis :

aucun

Contenus :

- analyse de marché, définition du besoin et prévision de vente,
- cadencement d'une ligne de production, Takt Time, type de flux,
- approvisionnement et chaînes logistiques,
- organisation de l'usine (Job shop / product line),
- notion de la valeur, valeur ajouté, non-valeur ajouté, chaîne de valeur de Porter.

Modalités pédagogiques :

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

2^e année

USINE DU FUTUR : DÉFIS ET ENJEUX

Responsable : Elise VAREILLES

Objectifs du module :

L'objectif de ce cours est de sensibiliser les étudiants à l'importance des défis auxquels les systèmes industriels sont confrontés dans le contexte de la quatrième révolution industrielle.

Ceci inclus la numérisation de l'usine, la flexibilité de l'usine et configurabilité de la production, les nouveaux outils logistiques et les nouveaux outils de simulation. Le but est une usine économe en énergie et en matières premières.

Compétences visées :

- comprendre les enjeux de l'usine du futur,
- savoir caractériser les contributions des différents technologies autour de l'usine du futur,
- comprendre comment ces différents technologies peuvent contribuer aux productions modernes.

Prérequis :

Organisation industrielle

Contenus :

- Sensibilisation aux technologies des usines du futur (infrastructure réseau, réalité augmentée, robots ou cobots, big data, cloud computing, systèmes cyber-physiques, sécurité)
- Comprendre les aspects économiques et sociaux (écologie, politique, économie, ...)
- Témoignages d'industriels

Modalités pédagogiques :

QUALITÉ (Lean, Six sigma,...)

Responsables : Rob VINGERHOEDS

Objectifs du module :

Donner à l'élève-ingénieur une vision générale du système de management de la qualité ainsi que les principaux outils qui visent à amener et maintenir les processus au niveau de qualité requis pour prévenir les non-conformités.

Compétences visées :

- 1 : être capable d'animer une démarche qualité
- 2 : être capable d'identifier de mettre en œuvre les outils/méthodes statistiques pour évaluer la variabilité et la capacité des processus et des moyens de mesure
- 3 : être en mesure de piloter les processus en s'assurant de leur stabilité
- 4 : être capable de travailler par processus
- 5 : être capable de mettre en place les diagrammes d'analyse de la valeur
- 6 : être capable de mettre en œuvre des modèles de réduction des coûts grâce à l'amélioration continue

Prérequis :

statistique, gestion de projet, conception fonctionnelle

Contenus :

- Système de management de la qualité, roue de Deming
- Sensibilisation/fondamentaux, Approche Processus, Prévention : AMDEC-FMEA, AMDEC, Poka-Yoke, 5S
- Résolution de Problèmes : Méthode Global 8D, Diagramme Cause et effets- Ishikawa, IS-Isnot, 5 Why, FTA- arbre des défauts
- Rappels de statistique, plan d'expérience
- Etude des systèmes de mesure, la modélisation et les tests statistiques appliqués à l'industrie et la Maîtrise Statistique des Procédés (MSP)
- Présentation concepts de 6Sigma
- Les grands principes du lean, jeu de mise en situation par équipes
- Approche CID

Modalités pédagogiques :

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

2^e année

CERTIFICATION ET RÉGLEMENTATION

Responsable : Joël JÉZÉGOU

Objectifs du module :

La conception, la fabrication et l'opération des aéronefs sont étroitement concernées par le cadre réglementaire applicable. Il faut notamment s'assurer que le système produit est conforme à son design et aux exigences réglementaires, et le reste pendant sa durée de vie. Ce module a pour objectif d'explicitier l'interface entre les spécialités aéronautiques (architecture et conception des divers systèmes), la réglementation et les normes de système d'assurance qualité aéronautiques. Au terme de ce module, l'étudiant sera capable de mettre en pratique en organisme de conception, production ou opération, les compétences opérationnelles de la réglementation aéronautique.

Compétences visées :

- connaître le corpus réglementaire et les normes essentielles pour les systèmes d'assurance qualité en aéronautique,
- connaître le processus de certification de type d'un aéronef, moteur, équipements, les règlements associés et les principes de démonstration de conformité,
- connaître le processus de certification des organismes de production et de maintenance, la structure des référentiels associés et savoir évaluer la pertinence d'une organisation existante,
- connaître les règlements et exigences de gestion de navigabilité et de maintenance des aéronefs en service, savoir identifier la documentation technique applicable et renseigner les documents réglementaires existants, et connaître les principes de base de la planification et d'exécution des activités de maintenance,
- savoir en mettre en pratique les principes de base de gestion de configuration en production et en opération,
- être capable de trouver, en auto-apprentissage, dans la réglementation et les normes aéronautiques les informations pertinentes pour résoudre une problématique professionnelle donnée.

Prérequis :

Architecture des aéronefs; Propulsion aéronautique; Mécanique et dynamique du vol; Structure aéronautique.

Contenus :

- Objectifs de sécurité aérienne, rôles et responsabilités des acteurs de la sécurité aérienne (OACI, autorités, industriels)
- Normes de système d'assurance qualité en aéronautique (série EN9100)
- Gestion de la configuration des produits aéronautiques (production, opérations, maintenance)
- Certification de type d'un produit aéronautique: processus et règlements européens (EASA); méthodes de démonstration de conformité; interfaces avec la production, la maintenance et les opérations; modifications
- Certification d'un organisme de production aéronautique (POA): réglementation applicable; manuel d'organisme; audits de certification; organisation; interface conception-production; certification de la conformité de la production
- Maintien de la navigabilité: réglementation applicable; organisation et techniques pour la gestion de la navigabilité (CAMO), la maintenance et la formation; interfaces avec la conception (documentation technique, plan de maintenance, événements,...)
- Gestion des événements en service: reporting, suivi de navigabilité, consigne de navigabilité
- Réglementation opérationnelle européenne (transport aérien, approbations spécifiques, ...) et documentation opérationnelle

Modalités pédagogiques :

Cours en présentiel et E-Learning
Etudes de cas de mise en pratique des éléments de cours et de développement d'une attitude d'autoapprentissage.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année



UE GESTION D'ENTREPRISE

Stratégie d'entreprise
Gestion financière et comptable
Développement durable et RSE
Droit des contrats et des affaires
Analyse et calcul des coûts
Propriété industrielle et innovation
Simulation d'entreprise

GESTION FINANCIÈRE ET COMPTABLE

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} année

Objectifs du module :

« De la même façon que l'on ne peut pas imaginer un monde sans entreprise, il est impossible d'imaginer une entreprise sans comptabilité » (Lire et analyser un bilan d'H. M. TUBIANA Edition LITEC).

La COMPTABILITÉ est un « système d'organisation de l'information financière permettant de saisir, classer, enregistrer des données de base chiffrées et présenter des états reflétant une image fidèle du patrimoine de la situation financière et du résultat de l'entité à la date de clôture » (art. 120-1 du PCG). La comptabilité est plus qu'une obligation réglementaire. Elle est :

- un OUTIL de CONTRÔLE des opérations,
- un MOYEN de PREUVE JURIDIQUE en cas de litige,
- une OBLIGATION LEGALE (toute entreprise doit tenir une comptabilité),
- un MOYEN FIABLE de CALCUL de l'assiette des IMPÔTS (justification),
- une SOURCE d'INFORMATION FINANCIERE sur la situation et l'évolution de l'entreprise,
- une AIDE à la PRISE de DECISION ECONOMIQUE et FINANCIERE

Compétences visées :

- être capable de connaître l'impact des événements sur les documents comptables de l'entreprise,
- être capable de construire et de lire un compte de résultat,
- être capable de construire et de lire un bilan,
- être capable de différencier résultat comptable et trésorerie,
- être capable d'utiliser les connaissances comptables acquises pour monter un business plan,
- être capable d'analyser une situation économique et financière d'entreprise à partir de ses documents comptables de synthèse.

Prérequis :

Aucun

Contenus :

1. Introduction

- a. Entreprise : lieu de prise de décision
- b. Entreprise : lieu d'échanges avec son environnement
- c. Objectifs de la comptabilité
- d. Exercice d'une création d'entreprise : événements/activité/patrimoine

2. Normalisation comptable

- a. Rôle de la comptabilité générale
- b. Plan comptable général : principes et codification
- c. Principes normalisés d'enregistrement
- d. Documents de synthèse : compte de résultat et bilan comptable

3. Ecritures courantes

- a. Introduction
- b. Acheter/investir/vendre – la prise en compte de la TVA
- c. Emprunter/rembourser
- d. Payer ses salariés

4. Ecritures d'inventaire

- a. Introduction
- b. Comptabiliser ses stocks
- c. Investir/amortir
- d. Provisionner les dépréciations et les risques

5. Cas de synthèse

Modalités pédagogiques :

Cours et exercices

DÉVELOPPEMENT DURABLE ET RSE

Objectifs du module :

La responsabilité sociale des entreprises, également appelée responsabilité sociétale des entreprises (RSE), est la prise en compte par les entreprises des enjeux environnementaux, sociaux et éthiques dans leurs activités.

Compétences visées :

- connaître les différents aspects de la RSE,
- comprendre les impacts sur les organisations,
- être capable d'appréhender la mise en place de cette démarche.

Prérequis :

Aucun

Contenus :

Module 1 : Cadre et objectifs du Développement Durable et de la RSE -10h

- Enjeux du développement durable et de la RSE
- Bilan carbone
- Aspects réglementaires; stratégiques et économiques

Module 2 : énergie et environnement (Proposition de l'ENSMA) - 10h

- Ressources énergétiques : historique et état des lieux
- Ressources fossiles : présentation, historique et projections
- Réchauffement climatique : physique, état des lieux, projections, atténuation et adaptation
- Scénarios énergie/climat pour les 30 ans
- Ressources matériaux

Module 3 : Penser autrement pour un Développement Durable - 10h

- Analyse du Cycle de Vie (ACV) et écoconception
- ACV et Réglementations orientées transports
- Bio inspiration
- Economie de fonctionnalité
- Economie circulaire

Modalités pédagogiques :

Cours et/ou conférences-débats
Etudes de cas

ANALYSE ET CALCUL DES COÛTS

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

Comprendre le mécanisme des différentes approches pour estimer un coût de production et calculer une marge.
Maîtriser les mécanismes de base du contrôle des coûts et du pilotage de la performance.

Compétences visées :

- être capable de calculer les différents types de coûts (répartition des coûts directs et indirects), de valoriser un stock selon différentes méthodes,
- être capable de piloter les résultats de l'activité opérationnelle (seuil de rentabilité, marges),
- être capable d'exploiter, de sélectionner l'information utile au sein d'un volume important de données techniques et économiques.

Prérequis :

Connaissances comptables et financières

Contenus :

- la classification des charges et des coûts
- analyse fonctionnelle de l'activité - méthode des centres d'analyse
- méthode ABC
- les méthodes de calcul des coûts et des marges
- méthode de coûts partiels - imputation rationnelle - coût cible
- méthodes de valorisation des stocks
- seuil de rentabilité, point mort

Modalités pédagogiques :

Cours : 6h
TP : 9 heures

PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE ET INNOVATION

Responsables : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

- acquérir les réflexes de la protection des créations industrielles et des signes distinctifs (brevet, marque),
- comprendre les enjeux stratégiques de la protection industrielle,
- connaître les conséquences du non-respect du droit de la propriété intellectuelle,

Compétences visées :

- être capable de comprendre les enjeux stratégiques de l'innovation et de la propriété industrielle
- être capable d'appréhender la PI dans les différentes phases d'un projet

Prérequis :

aucune

Contenus :

- Inventions, innovation, propriété intellectuelle / propriété industrielle ?
- Les enjeux et stratégies de la propriété industrielle. Secret, brevet, divulgation,
- Preuve de date de création / Brevet,
- Brevet : critères de brevetabilité ; étapes clés de la procédure de délivrance ; titularité ; valorisation/exploitation,
- Innovations partenariales : projets collaboratifs ; open innovation.

Modalités pédagogiques :

Cours
Etudes de cas

SIMULATION D'ENTREPRISE

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

- définir la stratégie d'une firme dans un environnement concurrentiel,
- analyser l'évolution de la performance et la rentabilité de cette stratégie,
- adapter la stratégie choisie face à l'évolution de l'environnement concurrentiel simulé.

Compétences visées :

- être capable de comprendre et consolider toutes les connaissances de gestion acquises durant la formation,
- être capable d'appliquer les outils de gestion appris durant la formation.

Prérequis :

Toutes les notions acquises dans les cours de gestion.

Contenus :

1. Définir une stratégie pour la firme :
 - stratégie de positionnement (différenciation traditionnelle, différenciation « verte » et domination par les coûts),
 - stratégie de croissance (spécialisation et diversification), modes de croissance (externalisation, création de Marketplace, alliance et fusion).
2. Définir un plan marketing : Gestion et optimisation du mix :
 - détermination de la politique de prix du (des) produits gérés
 - définition de la qualité du (des) produits gérés,
 - gestion de la force de vente,
 - évaluation du budget de publicité, gestion de l'image, obtentions de label...
3. Comprendre les contraintes de production :
 - gestion des stocks de matières premières et de produits finis,
 - gestion de la capacité de production (investissement et désinvestissement),
 - gestion éventuelle des émissions de CO2 (quota, contrat d'émission et taxe carbone),
 - gestion des salariés de production (actions de développement humain).
4. Intégrer la dimension finance, comptabilité et contrôle dans l'analyse de la performance :
 - gestion de la trésorerie,
 - gestion des besoins de financement et d'investissement (emprunt CT et LT, escompte et emprunt « vert bonifié »),
 - calcul et optimisation des coûts de revient.

Modalités pédagogiques :

A définir

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

STRATÉGIE D'ENTREPRISE

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

Comprendre et appliquer une réflexion stratégique à moyen/long terme pour orienter l'offre de l'entreprise vers les attentes du marché et la satisfaction du client.
Maîtriser les outils d'identification des opportunités de marché et la mise en place de plans d'actions complets.

Compétences visées :

- être capable d'analyser un secteur d'activité et de réaliser une veille concurrentielle stratégique
- être capable d'identifier les leviers d'une bonne stratégie d'entreprise
- être capable de définir une stratégie
- être capable de mobiliser les principaux outils d'analyse stratégique

Prérequis :

Bonnes connaissances des principaux rouages économiques et financiers de l'entreprise.

Contenus :

1. L'analyse de l'industrie

Identifier les règles de succès

- Caractéristiques de l'industrie
- Différentes activités (DAS – Domaines d'Activités Stratégiques)
- Facteurs Clés de Succès (FCS)

2. L'analyse de la concurrence

Analyser la pression concurrentielle

- Forces de la concurrence
- Groupes stratégiques

3. Stratégies génériques mise en place dans le contexte sectoriel

Choisir sa stratégie

- Avantage concurrentiel et caractéristiques de l'industrie (BCG 2)
- Les 3 stratégies génériques (Porter 1980)

Modalités pédagogiques :

En plus des éléments théoriques et méthodologiques, le cours est nourri de multiples exemples illustratifs issus de l'actualité économique. Par ailleurs, afin de s'approprier les concepts, théories et cadres d'analyse, les étudiants sont invités à travailler collectivement sur des cas sectoriels. Modalités d'évaluation : Etude de cas en groupe de 4 élèves.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

DROIT DES CONTRATS ET DES AFFAIRES

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

- connaître les règles afférentes à certaines notions clés telles que le contrat, la responsabilité civile,
- de comprendre l'articulation entre les différentes sources (loi, conventions et accords collectifs, contrat de travail...),
- de savoir sécuriser les étapes du contrat de travail de l'embauche à la rupture,
- de gérer les différents éléments de la relation de travail.

Compétences visées :

1. Comprendre les causes, les modalités et les conséquences associées à la notion de "contrat" dans le droit civil français,
2. Maîtriser les fondamentaux juridiques appliqués à la gestion du contrat de travail, de son élaboration à sa rupture,
3. Gagner en autonomie dans la gestion de la vie du contrat de travail,
5. Maîtriser les fondamentaux juridiques appliqués à la gestion du contrat de travail, de son élaboration à sa rupture.

Prérequis :

aucun

Contenus :

1. Le CONTRAT
 - Les éléments constitutifs du contrat
 - Le contenu et les effets du contrat
 - L'inexécution et la rupture du contrat
2. La RESPONSABILITÉ CIVILE
 - Les conditions de la responsabilité civile
 - Les demandes indemnitaires
3. RECRUTEMENT et CHOIX du CONTRAT de TRAVAIL
 - Le recrutement : Les dispositions liées au processus de recrutement : discrimination, égalité homme/femme, etc.
 - Le choix du contrat de travail
 - Les clauses du contrat :
 - o Période d'essai
 - o Clause de mobilité
 - o Clause de non concurrence
 - o Clause de dédit formation
 - Les particularités des contrats précaires : CDD, intérim.
4. DURÉE du TRAVAIL et REMUNERATION
 - Le temps de travail : durée et aménagement (différentes modalités, forfait,...)
 - Les congés payés et autres congés
 - La gestion de la suspension du contrat de travail (la maladie, la maternité, les accidents du travail, etc.).
 - La rémunération

Modalités pédagogiques :

Cours
QCU et/ou cas pratiques

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année



UE SCIENCES HUMAINES ET COMMUNICATION

Communication : écrite, orale
Management humain
Design thinking
Anglais

COMMUNICATION : ÉCRITE, ORALE

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

Présenter les outils de communication écrits mobilisés en situation professionnelle.
Sensibiliser aux différentes ressources de l'écrit (papier ou électronique) à mobiliser selon les situations de travail dans une organisation.
Gagner en aisance dans la prise de parole et en confiance dans les relations professionnelles.
Avoir un esprit critique dans les interactions sociales intéressées.

Compétences visées :

- savoir choisir et rédiger des documents écrits à usage professionnel,
- savoir exposer un plan d'exposé et un texte,
- savoir se situer face à l'autre pour évaluer le niveau de synthèse et le style d'écriture adaptés à l'interaction,
- être capable de prendre la parole en public et de faire passer un message clair et assuré.

Prérequis :

Aucun

Contenus :

- les écrits professionnels
- typologie des documents professionnels
- techniques de prise de parole
- régulation, production et écoute en réunion
- communication verbale et non verbale

Modalités pédagogiques :

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

1^{re} & 2^e année

ENGLISH - COMMUNICATION SKILLS

(25 hours: this module is compulsory for all)

Course Coordinator : Fiona MC HARDY

Students will have taken an Entry Test and based on their results, we will divide them into two CEFR (Common European Framework) language level-based groups.

At the end of the first year the students will take the Test of English for International Communication (TOEIC) and based on their scores and graduation requirements we will set up extra training when necessary.

Objectives :

- Improve written and spoken language skills. Gain fluency.
- Help the learner become an active listener and a more confident and spontaneous speaker.

Skills :

- be able to understand different styles of written and oral documents and presentations,
- be able to speak in public and to convince.

Prerequisites :

None

Contents :

COMMUNICATION SKILLS :

Public and professional speaking and writing, Presentations, Meetings, Reading, Listening + Note-taking, Inter-acting, English for the international world of work.

ELECTIVE :

Students will choose a subject. Courses may include culture and civilization topics, literature, Business English, vocabulary and verbal skills, Projects.

Assessment :

50% participation (involvement, passion, attitude),
50% Continuous assessment on specific tasks.

ENGLISH - BE AWAKE AND AWARE !

(20 hours: this module is compulsory for all)

Course Coordinator : Fiona MC HARDY

Objectives :

- Be more informed about what is happening and why it is happening
- Know how to research, debate and discuss. Learn how to reinforce your opinions with concrete ideas and arguments.
- Improve your expression and the communication of ideas.

Skills :

- Crossing information, sharing and comparing
- (Re)Discover the pleasure of real teamwork
- Boost your presentation skills and captivate your audience with your story-telling, voice, body language and powers of persuasion....
- Expressing and defending your opinion on the multitude of ethical issues raised in the media every day

Prerequisites :

None

Contents :

BE AWAKE AND AWARE :

We will investigate, report back and share information on challenging movements and actions of people all around the world today and the reasons behind them. Covering issues around ethics and morals, human and animal rights, the environment, corporate world, gender, race, politics and religion and anything else that puts fire in the debate.

ELECTIVE :

Students will have a choice. Courses include electives about technologies, artificial intelligence, nanotechnologies and also culture and civilization, literature, sciences, projects.

Assessment :

50% participation (involvement, passion, attitude),
50% Continuous assessment on specific tasks.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

ENGLISH

Course Coordinator : Fiona MC HARDY

In their final year, the students will participate in the classes given in English with all the ISAE Supaero final year students, including all the double degree students. These are mixed level groups with an international dimension, and the choice of classes enables them to act in plays, produce radio programs, speak about ethics, act in short films, participate in debate tournaments, design in the fab lab, learn about Japan etc.

Objectives :
(see individual elective descriptions)

Skills :
(see individual elective descriptions)

Prerequisites :
None

Contents :
(see individual elective descriptions)

Assessment :
(see individual elective descriptions)

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

3^e année

MANAGEMENT HUMAIN

Responsable : Philippe ROUSSELOT

Objectifs du module :

Transmettre aux apprentis l'ensemble des savoirs, savoir- être et savoir-faire afin qu'ils puissent pleinement exercer leur futur rôle de manager.

Compétences visées :

- savoir instaurer la confiance dans une équipe,
- savoir communiquer en tant que manager,
- savoir développer l'intelligence collective,
- savoir gérer et traiter les signes précurseurs des Risques Psycho Sociaux.

Prérequis :

Aucun

Contenus :

1. Introduction sur la notion de management
2. La dimension organisationnelle du management
3. La dimension personnelle
4. La dimension interpersonnelle
5. La dimension Animation d'équipe
6. La notion de responsabilités

Modalités pédagogiques :

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

3^e année

DESIGN THINKING

Responsable : Caroline BÉRARD

Objectifs du module :

Le Design Thinking est une méthodologie, un processus d'innovation centré sur l'utilisateur et axé sur l'observation. Les points clés sont la recherche des besoins, le prototypage rapide et l'itération permanente en vue de l'amélioration d'une situation d'usage.

Cette méthodologie est aujourd'hui largement répandue.

Si l'on peut définir le Design Industriel comme « le domaine de la création de concepts et de spécifications destinés à optimiser la fonction, la valeur et l'apparence d'un produit pour le plus grand bénéfice de l'utilisateur et du producteur », la notion de Design Thinking est plus large et intéresse de multiples champs d'application : du produit au service, du marketing au modèle économique, de la stratégie à la création de marque, de la prospective futuriste à l'émergence de nouveaux usages pour aujourd'hui...

Compétences visées :

- apprendre à conduire un projet d'innovation grâce au Design Thinking,
- imaginer des services/produits innovants de manière simple et opérationnelle,
- expérimenter les étapes clés de la méthode de Design Thinking avec un projet d'innovation.

Prérequis :

Aucun

Contenus :

Présentation des diverses étapes de la méthode et mise en situation

Modalités pédagogiques :

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

3^e année



UE AVIONIQUE ET SYSTÈMES EMBARQUÉS

Systèmes de communication et de navigation

Systèmes de contrôle

Systèmes embarqués

Interface Homme Machine

Analyse des données, IA et Traitement d'image

Applications : drones, missiles, satellites, voiture autonome, lanceurs, objets connectés, robotique

SYSTÈMES DE COMMUNICATION ET DE NAVIGATION

Responsable : Angélique RISSONS

Objectifs du module :

Les systèmes de communication et de navigation sont omniprésents dans les systèmes embarqués aéronautiques et spatiaux.

Une première partie consistera à rappeler certains outils mathématiques et traitement du signal ainsi que les fondamentaux en électromagnétisme, optique nécessaire à la compréhension du canal de propagation.

La seconde partie sera ciblée sur des applications en communication et navigation en vue de l'analyse et la définition bout en bout d'un système.

Compétences visées :

- comprendre et savoir dimensionner les spécifications techniques d'une liaison de communication ou d'un système de navigation,
- comprendre les différents modes de propagation des ondes électromagnétiques en espace libre afin d'appréhender l'impact sur le système global,
- comprendre et savoir dimensionner au niveau du système l'impact de l'environnement avion ou satellite sur les transmetteurs et récepteurs,
- savoir relier les effets de la couche physiques aux données de communication ou de navigation,
- comprendre et savoir identifier les différentes sources de bruit sur une chaîne RF ou optique et les reporter sur le bilan de liaison.

Prérequis :

Mathématiques et Traitement du signal (Analyse harmonique, Filtrage analogique numérique, échantillonnage/reconstruction, signaux aléatoire), Télécommunications et réseau.

Contenus :

- Rappels de mathématiques et traitement du signal pour la communication et la navigation
- Fondamentaux sur la propagation des ondes électromagnétiques (microonde et optique)
- Technologie électronique haute fréquence et optoélectronique pour les communications et la navigation (Emetteurs, récepteurs, chaîne d'amplification et de conversion, technique de modulation analogique, notion de bruit, interaction avec l'environnement -notions de CEM)
- Introduction aux systèmes de navigation basés sur GPS et Vision
- BE: étude d'une liaison Hybride optique-microonde
- BE : Radiologique
- BE: Navigation basé sur GPS + Vision

Modalités pédagogiques :

- Mathématiques et Traitement du signal 4h (Cours +PC)
- Fondamentaux propagation des ondes électromagnétiques 8h (Cours +PC)
- Technologies Microonde et optique 6h (cours + PC)
- Introduction aux systèmes de navigation 6h (cours + PC)
- BE Opto-Microondes 9h
- BE Radio Logicielle 8h
- BE Navigation 9h

SYSTÈMES DE CONTRÔLE

Responsable : Caroline BÉRARD et Joël BORDENEUVE-GUIBÉ

Objectifs du module :

Après un bref rappel des grands principes et des compromis de base de l'automatique, diverses techniques de synthèse de lois de commande seront abordées :

- la commande modale avec son extension aux systèmes multi entrées, permettant entre autre de traiter les spécifications de découplage,
- la commande linéaire quadratique que nous associerons à l'estimateur de Kalman pour aborder la commande linéaire quadratique gaussienne,
- la commande H infinie, permettant entre autre de prendre en compte des spécifications de robustesse.

Compétences visées :

- capacité de définition et d'optimisation de la commande en termes de précision, rapidité, stabilité, robustesse, etc.
- capacité à analyser, concevoir et implémenter la commande de systèmes.

Prérequis :

Cours d'automatique 1A et 2A

Contenus :

- Retour de sortie (Cours, PC, BE)
- Commande LQ - LQG (Cours, PC, BE)
- Commande Hinf (Cours, PC, BE)

Modalités pédagogiques :

Le cours sera construit autour d'une étude de cas sur laquelle les diverses techniques de synthèse seront appliquées. La démarche permettra de faire ressortir les principaux paramètres de réglage des techniques présentées et de mettre en évidence les points forts et points faibles de chacune d'elles.

Le cours sera essentiellement axé sur le design et la mise en œuvre des lois de commande plus que sur la théorie qui les sous-tend.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année

SYSTÈMES EMBARQUÉS

Responsable : Rob VINGERHOEDS

Objectifs du module :

Fournir aux apprentis une compréhension des principaux aspects à prendre en compte lors de la conception et de l'implémentation d'algorithmes constituant les systèmes embarqués.

Compétences visées :

- maîtriser les règles élémentaires de conception logicielle des systèmes embarqués et la programmation de systèmes critiques
- acquérir la capacité d'écrire et générer un code pour l'embarqué
- être capable d'écrire et lire un programme en langage C
- maîtriser les concepts fondamentaux d'une architecture temps réel

Prérequis :

langage C

Modalités pédagogiques :

cours et TP sur machine

- TP1 - Exercice de calcul numérique avec les langages - synchrone
- TP2 - Contrôleur de température et de pression (mini projet)
- TP3 - Programmation d'un auto-pilote pendant les phases longitudinales (Projet)

Contenus :

Langage C pour l'embarqué – 10h

Descriptif : ce cours s'attache à dispenser les bases essentielles en programmation C, chaîne de compilation et débogage nécessaire à la programmation sur systèmes embarqués.

Systèmes temps-réel – 10h

Descriptif : nous nous intéressons dans ce cours aux systèmes temps réel qui sont présents dans diverses applications comme l'aéronautique, le spatial, les centrales nucléaires ou encore le médical. Le bon fonctionnement de ces systèmes est primordial pour répondre aux exigences utilisateur. Nous étudierons dans ce cours les performances des différentes politiques d'ordonnancement et des protocoles de gestion de ressources sur les temps de réponse des différentes applications.

Architectures matérielles – 5h

Descriptif : l'objectif de ce cours est d'appréhender les mécanismes de fonctionnement, les architectures matérielles de base les enjeux liés à l'usage des processeurs et microprocesseurs communément utilisés dans l'industrie (μ C, FPGA, SoC, ...).

Programmation synchrone des systèmes critiques – 25h

Descriptif : Les systèmes définis comme critiques, doivent être développés en respectant des normes industrielles extrêmement contraignantes. Dans les domaines de l'aéronautique et du spatial qui nous intéressent ici, le développement logiciel doit suivre rigoureusement un processus d'élaboration spécifique afin d'assurer un très haut niveau de fiabilité. C'est dans ce contexte que l'utilisation des langages synchrones apporte une réponse efficace car ils permettent la vérification formelle d'un système. Dans ce cours, nous étudierons l'ensemble du processus de développement d'un logiciel critique avec une description synchrone, sous forme de flux numériques continus discrets combinés à des machines à états.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année

INTERFACE HOMME MACHINE

Responsable : Frédéric DEHAIS

Objectifs du module :

L'objectif du module est de sensibiliser les élèves ingénieurs aux problématiques des facteurs humains et de la conception d'interface homme machine (IHM).

Compétences visées :

- comprendre les enjeux des facteurs humains,
- connaissance sur les outils en ergonomie pour la conception et l'évaluation des IHM,
- être capable d'interagir avec des experts FH pour la conception de systèmes avec opérateurs dans la boucle.

Prérequis :

Aucun

Contenus :

- Introduction aux facteurs humains et psychologie sociale,
- Evaluation de la performance d'un opérateur humain,
- Base de conception d'IHM,
- Certification d'IHM,
- Interaction opérateurs-systèmes automatisés/autonomes

Modalités pédagogiques :

Cours et BE

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année

ANALYSE DES DONNÉES, IA ET TRAITEMENT D'IMAGE

Responsable : Thomas OBERLIN

Objectifs du module :

- introduction à l'analyse de données, à l'IA et au traitement d'image,
- présenter les concepts fondamentaux,
- fournir aux étudiants les bases permettant d'appréhender la complexité des sciences des données et de l'apprentissage avec un focus particulier sur le traitement d'image.

Compétences visées :

- comprendre comment un problème doit être traité pour profiter des sciences des données et de l'apprentissage,
- répondre à des questions basiques sur la science des données, l'apprentissage et leur application au traitement d'images.

Prérequis :

Notions de bases en probabilités et statistiques, en informatique et en traitement d'images.

Contenus :

Modalités pédagogiques :

Cours

APPLICATIONS : DRONES, MISSILES, SATELLITES, VOITURE AUTONOME, LANCEURS, OBJETS CONNECTÉS, ROBOTIQUE

Responsables : Oana-Andreea HOTESCU – Caroline CHANEL

Objectifs du module :

Ce module a pour objectif premier de renforcer l'expertise des apprentis dans les disciplines principales de l'option « Avionique et Systèmes Embarqués » à travers l'étude d'applications concrètes dans lesquelles ces sciences et techniques jouent un rôle majeur : les systèmes autonomes. Le deuxième objectif du module est de renforcer l'adaptabilité des élèves ingénieurs et leurs capacités à innover à travers la découverte des spécificités de ces applications qui mettent en œuvre des techniques à la pointe de la technologie. Parmi les thèmes sélectionnés pour atteindre ces objectifs, en complément d'applications dans le domaine aéronautique et spatial (drones, missiles, satellites, lanceurs), des thèmes d'ouverture riches en innovation seront abordés (voiture autonome, objets connectés, robotique).

Compétences visées :

- connaître les spécificités et les contraintes des systèmes autonomes étudiés,
- connaître les architectures de ces systèmes autonomes,
- être capable de reconnaître les blocs constituant l'architecture des systèmes autonomes et d'identifier les technologies et plateformes mises en jeux,
- être capable d'identifier les facteurs limitant les performances d'un système autonome,
- être capable de sélectionner une architecture de système autonome pour une application donnée et être capable de dimensionner/spécifier les éléments qui la constituent.

Prérequis :

Tous les cours de l'option « Avionique et Systèmes Embarqués » ainsi que les bases d'informatique, d'électronique, d'automatique et d'énergie électrique développées dans le tronc commun de la formation.

Contenus :

- introduction (définition, vue d'ensemble et spécificités communes des systèmes autonomes)
- spécificités des drones
- spécificités des missiles
- spécificités des satellites
- spécificités des lanceurs
- spécificités des voitures autonomes
- spécificités des objets connectés
- spécificités des applications robotiques

Modalités pédagogiques :

Enseignements de type cours/TD/TP avec une partie expérimentale/mise en pratique/implémentation importante.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année



UE PROJETS

Projet Recherche & développement
Projet innovation & conception

UE PROJETS

5
ECTS

90h

PROJET DE RECHERCHE ET DÉVELOPPEMENT

Responsable : Samuel RIVALLANT

Objectifs du module :

Les projets recherche & développement s'inscrivent dans la pédagogie de la formation afin de permettre aux apprentis de développer des compétences collectives et individuelles relatives à une activité de recherche.

Compétences visées :

- étude bibliographique
- formulation du questionnement scientifique
- production de résultats
- analyse critique
- communication et valorisation

Prérequis :

Aucun

Contenus :

- Offre de projet proposée par les départements de recherche de l'institut
- Immersion (courte) dans une équipe de recherche

Modalités pédagogiques :

Mode projet

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

2^e année

UE PROJETS

5
ECTS

90h

PROJET INNOVATION ET CONCEPTION

Responsable : Thomas ZAMOLO

Objectifs du module :

Le projet innovation et conception s'inscrit dans le programme d'option de 3^e année et permet de faire une synthèse globale des compétences acquises sur l'ensemble du cursus.

Compétences visées :

- approche système
- gestion de projet
- communication et valorisation

Prérequis :

Aucun

Contenus :

- Offre de projet proposée par des partenaires industriels

Modalités pédagogiques :

Mode projet

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année



UE INTEGRATION EN ENTREPRISE

INTEGRATION EN ENTREPRISE

Objectifs du module :

Etre capable de s'intégrer au sein d'une entreprise du secteur aéronautique et spatial, en tant qu'assistant d'ingénieur (idéalement situés entre le bureau d'étude et la production).
Devenir opérationnel en se confrontant à des situations concrètes dans un environnement professionnel complexe.

Compétences visées :

- 1 - Notion : l'élève-ingénieur a des connaissances de base et est capable de les restituer ou d'en parler
- 2 - Application : l'élève-ingénieur sait appliquer les connaissances et les savoir-faire dans des situations courantes
- 3 - Maîtrise : l'élève-ingénieur est capable d'utiliser les différents concepts et de traiter des cas complexes ou inhabituels
- 4 - Expertise : l'élève-ingénieur maîtrise les différents concepts et est capable d'en utiliser ou d'en proposer de nouveaux

Savoirs :

Connaître les notions :
- techniques et technologiques (2) ;
- scientifiques (2) ;
- juridiques, économiques, sociales et commerciales (2) ;
relatives à son projet en entreprise.

Savoirs-être :

- être capable de s'adapter à l'entreprise (ponctualité, engagements, culture) (2)
- être capable de s'ouvrir aux autres et travailler en équipe (2)
- être capable de faire preuve d'initiative et travailler en autonomie (2)
- adopter une posture proactive (curiosité, motivation, objectivité, proposition) (2)

Savoir-faire :

- être capable de communiquer au sein de l'entreprise (2)
- être capable de comprendre et de reformuler une demande (2)
- être capable de comprendre les méthodes de travail de l'entreprise et de les reproduire (4)
- être capable d'utiliser les outils informatiques et technologiques de l'entreprise (2)
- être capable de rechercher et acquérir une information et analyser le savoir-faire de l'entreprise (3)
- synthétiser et restituer l'information (2)
- résoudre des problèmes techniques et argumenter ses choix (2)
- être capable de définir de manière objective les délais d'une activité (2)
- être capable d'analyser les éléments d'une chaîne de valeur (1)

Prérequis :

Savoirs, savoir-faire et savoir-être d'un titulaire de DUT, BTS ou Licence à forte composante scientifique et technique.

Contenus :

En fonction des entreprises d'accueil et des missions confiées aux apprentis, ce module abordera les notions et problématiques du Génie industriel d'une entreprise du secteur aérospatial.

Modalités pédagogiques :

Mise en situation en entreprise, étude de cas réels.
Tutorat et accompagnement effectué par un ou plusieurs maître(s) d'apprentissage issu(s) de l'entreprise ainsi qu'un tuteur pédagogique de l'ISAE.
Evaluations co-construites par le maître d'apprentissage, le tuteur pédagogique et l'apprenti.

Apprenti Groupe ISAE
Programme **2023-2024**

2^e année

INTEGRATION EN ENTREPRISE

Objectifs du module :

- savoir s'organiser dans son travail,
- concevoir et mettre en place des solutions,
- être capable d'optimiser un système, de résoudre un problème ou de réaliser des tâches comme technicien en mettant en œuvre des capacités méthodologiques ou techniques.

Compétences visées :

- 1 - Notion : l'élève-ingénieur a des connaissances de base et est capable de les restituer ou d'en parler
- 2 - Application : l'élève-ingénieur sait appliquer les connaissances et les savoir-faire dans des situations courantes
- 3 - Maîtrise : l'élève-ingénieur est capable d'utiliser les différents concepts et de traiter des cas complexes ou inhabituels
- 4 - Expertise : l'élève-ingénieur maîtrise les différents concepts et est capable d'en utiliser ou d'en proposer de nouveaux

Savoirs :

Connaître les notions :

- techniques et technologiques (3)
 - scientifiques (3)
 - notions juridiques, économiques, sociales et commerciales (3)
- relatives à son projet en entreprise.

Savoirs-être :

- être capable de s'adapter à l'entreprise (ponctualité, engagements, culture) (3)
- être capable de s'ouvrir aux autres et travailler en équipe (3)
- être capable de faire preuve d'initiative et travailler en autonomie (3)
- adopter une posture proactive (curiosité, motivation, objectivité, proposition) (3)
- être capable d'assurer la fonction et les tâches d'un assistant ingénieur (3)

Savoir-faire :

- être capable de communiquer au sein de l'entreprise (3)
- être capable de comprendre et de reformuler une demande (4)
- être capable d'utiliser les outils informatiques et technologiques de l'entreprise (4)
- être capable de comprendre et restituer le fonctionnement de l'entreprise (2)
- être capable de comprendre les enjeux globaux (1)
- être capable de comprendre les méthodes de travail de l'entreprise, de structurer l'organisation de ses activités (3)
- être capable de restituer la problématique d'un projet (2)
- définir les jalons des différentes tâches d'un projet (3)
- être capable de définir les indicateurs de performance des différentes tâches d'un projet (1)
- savoir identifier et utiliser les compétences et ressources nécessaires au bon déroulement d'un projet (3)
- identifier les risques potentiels et mettre en place un plan correctif (2)
- résoudre des problèmes techniques et argumenter ses choix (3)
- s'organiser pour pouvoir mener différents projets de front (2)
- savoir animer une réunion de travail (2)
- être capable de s'autoévaluer (2)
- savoir expliquer la démarche d'une mission (3)
- être capable de mettre en œuvre des écrits techniques (3)
- mettre en œuvre une analyse critique (2)
- être capable de rechercher des solutions techniques (2)

Prérequis :

Savoirs, savoir-faire et savoir-être d'un élève ayant validé la 1A

Contenus :

En fonction des entreprises d'accueil et des missions confiées aux apprentis, ce module abordera les notions et problématiques du Génie industriel d'une entreprise du secteur aérospatial.

Modalités pédagogiques :

Mise en situation en entreprise, étude de cas réels.

Tutorat et accompagnement effectué par un ou plusieurs maître(s) d'apprentissage issu(s) de l'entreprise ainsi qu'un tuteur pédagogique de l'ISAE.

Evaluations co-construites par le maître d'apprentissage, le tuteur pédagogique et l'apprenti.

INTEGRATION EN ENTREPRISE

Objectifs du module :

- être capable de piloter un projet,
- être capable en milieu professionnel d'optimiser un système et/ou de résoudre un problème et de réaliser des tâches mettant en œuvre des capacités méthodologiques ou techniques,
- savoir prendre de la hauteur par rapport à ses activités dans l'entreprise,
- développer une synthèse basée sur recherche documentaire liée à la mission d'ingénieur en entreprise,
- réaliser un mémoire de fin d'étude.

Compétences visées :

- 1 - Notion : l'élève-ingénieur a des connaissances de base et est capable de les restituer ou d'en parler
- 2 - Application : l'élève-ingénieur sait appliquer les connaissances et les savoir-faire dans des situations courantes
- 3 - Maîtrise : l'élève-ingénieur est capable d'utiliser les différents concepts et de traiter des cas complexes ou inhabituels
- 4 - Expertise : l'élève-ingénieur maîtrise les différents concepts et est capable d'en utiliser ou d'en proposer de nouveaux

ASSURER LE POSTE D'INGENIEUR

Savoirs :

- Connaître les notions :
- techniques et technologiques (4) ;
 - scientifiques (4) ;
 - notions juridiques, économiques, sociales et commerciales (4) ;
- relatives à son projet en entreprise.

Savoirs-être :

- être capable de s'adapter à l'entreprise (ponctualité, engagements, culture) (4)
- être capable de s'ouvrir aux autres et travailler en équipe (4)
- être capable de faire preuve d'initiative et travailler en autonomie (4)
- adopter une posture proactive (innovation, motivation, objectivité, proposition) (4)
- être capable d'assurer la fonction et les tâches d'un ingénieur (4)

Savoir-faire :

- être capable de communiquer au sein de l'entreprise (4)
- être capable de comprendre les méthodes de travail de l'entreprise et de les reproduire (3)

- être capable de réaliser une veille technologique (2)
- savoir rechercher et exploiter des données traitant d'un sujet industriel (3)
- être capable de définir l'organisation d'un projet de A à Z et le manager (3)
- modéliser et développer une solution technique (3)
- être capable de gérer des complexités, des retards, du stress, de l'imprévisible... (3)
- analyser l'existant et mener des recherches documentaires pour élargir sa vision du projet (3)
- savoir tirer bénéfice d'un environnement multi-culturel (2)
- être capable de restituer ses activités de manière claire, synthétique et précise (4)
- savoir présenter et argumenter une solution ou une idée (3)

Savoir-faire spécifiques : REALISER UN MEMOIRE

- être capable d'utiliser les différents types de ressources documentaires (internet / livres / publications scientifiques) (3)
- être capable de structurer différentes notions dans une synthèse bibliographique (2)
- être capable de vulgariser les connaissances sans les dénaturer (3)
- être capable d'argumenter ses décisions (2)
- être capable d'exposer une problématique en anglais (2)
- s'exprimer devant un public non initié (3)
- être capable d'effectuer une recherche documentaire (3)
- être capable de structurer des idées (2)
- savoir mettre en place des références bibliographiques (2)
- savoir éviter le plagiat (2)
- être capable de s'exprimer devant un public non initié (4)
- savoir synthétiser les informations tout en restant pertinent (3)
- être capable de justifier ses choix (2)

Prérequis :

Savoirs, savoir-faire et savoir-être d'un élève ayant validé la 2A

Contenus :

En fonction des entreprises d'accueil et des missions confiées aux apprentis, ce module abordera les notions et problématiques du Génie industriel d'une entreprise du secteur aérospace.

Modalités pédagogiques :

Mise en situation en entreprise, étude de cas réels.

Tutorat et accompagnement effectué par un ou plusieurs maître(s) d'apprentissage issu(s) de l'entreprise ainsi qu'un tuteur pédagogique de l'ISAE.

Evaluations co-construites par le maître d'apprentissage, le tuteur pédagogique et l'apprenti.

Apprenti Groupe ISAE

Programme **2023-2024**

3^e année



ISAE-SUPAERO
10, avenue É. Belin
BP 54032
31055 Toulouse Cedex 4
France

☎ 33 (0)5 61 33 8080

www.isae-supaero.fr



ISAE Supaero



@ISAE_officiel



@isae-supaero



ISAEcom



ISAE-SUPAERO