

FICHE ECTS

Composante (dépt ou centre)	DGEI
Code ECTS	
Crédits ECTS	5
Enseignant responsable de l'UF	Alexandre Boyer
Section CNU	27, 61, 63
Libellé de l'UF (français)	Ecole d'été SECOIAS Systèmes embarqués communicants et sécurisés pour l'aéronautique et le spatial.
Libellé de l'UF (anglais)	Summer School SECOIAS Security and Communication In Aerospace Embedded Systems.
Semestre :	Semestre 1 <input type="checkbox"/> Semestre 2 <input checked="" type="checkbox"/> Annuel <input type="checkbox"/>

DESCRIPTION GENERALE
VERSION FRANÇAISE

VERSION ANGLAISE

Objectifs, finalités ¹ (max 1000 caract.)	Objectives (max 1000 charact.)
<p>A la fin de l'école d'été, l'objectif pour chaque étudiant sera l'acquisition de nouvelles compétences théoriques et pratiques dans le domaine des systèmes embarqués et des télécommunications pour l'aéronautique et le spatial. L'étudiant devra avoir compris et pourra expliquer (principaux concepts) :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Principales techniques de télécommunications (couches physiques et protocolaires) utilisées dans l'aéronautique et le spatial. - Spécificités de la programmation embarquée sur des architectures de microcontrôleur (MCU) sans MMU (Memory Management Unit) - Principes de fonctionnement et caractéristiques d'une antenne, ainsi que les phénomènes de propagation des ondes électromagnétiques dans un contexte aéronautique. <p>L'étudiant devra être capable de :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Concevoir et tester un logiciel embarqué par programmation des registres des périphériques d'un microcontrôleur (application à l'environnement satellite) - Concevoir une solution de télécommunication à l'aide d'un module de radio logicielle (e.g., application à l'écoute du trafic aérien). - Dimensionner sur simulateur électromagnétique, réaliser et caractériser une antenne dédiée aux applications aéronautique (e.g., Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) - Concevoir, attaquer et sécuriser un protocole ad-hoc de communication bord-sol. 	<p>At the end of the summer school, the students will acquire new theoretical and practical skills in the field of embedded systems and telecommunications for the aerospace industry. They students should have understood and be able to explain (main concepts):</p> <ul style="list-style-type: none"> - Main telecommunications techniques (physical and protocol layers) used in aerospace. - Specificities of embedded programming on microcontroller architectures (MCU) without MMU (Memory Management Unit) - Antenna operating principles and characteristics, as well as electromagnetic wave propagation phenomena in an aeronautical context. <p>The student should be able to:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Design and test an embedded software by programming the peripheral registers of a microcontroller (application to the satellite environment). - Design a telecommunications solution using a software-defined radio module (air traffic monitoring application). - Dimension (based on electromagnetic simulator), build and characterize an antenna dedicated to aeronautical applications (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast). - Design, attack and secure an ad-hoc on-board-ground communication protocol.

Contenu (max 1000 caract.)	Description (max 1000 caract.)
<p>Programme (contenu détaillé) :</p> <p>Les systèmes électroniques embarqués jouent un rôle vital dans l'industrie de l'avionique et des engins spatiaux. Ils assurent des fonctions aussi essentielles que la navigation, la communication, le pilotage, le contrôle de l'atterrissage, la surveillance, la détection, le traitement d'images, le transfert de données, ..., qui doivent fonctionner de manière fiable et sûre.</p> <p>Modules :</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Développement de systèmes embarqués pour une mission nanosatellite :</u> Les étudiants développent un logiciel embarqué sur MCU gérant plusieurs capteurs (e.g., température, luminosité) et actionneurs (e.g., servo-moteur, résistance de chauffe, émetteur-récepteur RF) dans le contexte d'une mission nanosatellite. Durant cet enseignement pratique, différents périphériques (GPIO, timers, ADC, USART/SPI, interruptions) seront mis en œuvre tout en intégrant les contraintes matérielles de la mission. (TP 16 h). • <u>Conception, réalisation et tests d'antennes pour les radiocommunications aéronautiques et spatiales :</u> Le but de ce cours est de comprendre le principe de fonctionnement d'une antenne, ses caractéristiques et connaître les principaux types d'antennes employées pour les radiocommunications (dipôles, antenne patch, ouverture rayonnante). Une antenne dédiée aux applications ADS-B sera dimensionnée sous un logiciel de simulation électromagnétique, puis réalisée (photo-lithographie et micro-gravure) et testée (VNA, chambre anéchoïque). (CM 3 h, TP 12 h) • <u>Principes de radiocommunication pour l'aéronautique et le spatial - Introduction à la radio logicielle :</u> Cet enseignement propose une introduction aux techniques de télécommunications sans fil pour les applications aéronautiques et spatiales, ainsi qu'une introduction à la radio logicielle pour leur mise en pratique. Le cours est divisé en trois parties (TP 9 h) : 1) Etude de différents protocoles de radiocommunications aéronautiques (VOLMET, ATIS, ADS-B) 2) Implémentation des couches physiques de la communication sans fil (e.g., démodulation FM, PSK, ...) 3) Etude du protocole ACARS et implémentation d'une attaque par rejeu pour tester sa vulnérabilité aux attaques. • <u>Sécurité des protocoles de communication pour l'aéronautique et le spatial :</u> L'objectif de ce module est de confronter les étudiants aux problématiques de sécurité liées à la conception d'un protocole de communication, sous un angle pratique. Les étudiants seront ainsi amenés à réfléchir de façon itérative à la conception et à l'implémentation d'un protocole de communication rudimentaire. Les principales attaques touchant les protocoles sans fil seront introduites et discutées, par le biais d'illustrations sur des protocoles réels et de démonstrations pratiques. Des améliorations successives visant à renforcer la sécurité seront apportées (e.g., algorithmes de chiffrement, code d'authentification, 	<p>Program (detailed content):</p> <p>On-board electronic systems play a vital role in the avionics and spacecraft industries. They provide essential functions such as navigation, communication, piloting, landing control, surveillance, detection, image processing, data transfer, etc., which must operate reliably and safely.</p> <p>Modules:</p> <ul style="list-style-type: none"> • <u>Development of Embedded Systems for a Nanosatellite Mission:</u> Students will develop MCU-based software to manage several sensors (temperature, luminosity) and actuators (servo, heater, RF transceiver) in the context of a nanosatellite mission. During this practical course, various peripherals (GPIOs, timers, ADCs, USART/SPI, interrupts) will be implemented while integrating the mission's hardware constraints. (Lab 16 h). • <u>Design, fabrication and testing of antennas for aerospace radiocommunications:</u> The aim of this course is to understand the operating principle of an antenna, its characteristics and the main types of antenna used in radiocommunications (e.g. dipoles, patch antenna, radiating aperture). An antenna dedicated to ADS-B applications will be designed using electromagnetic simulation software, then produced (photo-lithography and micro-engraving) and tested (VNA, anechoic chamber). (Courses 3 h, Lab 12 h) • <u>Software-Defined Radio for secure wireless communications in aeronautics:</u> This course introduces wireless telecommunication techniques for aerospace applications, as well as an introduction to software-defined radio for their practical application. The course is divided into three parts (Lab 9 h): 1) Study of different aeronautical radio protocols (VOLMET, ATIS, ADS-B) 2) Implementation of the physical layers of wireless communication (e.g. FM demodulation, PSK, ...) 3) Study of the ACARS protocol and implementation of a replay attack to test its vulnerability to attack. • <u>Security of communication protocols for aerospace</u> This module aims to confront students with the security issues involved in designing a communication protocol, from a practical angle. Students will be asked to think iteratively about the design and implementation of a rudimentary communication protocol. The main attacks on wireless protocols will be introduced and discussed, with illustrations on real protocols and practical demonstrations. Successive security enhancements will be introduced (e.g. encryption algorithms, authentication code, anti-replay mechanisms). (Lab 9 h). • <u>Invited conferences:</u> Through lectures given by industrials and researchers from the aerospace sector, students will learn about new trends in electronic systems, radio communications and safety issues for aerospace applications. (Course 3 h) • <u>Lab visit:</u>

<p>mécanismes anti-rejeu). (TP 9 h).</p> <ul style="list-style-type: none"> Conférences invitées : A travers des conférences proposées par des industriels et des chercheurs du secteur aéronautique et spatial, les étudiant/es seront sensibilisés aux nouvelles tendances dans les systèmes électroniques, les radiocommunications et les enjeux de sécurité pour les applications aéronautique et spatial. (CM 3 h) Visite laboratoire : Visite des plateformes technologiques d'un laboratoire de recherche en lien avec l'aéronautique et l'espace. (TP 3 h). 	<p>Visit the technological platforms of an aerospace research laboratory (Lab 3 h).</p>
Recommandation (max 1000 caract.)	Recommendation (max 1000 charact.)
Pas de recommandations spéciales	No special recommendations

Pré-requis (Code UF + intitulé, sinon notions nécessaires) (max 200 caract.)	Necessary knowledge (UF Code + title, or required knowledge) (max 200 charact.)
<p>Connaissances générales en programmation (si possible langages C, Python) Connaissances basiques en informatique, électronique, signal. Formation de premier cycle scientifique de niveau équivalent à un bachelor dans le domaine scientifique (informatique, électronique).</p>	<p>General programming skills (C, Python languages if possible) Basic knowledge of computer science, electronics and signal processing. Undergraduate scientific training equivalent to a bachelor's degree in a scientific field (IT, electronics).</p>

Organisation, méthodes pédagogiques		Organisation, teaching methods		
<p>Durant l'école, en présentiel, l'approche pédagogique est principalement basée sur l'apprentissage par la manipulation et la pratique. Elle est agrémentée de conférences par des industriels et chercheurs du domaine et d'une visite d'un laboratoire.</p>		<p>During the face-to-face school, the teaching approach is mainly based on hands-on learning. It includes lectures by industry experts and researchers, and a visit to a laboratory.</p>		
Horaire présentiel (tel que l'enseignement est comptabilisé)	Travail personnel²	Contact hours		Personal work
CM	3	Lectures	3	13
TD		Tutorials		
TP	49	Lab work	49	28
Projet		Project		
Examen formatif		Coursework		
Examen certificatif	1	Exam	1	2

Format d'enseignement :	Présentiel <input checked="" type="checkbox"/>	Distanciel <input type="checkbox"/>	Hybride <input type="checkbox"/>
--------------------------------	--	-------------------------------------	----------------------------------

DESCRIPTION COMPLEMENTAIRE

Modalités d'évaluation (max 1000 caract.)		Assessment (max 1000 charact.)	
Comment évaluez-vous que ces objectifs sont atteints ?			
Le module de cours sera évalué à travers les comptes-rendus de travaux pratique (50 % de la note finale) et d'un examen final écrit (50 % de la note finale).		The course module will be assessed through practical work reports (50% of the final grade) and a written final exam (50% of the final grade).	
Examen écrit <input checked="" type="checkbox"/> oral <input type="checkbox"/> Rapport <input checked="" type="checkbox"/> Exposé <input type="checkbox"/> TP <input checked="" type="checkbox"/>		Written ex. <input checked="" type="checkbox"/> Oral ex. <input type="checkbox"/> Report <input checked="" type="checkbox"/> Presentation <input type="checkbox"/> Labwork <input checked="" type="checkbox"/>	
Autre (préciser)		Other (please describe)	

Aides aux étudiants	Student aid
Les étudiants auront à disposition les cours en version numérique. Le taux d'encadrement sera adapté, avec un enseignant pour 12 étudiants durant la partie pratique, afin de répondre en temps réel aux questions.	Students will have access to digital versions of the courses. The supervision ratio will be adapted, with one teacher for every 12 students during the practical part, so that questions can be answered in real time.

Public ciblé	Targeted audience
L'école d'été s'adresse à un public d'étudiants avec une formation scientifique d'un niveau équivalent à un Bachelor dans le domaine de l'électronique et/ou de l'informatique, qui souhaitent acquérir une culture, des outils et des techniques dans le domaine des systèmes embarqués et de radiocommunications dans les secteurs aéronautique et spatial. Par le côté pluridisciplinaire, un public avec des formations initiales diversifiées sera sélectionné afin de montrer l'apport des différentes cultures, leur complémentarité, et favoriser la richesse des échanges et du partage de connaissance.	The summer school is aimed at students with a scientific background equivalent to a Bachelor's degree in electronics and/or computer science, who wish to acquire culture, tools and techniques in the field of embedded systems and radiocommunications in the aeronautics and space sectors. It is suitable for students with a scientific background in computer science and/or electronics. The multi-disciplinary nature of the course means that students with a wide range of initial training backgrounds will be selected to demonstrate the contribution of different cultures and how they complement each other, and to encourage a wealth of exchanges and knowledge-sharing.
Type de formation	Formation initiale <input checked="" type="checkbox"/> Formation continue <input type="checkbox"/> Apprentissage <input type="checkbox"/> VAE <input type="checkbox"/>

Admission	Admission
L'admission sera effectuée sur la base d'un dossier de candidature comprenant : # CV (en anglais) # 1 lettre de recommandation (en anglais) # 1 lettre de motivation (en anglais) # Attester d'un diplôme ou d'une formation universitaire au moins équivalente à un bachelor of science (> 120 ECTS) dans le domaine scientifique (électronique et/ou informatique) # notes des deux derniers semestres.	Admission will be based on an application including: # CV (in English) # 1 letter of recommendation (in English) # 1 cover letter (in English) # University degree or diploma at least equivalent to a Bachelor of Science (> 120 ECTS) in a scientific field (electronics, IT) # grades from the last two semesters.

Besoins particuliers	Particular needs
Pas de besoins particuliers.	No special needs.

Langue(s) utilisée(s) pour l'enseignement :	Anglais / English
Langue(s) utilisée(s) pour le support de cours :	Anglais / English
Langue(s) utilisée(s) pour l'évaluation :	Anglais / English

Mots clés :	Keywords :
Applications embarquées et télécommunications aéronautiques/spatiales, systèmes embarqués, microcontrôleurs, antennes, sécurité des protocoles de	Embedded applications and telecommunications for aerospace telecommunications, embedded systems, microcontrollers, antenna design and test, security of wireless communication protocols, software-defined radio.

communication sans fil, radio logicielle.	
---	--

Bibliographie (auteur, titre, éditeur, année, ISBN)	Bibliography (author, title, publisher, year, ISBN)
<ul style="list-style-type: none"> - V. Mahout, T. Rocacher, G. Auriol, "Programmation des systems embarqués", ISTE Editions, Sept. 2024. - O. Picon, L. Cirio, C. Ripoll, G. Baudouin, J. F. Bercher, M. Villegas, "Les Antennes : Théorie, Conception et Applications", Dunod, Sept. 2009. - J. M. Laheurte, "Compact Antennas for Wireless Communications and Terminals – Theory and Design", Wiley-ISTE, Aug. 2011. - J. Forshaw, "Attacking Network Protocols – A Hacker's Guide to Capture Analysis and Exploitation", No Starch Press, Jan. 2018. - M. Lichtman, PySDR: A Guide to SDR and DSP using Python, online: www.pysdr.org. 	<ul style="list-style-type: none"> - V. Mahout, T. Rocacher, G. Auriol, "Programmation des systems embarqués", ISTE Editions, Sept. 2024. - O. Picon, L. Cirio, C. Ripoll, G. Baudouin, J. F. Bercher, M. Villegas, "Les Antennes : Théorie, Conception et Applications", Dunod, Sept. 2009. - J. M. Laheurte, "Compact Antennas for Wireless Communications and Terminals – Theory and Design", Wiley-ISTE, Aug. 2011. - J. Forshaw, "Attacking Network Protocols – A Hacker's Guide to Capture Analysis and Exploitation", No Starch Press, Jan. 2018. - M. Lichtman, PySDR: A Guide to SDR and DSP using Python, online: www.pysdr.org

¹http://enseignants.insa-toulouse.fr/fr/ameliorer_mon_cours/comment_rediger_les_objectifs_de_son_enseignement.html
² à titre d'exemple, on peut multiplier le présentiel par un facteur fonction du type de pédagogie : 0,9 pour les CM, 0,7 pour les TD, 0,3 pour les TP, 1,5 pour les APP et autres pédagogies actives. Dans tous les cas, cette valeur doit être la plus authentique possible et s'appuyer sur des moyens appropriés pour guider le travail personnel de l'étudiant (exercices non corrigés lors des TD, préparation de TP, exercices « pour aller plus loin », grilles d'auto-évaluation, travail personnel à faire utilisant la bibliographie recommandée, ...)