

**Electronique
& Télécommunications
E&T**

Département Électronique et Télécommunications (E&T)

Direction

- Directeur :

Matthieu CRUSSIÈRE

02 23 23 85 81

Matthieu.Crussiere@insa-rennes.fr

- Chargé de mission « suivi des étudiants » :

Erwan FOURN

02 23 23 83 70

Erwan.Fourn@insa-rennes.fr

- Chargé de mission « maquettes, indicateurs, outils de gestion et de pilotage » :

Jean-Christophe PREVOTET

02 23 23 84 52

Jean-Christophe.Prevotet@insa-rennes.fr

Secrétariat du département

Christèle DELAUNAY

02 23 23 86 86

Christele.Delaunay@insa-rennes.fr

Adresses

Institut National des Sciences Appliquées

Département Systèmes et Réseaux de Communication

20 Avenue des Buttes de Coësmes

CS 70839

35708 Rennes Cedex 7

France

deptet@insa-rennes.fr

www.insa-rennes.fr/et

Version du document : 2021-2022

I.	Présentation générale de la formation Electronique et Télécommunications .	3
A.	Objectifs de la formation	3
B.	Intégration de la formation E&T	3
C.	Le personnel du département E&T	4
II.	Profil de l'ingénieur E&T.....	7
A.	Electronique analogique basses (BF) et hautes (HF) fréquences (24 à 28% de la formation selon l'option de 5 ^e année)	8
B.	Signal, communications et réseaux (32 à 36% de la formation selon l'option de 5 ^e année).....	9
C.	Systèmes numériques et informatique (15 à 19% de la formation selon l'option de 5 ^e année).....	10
D.	Humanités et culture de l'ingénieur (25% de la formation)	10
III.	Débouchés de la formation E&T	11
A.	La poursuite d'études.....	11
B.	Le premier emploi	11
C.	L'évolution du salaire	12
D.	Répartition des ingénieurs E&T	14
D.1.	La taille de l'entreprise.....	14
D.2.	La situation géographique de l'entreprise.....	14
D.3.	Le secteur économique de l'entreprise.....	15
D.4.	L'activité exercée actuellement.....	15
IV.	Formation E&T.....	18
A.	Vue globale du cursus E&T	18
B.	Le cursus E&T (semestres 5 à 10).....	19
V.	Le programme des études en 3^eme année	21
A.	Les modules enseignés au 1 ^{er} semestre de la 3 ^e me année (S5).....	21
B.	Les modules enseignés au 2 ^e me semestre de la 3 ^e me année (S6).....	24
C.	Quelques sujets de projets en informatique.....	26
VI.	Le programme des études en 4^eme année	27
A.	Les modules enseignés au 1 ^{er} semestre de la 4 ^e me année (S7).....	27
B.	Les modules du 2 ^e me semestre de la 4 ^e me année (S8).....	29
C.	Quelques sujets de projets en électronique.....	31
VII.	Le programme des études en 5^eme année	32
A.	Les modules enseignés au 1 ^{er} semestre de la 5 ^e me année (S9).....	32
B.	Quelques sujets de bureaux d'études.....	35

C.	Quelques thèmes de conférences	35
VIII.	La mobilité internationale en E&T	36
A.	Une pratique qui se généralise	36
B.	Une offre diversifiée	36
IX.	Les spécificités E&T	40
X.	Les stages dans la formation E&T.....	41
A.	Le stage de fin de 3 ^e année ou fin de 4 ^e année	41
B.	Le projet de fin d'étude	43
C.	Quelques sujets	45

I. Présentation générale de la formation Electronique et Télécommunications

A. Objectifs de la formation

L'ingénieur Electronique et Télécommunications (E&T) est un ingénieur généraliste du secteur des **Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication** (STIC). Il maîtrise non seulement les techniques de transmission de pointe pour les télécommunications, mais aussi conçoit et développe des systèmes électroniques communicants.

Formé aux technologies les plus récentes, l'ingénieur E&T exerce ses compétences dans des secteurs en évolution permanente, comme celui des communications sans fil, des réseaux très hauts débits, des objets communicants... Il peut intervenir dans la recherche et le développement, la spécification, la conception, la simulation, la mise en œuvre, le test et l'intégration de systèmes électroniques numériques et analogiques dans le domaine des télécommunications et des réseaux.

Sa culture scientifique générale et ses qualités de créativité et de réactivité lui permettent de s'adapter rapidement aux situations nouvelles et aux concepts innovants.

B. Intégration de la formation E&T

Le département E&T représente une des six orientations de formation d'ingénieur proposées à l'INSA de Rennes. La formation de l'ingénieur E&T est proposée aux étudiants issus du 1^{er} cycle de l'INSA mais est aussi accessible aux étudiants provenant d'établissements extérieurs :

- aux titulaires d'un diplôme Bac + 2 (DUT, BTS, Licence 2, Classes prépa) et Bac + 3 (Licence 3) pour l'entrée en 3^{ème} année,
- aux titulaires d'un diplôme Bac + 4 (Master 1 ou diplôme équivalent) pour l'entrée en 4^{ème} année.

Les enseignements de la formation E&T sont organisés en 3 ans, venant s'ajouter aux deux années du 1^{er} cycle préparatoire proposé à l'INSA. Chaque promotion compte environ 48 étudiants. Leur formation est assurée par des enseignants de l'établissement et par de nombreux intervenants extérieurs : universitaires, chercheurs, ingénieurs, consultants.

C. Le personnel du département E&T

Les enseignants :

BOUALLEGUE Kais	LEMOINE Christophe
CRUSSIÈRE Matthieu	LOISON Renaud
DARDAILLON Mickaël	MARY Philippe
FOURN Erwan	MERIC Stéphane
EL ZEIN Ghaïs	NOUVEL-UZEL Fabienne
GARCIA VIGUERAS María	PREVOTET Jean-Christophe
GILLARD Raphaël	SAHRAOUI Sélina
LAYEC Anne	ZAHARIA Gheorghe

Le personnel technique et administratif :

DELAUNAY Christèle	Secrétaire du département E&T
PICOULT Gilles	Responsable des salles de TP
DOSSIN Jérémy	Gestionnaire du parc informatique
GUILLAUME Laurent	Gestionnaire du parc informatique
SOL Jérôme	Responsable du matériel hyperfréquences

Direction du département E&T

- Directeur :

Matthieu CRUSSIÈRE

02 23 23 85 81

Matthieu.Crussiere@insa-rennes.fr

- Chargé de mission « suivi des étudiants » :

Erwan FOURN

02 23 23 83 70

Erwan.Fourn@insa-rennes.fr

- Chargé de mission « maquettes, indicateurs, outils de gestion et de pilotage » :

Jean-Christophe PREVOTET

02 23 23 84 52

Jean-Christophe.Prevotet@insa-rennes.fr

Secrétariat du département E&T

Christèle DELAUNAY

02 23 23 86 86

Christele.Delaunay@insa-rennes.fr

Responsable de la 3^{ème} année E&T

Christophe LEMOINE

02 23 23 87 41

Christophe.Lemoine@insa-rennes.fr

Responsable de la 4^{ème} année E&T

Gheorghe ZAHARIA

02 23 23 85 89

Gheorghe.Zaharia@insa-rennes.fr

Responsable de la 5^{ème} année E&T (dont parcours *Media & Networks*)

Renaud LOISON

02 23 23 83 45

Renaud.Loison@insa-rennes.fr

Responsables des relations internationales

María GARCIA VIGUERAS

02 23 23 87 63

Maria.Garcia-Vigueras@insa-rennes.fr

Responsable des stages

Fabienne NOUVEL-UZEL

02 23 23 84 47

Fabienne.Nouvel@insa-rennes.fr

Responsable des Relations Entreprises

Raphaël GILLARD

02 23 23 86 61

Raphael.gillard@insa-rennes.fr

Responsable de la communication

Matthieu CRUSSIÈRE

02 23 23 85 81

Matthieu.Crussiere@insa-rennes.fr

II. Profil de l'ingénieur E&T

Le département Electronique et Télécommunications (E&T) a pour vocation de former des **ingénieurs de haut niveau dans le domaine des Télécommunications**. Au cours des 3 années de formation¹, de nombreuses disciplines sont abordées afin d'ouvrir au maximum les étudiants sur les multiples spécialités du secteur des télécoms. L'objectif est de pouvoir préparer efficacement nos étudiants à leur futur métier d'ingénieur, en sachant qu'ils seront amenés à exercer leur métier dans des **secteurs d'activité très divers** (cf. section III).

Formé aux technologies les plus récentes, l'ingénieur Electronique et Télécommunications est un **ingénieur généraliste du Secteur des Technologies de l'Information et de la Communication (STIC)**. Il conçoit et développe des systèmes électroniques communicants et maîtrise les techniques de transmission les plus avancées. L'ingénieur E&T peut intervenir dans la recherche et le développement, la spécification, la conception, la simulation, la mise en œuvre, le test et l'intégration de systèmes électroniques analogiques et numériques dans le domaine des communications et des réseaux. Sa culture scientifique et ses qualités de créativité et de réactivité lui permettent de s'adapter rapidement aux situations nouvelles et aux concepts innovants.

Le profil de l'ingénieur E&T est essentiellement organisé autour de 4 grands thèmes :

- **électronique analogique basses et hautes fréquences (BF et HF),**
- **signal, communications et réseaux,**
- **systèmes numériques et informatique,**
- **humanités et culture de l'ingénieur.**

Le département E&T a pour mission de proposer une **formation complète** aux étudiants, en leur donnant l'ensemble des compétences requises par les entreprises du **secteur des STIC**. Outre les compétences techniques qui seront développées ensuite, l'étudiant E&T s'ouvre à d'autres champs disciplinaires de manière à suivre une **formation équilibrée** :

- langues vivantes et techniques de communication,
- économie, gestion,
- management et gestion de projet.

En outre, pour que l'étudiant puisse construire progressivement son projet professionnel et appréhender au mieux son futur métier d'ingénieur, de **nombreuses rencontres avec le milieu industriel** sont facilitées par l'intervention d'industriels du secteur des STIC en enseignements, lors de conférences sur des sujets variés, et aussi à travers les projets et les stages.

Les **multiples projets** proposés par la formation E&T contribuent au **travail en équipe**, au développement de l'esprit d'initiative et au sens critique, qualités essentielles à acquérir avant d'exercer tout métier d'ingénieur. Egalement, l'étudiant a la possibilité de participer à de nombreuses activités extra-scolaires, sportives, culturelles, et de s'impliquer dans l'organisation d'événements, afin de favoriser son développement personnel et d'enrichir son profil d'ingénieur E&T.

¹ Désignées par les 3^e, 4^e et 5^e années de formation à l'INSA

A. **Electronique analogique basses (BF) et hautes (HF) fréquences (24 à 28% de la formation selon l'option de 5^e année)**

L'électronique analogique constitue le **socle fondamental de la formation de l'ingénieur E&T**. Quel que soit le secteur d'activité concerné par la transmission de signaux (l'automobile, l'aéronautique, l'informatique, les services de télécommunications, l'énergie, le domaine médical...), l'électronique est aujourd'hui omniprésente et indispensable à la performance des systèmes de transmission.

La formation E&T est fortement axée sur les **couches physiques** des systèmes de communication. Aussi, l'électronique analogique occupe une part importante de la formation (la partie numérique de l'électronique est associée au 3^e pilier concernant les systèmes numériques et l'informatique, cf. section II.C.). Alors que l'électronique basses fréquences n'est pas spécifique à la formation E&T (des contenus similaires se retrouvent dans la formation Electronique et Informatique Industrielle de l'INSA), **la partie hautes fréquences constitue une spécificité de la spécialité E&T**. Cette composante de la formation permet aux ingénieurs E&T de présenter des compétences dans le domaine des **radiofréquences** des systèmes de communication sans fil et des systèmes radar. Ce champ de compétences permet également à nos ingénieurs d'appréhender les problématiques liées à l'augmentation des fréquences d'horloge des systèmes numériques.

Les **principales compétences visées** sont les suivantes :

- savoir spécifier, modéliser, concevoir et réaliser des **systèmes électroniques communicants** (systèmes de télécommunications, radars et sonars),
- savoir concevoir des **circuits et systèmes électroniques analogiques** BF et HF,
- maîtriser la **modélisation** en électronique,
- connaître les paramètres fondamentaux et les principales technologies des **antennes**,
- savoir intégrer les **contraintes CEM** dans la conception d'un système,
- maîtriser les **outils de CAO** de composants et de systèmes électroniques BF et HF.

Au cours de travaux pratiques et de projets, les étudiants sont amenés à **concevoir et réaliser des cartes électroniques** constitués par des composants aux multiples fonctions, tels que les circuits intégrés pouvant associer des fonctions analogiques, logiques, mixtes et programmables (DSP, FPGA...). L'enseignement en électronique analogique porte à la fois :

- sur les **connaissances théoriques** indispensables à la compréhension des phénomènes physiques,
- sur la **simulation numérique** avec l'utilisation de logiciels utilisés dans l'industrie,
- sur l'**expérimentation** pour la mise en œuvre d'études pratiques et de projets permettant de développer le sens pragmatique et le travail en équipe.

Les compétences acquises au cours des enseignements en électronique, permettront au futur ingénieur E&T de **développer des applications spécifiques de haut niveau**, mais aussi d'**animer des équipes** et de **gérer des projets industriels** par une forte sensibilisation à la coordination du travail en équipe.

B. Signal, communications et réseaux (32 à 36% de la formation selon l'option de 5^e année)

Le **traitement du signal** et son prolongement vers les **techniques de télécommunications** et les **réseaux** constituent le deuxième pilier de la formation E&T. Dans son utilisation au plus bas niveau c'est-à-dire **au plus prêt des phénomènes physiques**, le traitement du signal est intimement lié à l'électronique puisque la transmission des signaux nécessite de mettre en œuvre des fonctions mathématiques à l'aide de composants électroniques, qu'ils soient analogiques ou numériques. A un niveau d'abstraction supérieur, les outils de traitement du signal sont utilisés pour proposer et **évaluer les performances de techniques de transmission** des plus simples aux plus avancées, s'agissant par exemple de procédés de modulation, de codage, de traitements de réception ou encore de techniques d'accès multiples. Lorsque l'on intègre aux systèmes de communications des problématiques à plus grande échelle faisant intervenir des **architectures organisées en réseau**, l'abstraction est telle que le signal "électrique" devient un signal de nature plus "informatique". Il est structuré en trames codées et régies par des **protocoles de communication** permettant d'organiser, d'assurer le transport et de **sécuriser les échanges** entre plusieurs entités du réseau.

Véritable "boîte à outils" de l'ingénieur en télécommunications, ce pilier de la formation apporte à l'ingénieur E&T les moyens de donner une **représentation complète et unifiée de tout système de communication** sous la forme d'une chaîne dans laquelle chaque segment rend compte d'une opération sur le signal (**vision bas niveau**) ou les données (**vision haut niveau**). Par la maîtrise des outils et méthodes enseignés dans ce pilier de la formation, l'ingénieur E&T est capable d'envisager des solutions d'amélioration ou d'optimisation d'un ou de plusieurs des éléments du système.

La **spécificité de l'ingénieur E&T** sur les aspects traitement du signal et réseaux, est de disposer d'une vue globale et complète des systèmes de télécommunications **de la couche physique aux couches supérieures**, tant du point de vue des modèles théoriques que des outils et méthodes d'analyse et de simulation. Son assise théorique lui permet notamment de se spécialiser dans l'entreprise en tant qu'expert sur une technique particulière à tout niveau de la chaîne de communication, ou bien de profiter de sa connaissance globale et fonctionnelle de cette chaîne pour intervenir de manière transverse au sein de projets visant au développement de nouveaux systèmes.

Les **principales compétences visées** sont les suivantes :

- maîtriser les modèles théoriques de représentation et d'analyse des signaux analogiques et numériques, déterministes et aléatoires,
- savoir utiliser les outils de simulation numérique permettant d'évaluer les performances d'algorithmes ou de procédés de traitement du signal et de communication (ex : Matlab, Ptolemy),
- connaître les différentes techniques de transmission des plus classiques aux plus avancées (OFDM, CDMA, MIMO, turbocodes, etc.), et notamment celles mise en œuvre dans les standards actuels (UMTS, WiFi, Bluetooth, TNT, GPS, ADSL, etc.),
- comprendre les notions fondamentales sur les mécanismes des réseaux locaux (selon le modèle OSI et TCP/IP) et des protocoles associés,
- maîtriser les mécanismes des réseaux cellulaires et les protocoles actuels des systèmes sans fils (GSM, UMTS, LTE),

- connaître les techniques mises en place pour le déploiement d'un réseau local sécurisé (VLAN, VPN) et l'extension aux réseaux mondiaux (routage inter-domaines).

C. **Systèmes numériques et informatique (15 à 19% de la formation selon l'option de 5^e année)**

Au sein du pilier "Systèmes numériques et informatique", les élèves appréhendent les moyens de conception des systèmes numériques, couplant à la fois le matériel (**Hardware**) et le logiciel (**Software**). D'abord abordées de façon parallèle, les deux notions se regroupent en dernière année pour la conception de systèmes complexes.

La formation en informatique n'a pas pour objectif de former des ingénieurs spécialistes en informatique, mais a pour vocation de **maîtriser l'informatique pour les réseaux de communications**.

Dans le domaine de l'électronique numérique et de la programmation, les compétences visées de l'ingénieur E&T sont les suivantes :

- savoir **spécifier des systèmes électroniques numériques**,
- savoir **programmer sur des cibles matérielles** de type processeur ou FPGA,
- savoir répartir le système entre **parties logicielles et matérielles**,
- pratiquer les langages de programmation les plus usuels que ce soit pour le **développement d'applications informatiques réelles** (algorithmique, C, C++), ou pour la **conception (VHDL) de circuits numériques** programmables (FPGA) pour les systèmes **temps réels** et systèmes **embarqués** (Co-design, SystemC),
- maîtriser les aspects matériels et logiciels des systèmes à base de **microprocesseurs** pour la conception de **signaux numériques** (DSP),

D. **Humanités et culture de l'ingénieur (25% de la formation)**

L'acquisition de connaissances et la succession d'expériences au-delà du cadre scientifique sont **essentiels** pour l'ingénieur INSA qui sera amené à gérer des aspects techniques mais également humains, juridiques, administratifs, économiques... au cours de sa carrière professionnelle.

En outre, dans un contexte permanent d'innovations technologiques et de méthodes modernes de management des entreprises, il est indispensable que l'ingénieur d'aujourd'hui soit formé à la pratique de **langues étrangères**, à la connaissance de **l'entreprise** et aux **techniques d'expressions orale et écrite**. Pour cela, des modules spécifiques ont été mis en place à l'INSA sur les 3 années de la formation E&T :

- gestion du risque,
- systèmes industriels de production,
- ressources humaines et droit du travail,
- droit, économie, gestion,
- gestion de projet.

L'objectif est de fournir à nos futurs ingénieurs E&T des compétences élargies afin de **préparer au mieux nos étudiants au monde de l'entreprise**.

III. Débouchés de la formation E&T

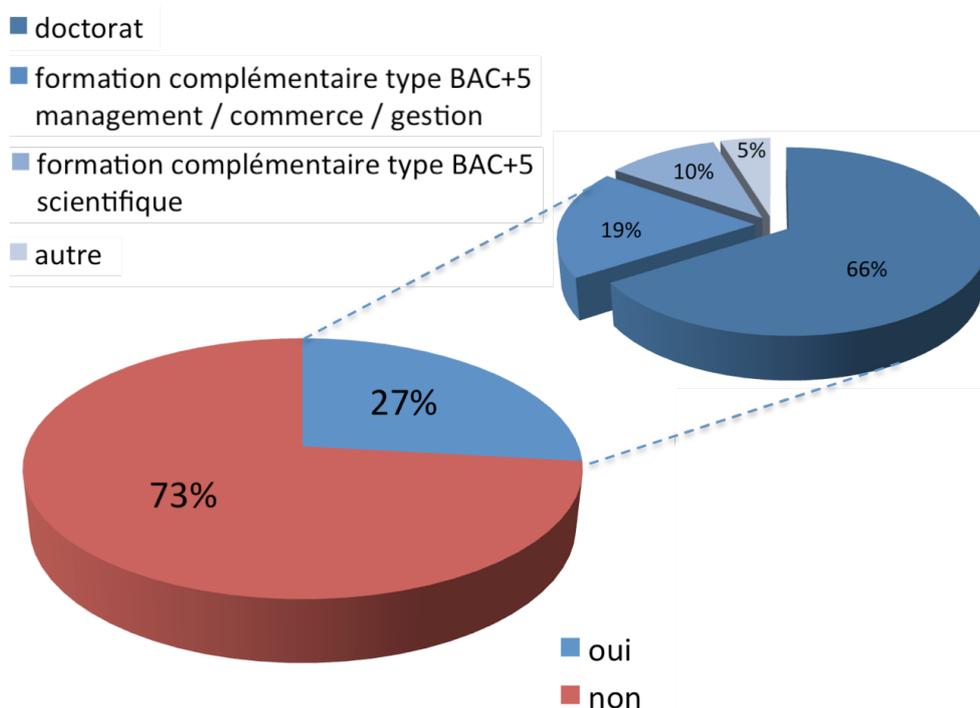
Les résultats présentés dans cette section sont issus d'une vaste enquête portant sur 13 promotions E&T. Cette enquête a été réalisée conjointement par le Département E&T et l'Association des Ingénieurs de l'INSA de Rennes (AIIR).

Le taux de réponses à cette enquête est de 62% sur 517 ingénieurs diplômés.

A. La poursuite d'études

Un étudiant sur quatre a poursuivi ses études après son diplôme d'ingénieur INSA.

Poursuite d'études après la formation INSA ?

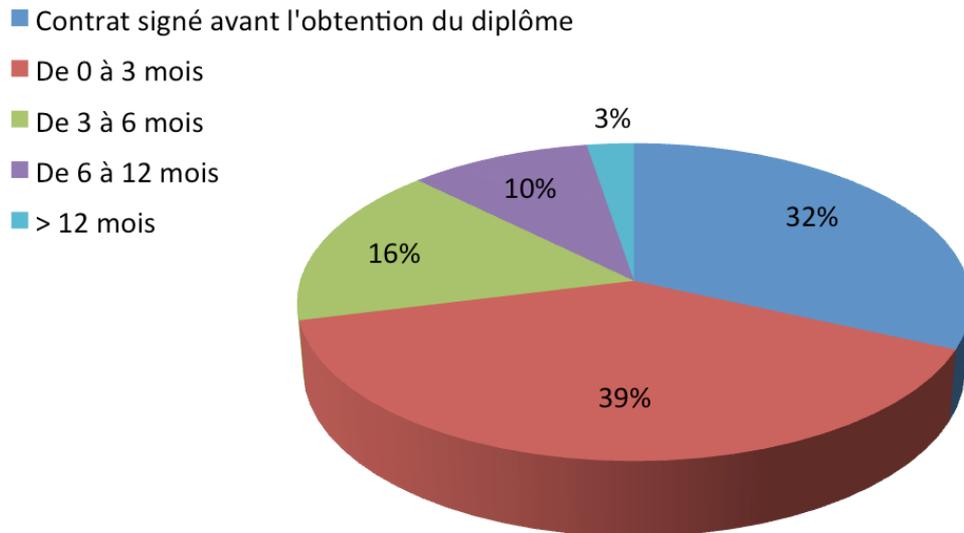


Parmi les différentes possibilités de poursuite d'études, 2 étudiants sur 3 ont préparé un doctorat.

B. Le premier emploi

A la question "au bout de combien de temps avez-vous trouvé un emploi, à partir de la date à laquelle vous avez commencé à chercher ?", les réponses des ingénieurs E&T sont présentées sur le diagramme suivant.

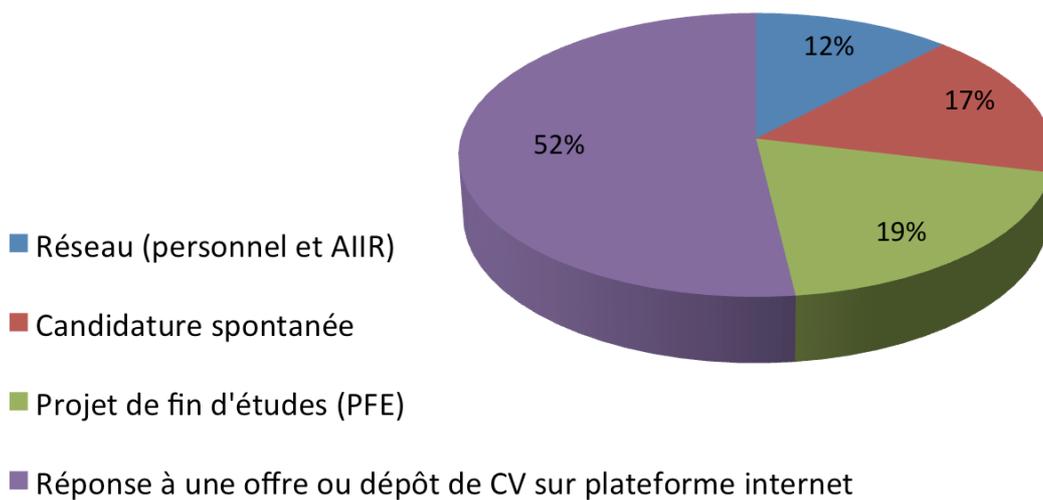
Durée de recherche du premier emploi



On peut noter en particulier qu'un étudiant sur trois décroche un emploi avant même d'avoir obtenu son diplôme et qu'en moins de 3 mois, plus de 2 ingénieurs E&T sur 3 ont trouvé un emploi (87% en moins de 6 mois).

D'autre part, même si la plupart des ingénieurs E&T accèdent à leur premier emploi par la voie classique (réponse à une offre ou dépôt de CV sur plateforme internet), 1 étudiant sur 5 décroche son 1^{er} emploi grâce au Projet de Fin d'Etudes (PFE).

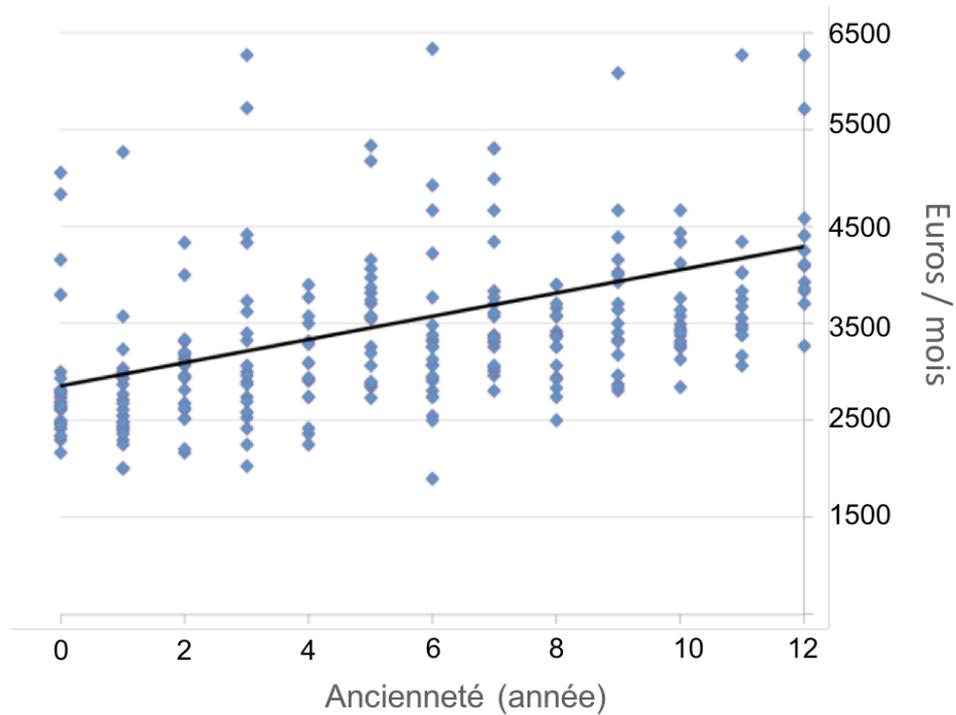
Moyen d'accès au premier emploi



C. L'évolution du salaire

Nous indiquons par des points bleus dans la figure ci-dessous, le salaire actuel net mensuel (primes incluses) des ingénieurs E&T ayant répondu à notre enquête.

Salaire actuel brut mensuel (primes incluses)



Etant donnée la taille assez limitée de l'échantillon des réponses par promotion, afin de limiter le biais sur l'estimation du revenu moyen nous avons volontairement écarté un faible nombre de salaires particulièrement élevés (> 6000 euros), qui n'apparaissent pas sur ce graphique.

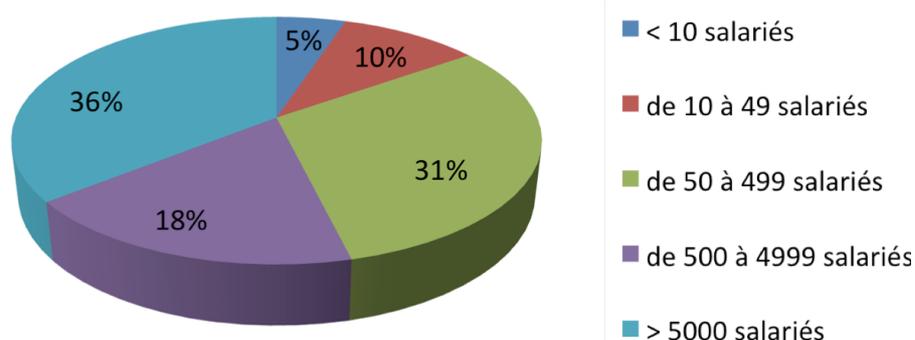
En complément à ce graphique, le salaire moyen annuel à l'embauche de la dernière promotion est évalué à près de 36 k€ (salaire brut, primes incluses).

D. Répartition des ingénieurs E&T

D.1. La taille de l'entreprise

85% des ingénieurs E&T exercent actuellement leur métier dans une entreprise de plus de 50 salariés. 4% des ingénieurs E&T ont déjà créé une entreprise.

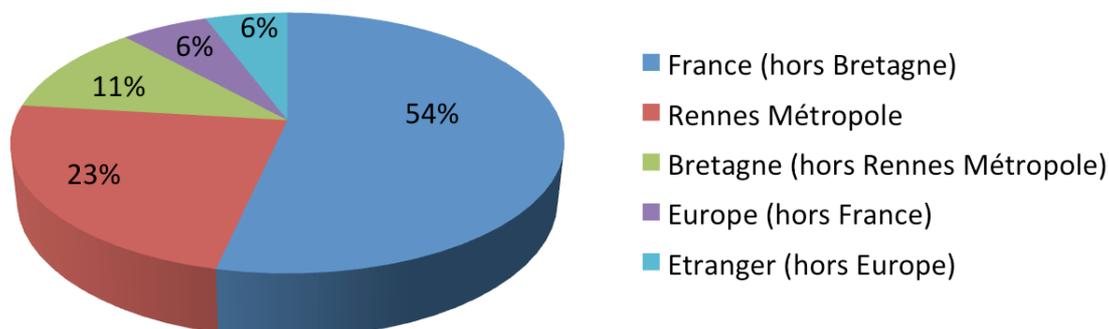
Nombre de salariés de l'entreprise



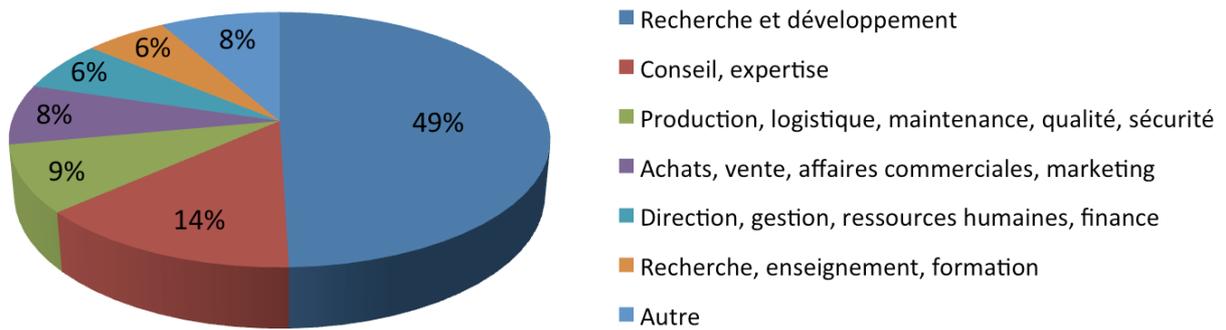
D.2. La situation géographique de l'entreprise

La Région Bretagne, 5^e région française pour le domaine de l'électronique et 2^e pôle national pour les télécommunications, accueille volontiers les ingénieurs E&T (34%). Mais également, l'ingénieur E&T **s'exporte aisément** puisqu'il est présent dans la plupart des régions françaises (54% en France hors Bretagne) et s'exporte aussi dans le monde (12% à l'étranger).

Répartition géographique actuelle

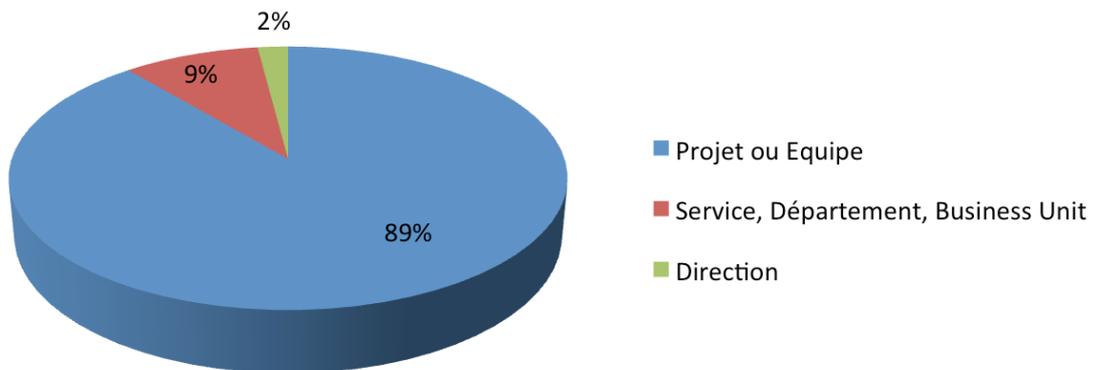


Activité actuellement exercée

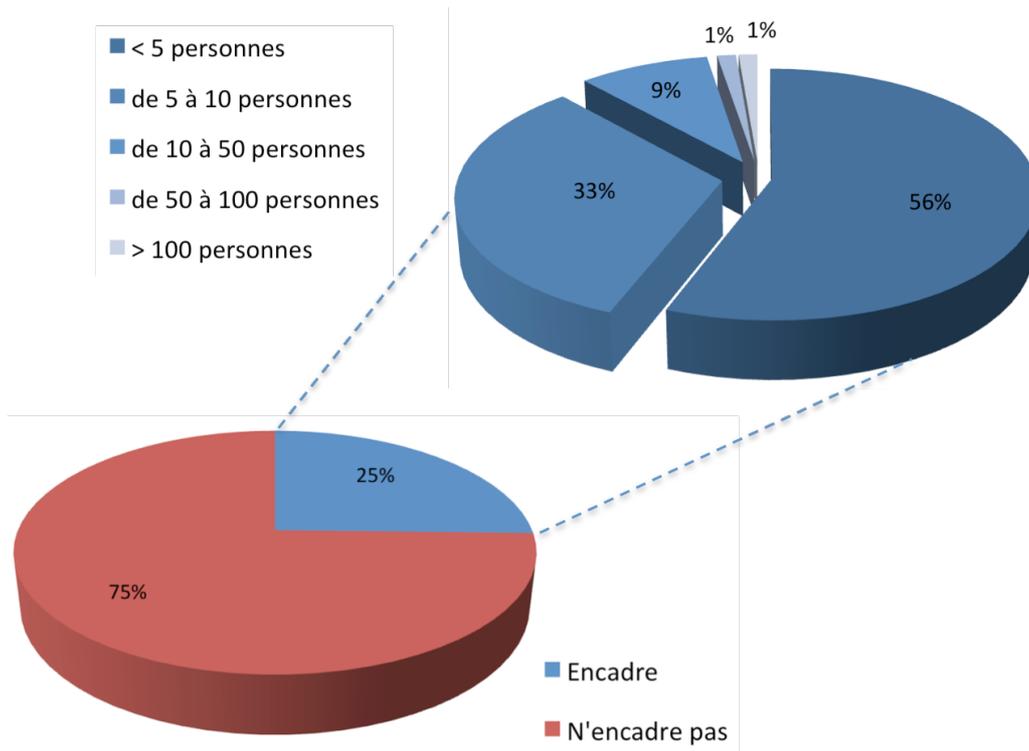


La plupart des ingénieurs actuellement en fonction gèrent avant tout des projets plutôt que des personnes. Néanmoins, un ingénieur sur quatre exerce une responsabilité de personnels, en plus de gérer des projets.

Niveau de responsabilité

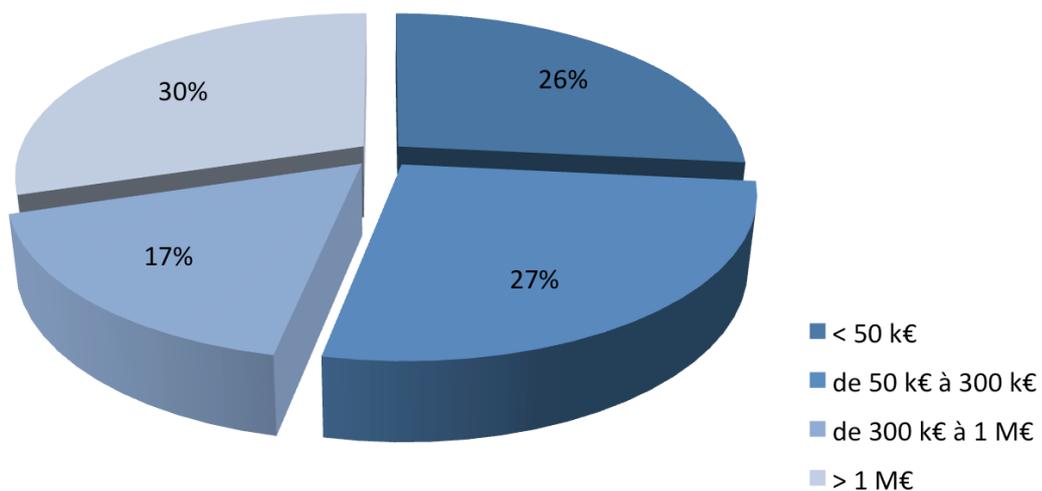


Gestion de personnels



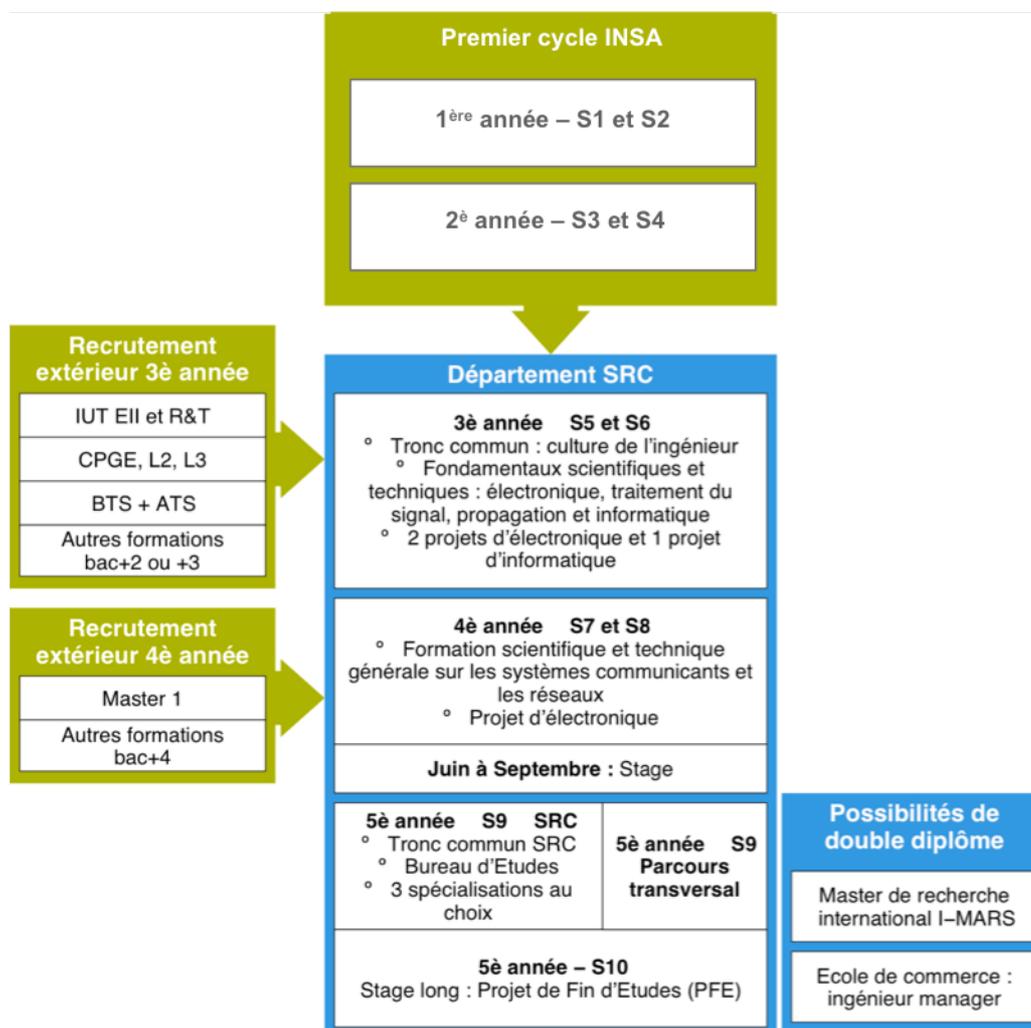
Seulement 20% des ingénieurs des 13 promotions contactées ont accepté de nous indiquer le budget annuel qu'ils gèrent annuellement, dont la répartition figure ci-dessous.

Budget annuel géré par l'ingénieur E&T

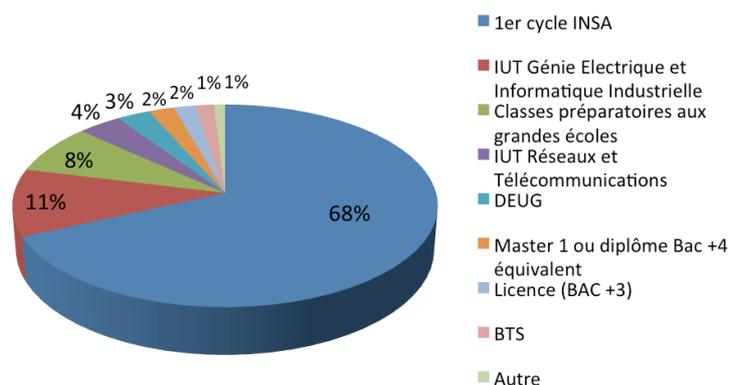


IV. Formation E&T

A. Vue globale du cursus E&T



Il est possible d'intégrer le département E&T en troisième année après le premier cycle INSA ou après une formation scientifique de niveau bac+2 (IUT ou CPGE) ou bac+3. Il est également possible d'intégrer le département en 4^e année après une formation de niveau bac+4 ou supérieur. Comme le montre la figure ci-contre, chaque année, le département réserve entre 12 et 20 places pour les étudiants venant de l'extérieur (sur un effectif de 48 étudiants par promotion). Pour les étudiants extérieurs, les candidatures s'effectuent sur le site www.insa-france.fr.



Origine des étudiants E&T

B. Le cursus E&T (semestres 5 à 10)

La figure ci-après présente l'organisation globale de la spécialité E&T sur les 3 années de formation. A la formation E&T, viennent s'ajouter aux semestres 5 et 6, des modules communs à tous les départements de l'INSA :

- Semestre 5 : Mathématiques (analyse, probabilités, statistiques), Langage C (indiqué dans le tableau) et gestion du risque,
- Semestre 6 : Capteurs et introduction aux systèmes industriels de production.

	3ème année		4ème année		5ème année			
	Semestre 5	Semestre 6	Semestre 7	Semestre 8	Semestre 9	S 10		
Electronique Analogique BF et HF	Elec. linéaire basses fréquences	Systèmes linéaires	Systèmes non linéaires	Circuits hyper-fréquences	Tronc Commun	3 filières au choix		
	Ondes	Propagation électro-magnétique	Lignes et guides d'ondes	Antennes Systèmes RADAR			Réseaux d'antennes et CEM	Ingénierie radio
Signal, communications et réseaux	Maths	Signal analogique aléatoire	Signal numérique	Signal RADAR-SONAR	Etallement de spectre	Réseaux	Conception réseaux	
			Méthodes numériques	Bases des réseaux				
	Signal analogique déterministe	Signal pour les télécom analogiques	Comm. numériques	Comm. numériques				Fibres optiques
			Détection estimation	Radio-comm				
Systèmes numériques et informatique	Prérequis logique	Architecture des ordinateurs	DSP	Stage Industriel	Systèmes numériques	Conception numérique		
			VHDL					
	Langage C	Logique Prog. Langage C	C++					
Projets	Electronique	Electronique	Electronique	Bureau d'études	Projet filière			
		Informatique						
Culture de l'ingénieur et humanités	Langues vivantes		LV 1 et 2		Projet de fin d'études			
	Culture, Communication, Gestion, Economie		Management					
	Sport							
	Filières à thème (excellence sportive, théâtre études, musique études), modules optionnels ...							

En 3^{ème} année, les étudiants reçoivent une solide formation dans les disciplines scientifiques de base de la formation d'ingénieur (électronique, traitement du signal, propagation et architecture des systèmes). L'informatique est étudiée au travers des méthodologies de développement, des langages et des projets.

Trois projets (2 en électronique et 1 en informatique) sont programmés tout au long de l'année afin de favoriser le travail en équipe.

La 4^{ème} année débouche sur des applications techniques nombreuses et variées : systèmes électroniques analogiques, électronique numérique (FPGA, DSP), circuits

hyperfréquences, antennes, systèmes de détection et estimation, radar, sonar, radiocommunications, transmissions optiques, communications numériques, réseaux.

De nombreux travaux pratiques sont organisés et sont l'occasion de manipuler du matériel professionnel (cartes de prototypage, analyseurs de réseaux et de spectre,...).

Un projet électronique s'étale sur toute la durée de l'année. Les étudiants proposent des sujets, établissent un cahier des charges et une pré-étude au premier semestre. Au second semestre, ils réalisent le projet.

La formation est complétée par des enseignements de connaissance de l'entreprise. La pratique de la langue anglaise se concrétise par le passage d'un test international (TOEIC).

La 5^{ème} année est consacrée à l'étude de techniques de pointe ainsi qu'à leur application aux systèmes de communication et réseaux : dispositifs hyperfréquences, CEM, codage de canal, modulations multiporteuses, systèmes MIMO, réseaux d'antennes, étalement de spectre, conception numérique, systèmes temps réel, réseaux de télécommunications et réseaux sans fil.

La formation intègre du management et de la gestion de projets. Elle intègre aussi des méthodes d'autoformation interactives à distance.

Un bureau d'étude sur un sujet proposé par des industriels permet aux élèves de gérer tous les aspects d'une conduite de projet (expertise scientifique, travail en équipe, budget, temps,...).

Une diversification des parcours est possible :

- choix entre trois modules : « conception numérique », « conception réseau » et « ingénierie radio et hyperfréquences »,
- possibilité de double diplôme avec une école de commerce (IGR Rennes, Audencia Nantes ou ESC Rennes) pour un profil ingénieur manager,
- possibilité suivre en parallèle de la 5^{ème} année un master de recherche pour orienter sa carrière vers la recherche et l'innovation : master international I-MARS (Microtechnologies, Architecture, Réseaux et Systèmes de communication).

Les étudiants peuvent suivre en 5^{ème} année **un parcours transversal** commun aux départements Electronique et Informatique Industrielle (EII), Informatique et E&T est proposé. Le parcours « Media and Networks » est centré sur les problématiques des systèmes embarqués, du traitement d'image et des réseaux. A terme, les enseignements de ce parcours pourront être dispensés en anglais afin de favoriser l'accueil d'étudiants étrangers.

Les programmes des 3 années E&T sont régulièrement remis à jour selon les recommandations d'un conseil de département élargi composé d'industriels du secteur des STIC (Sciences et Technologies de l'Information et de la Communication).

Le diplôme d'ingénieur INSA confère le grade de master qui offre la possibilité de **poursuivre des études doctorales**. Chaque année, de nombreux sujets de thèse sont proposés par les enseignants-chercheurs du département E&T qui effectuent leurs activités de recherche au sein du laboratoire IETR (Institut d'Electronique et de Télécommunications de Rennes). Ils travaillent dans les équipes « Antennes et Hyperfréquences » et « Communications Propagation Radar » de l'IETR. L'IETR est le laboratoire de recherche le plus important de l'INSA pour ses collaborations industrielles et pour sa production scientifique et technique.

V. Le programme des études en 3^{ème} année

A. Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 3^{ème} année (S5)

Les modules décrits dans le tableau ci-dessous sont détaillés par la suite. A chaque module correspond un nombre de crédits ECTS qui représente la charge de travail demandée à un étudiant pour l'obtention du module correspondant. Il est à noter que le travail personnel est inclus dans cette charge de travail.

Troisième année, premier semestre (semestre 5)						
Code	Module	Crédits ECTS	Cours	TD	TP	Projet
E&T05-ELEC	Electronique	6	32	16	24	14
E&T05-WTLB	Ondes et lignes de transmission - bases	2	18			
E&T05-SPB	Bases du traitement du signal	4	22	16	18	
ESM05-ANAL	Analyse	1,5	10	10		
ESM05-PROBA	Probabilité et statistiques	1,5	10	10		
E&T05-MATP	Prérequis mathématiques	1,5	14			
ESM05-INFOC	Bases du langage C	1,5	6	4	12	
E&T05-LOG	Bases de la logique	2	14	12		
E&T05-PROLOG	Logique programmable	3	8	4	24	
	Soutien (optionnel)			14		
ENS05-ANGL	Anglais	2		28		
ENS05-PSH	Projet sciences humaines (Monographies)	2,5		26		
ENS05-EPS-DP	Sport et développement personnel	1		24		
ENS05-RISQ	Gestion du risque	1,5	22			
TOTAL		30				

Electronique

Acquérir les connaissances nécessaires et savoir utiliser les méthodes associées pour étudier et simuler les circuits et les montages de base de l'électronique classique. Savoir analyser et concevoir des montages classiques à base de diodes à jonction, de transistors bipolaires et à effet de champ. Travailler de façon autonome par le biais de la réalisation d'un petit projet de synthèse afin d'appliquer les connaissances acquises. Sensibiliser à la fabrication des composants par l'intermédiaire d'une conférence de 2h.

Ondes et lignes de transmission - bases

Les phénomènes de propagation et leur formalisme mathématique. Les bases des lignes de transmission rencontrées en électronique hautes fréquences.

Bases du traitement du signal

A partir de la décomposition d'un signal suivant des fonctions de base, l'objectif de ce module est d'aborder les outils de passage entre le domaine temps et le domaine fréquence. Ces outils de passage et de transformation sont développés et présentés suivant la nature temporelle du signal : temps continu ou temps discret. Ensuite, la notion de transformation discrète est abordée afin de préparer son implantation dans des processeurs de signaux. Enfin, les opérations de filtrage sont décrites ainsi que l'influence de ces opérations sur le comportement des systèmes (stabilité, causalité).

Analyse

Apporter des compléments sur le calcul intégral, l'analyse de Fourier et les distributions : variables complexes, fonctions holomorphes, développement en séries entières, fonctions exponentielles et logarithmes, formule de Cauchy, résidus.

Probabilités et statistiques

A l'issue de ce module, l'étudiant aura acquis une maîtrise de deux outils probabilistes, la fonction caractéristique et les vecteurs gaussiens, ainsi que de leurs applications en statistique des grands échantillons

Prérequis mathématiques

Familiariser les étudiants avec la manipulation de fonctions spéciales et la résolution des équations aux dérivées partielles qu'ils seront amenés à utiliser tout au long des modules de spécialité. Illustration par de nombreuses applications au domaine des télécommunications.

Bases du langage C

Acquérir les notions de base de programmation en langage C. Trouver l'intersection minimale de l'ensemble des besoins pour utiliser le langage C. Maîtrise en écriture et compréhension de code. Maîtrise de la syntaxe et de la sémantique associée.

Bases de la logique

Familiariser les étudiants avec les circuits logiques et donner des règles et des méthodes pour la conception. Démarche méthodologique de conception des systèmes logiques.

Logique programmable

Concevoir des systèmes à base de logique programmable. Analyser l'impact de l'architecture sur les performances du système en termes de latence, consommation, ressources.

Soutien

Module optionnel proposé essentiellement aux entrants extérieurs afin de leur apporter le soutien nécessaire dans les matières suivantes : mathématiques, ondes, propagation et électronique.

Anglais

Renforcer les acquis de l'anglais de la vie courante : lexique, syntaxe, phonologie et de développement des compétences audio-orales et aborder l'acquisition des outils linguistiques nécessaires au travail en entreprise.

Projet Sciences Humaines (monographies)

Réflexion rigoureuse et synthétique sur un thème donné, relatif à un sujet lié aux thématiques du département de spécialité. Définir un objet d'étude et y associer une problématique pertinente. Trouver de l'information pertinente, en mobilisant notamment les ressources disponibles sur Internet. Produire des supports et des événements de communication de qualité (rapport écrit, présentation powerpoint ou prezi, organisation de rencontres à caractère professionnel). Gérer un projet collectif : planifier et coordonner les actions pour produire les livrables attendus dans les délais impartis.

Sport et développement personnel

Aborder le travail en équipe et la connaissance de soi au travers de la communication, la création et la responsabilisation « Managérat ».

Gestion du risque

Faire prendre conscience que le contexte dans lequel travaille et vit l'ingénieur est composé d'évènements liés au hasard. Il est rempli d'incertitudes et de dangers. L'ingénieur doit néanmoins rester maître de ses choix et de ses actes dans des limites définies par le risque acceptable.

B. Les modules enseignés au 2^{ème} semestre de la 3^{ème} année (S6)

Troisième année, deuxième semestre (semestre 6)						
Code	Module	Crédits ECTS	Cours	TD	TP	Projet
E&T06-ALS	Systèmes linéaires analogiques	6	24	16	16	21
E&T06-EWAB	Ondes électromagnétiques et antennes - bases	3,5	30	12	4	
E&T06-SSPB	Bases du traitement du signal aléatoire	2,5	12	10	8	
E&T06-COMSYS	Systèmes de communication	4	24	10	12	
ESM06-RES	Base des réseaux	1	10			
E&T06-DLS	Systèmes linéaires numériques	2,5	20		8	
E&T06-AMI	Architecture et microcontrôleurs	3,5	20	4	8	48
ENS06-ANGL	Anglais	2		28		
ENS06-SIM	Economie, gestion	1,5		16		
ENS06-PPI	Projet professionnel individualisé	1		6		
ENS06-EPS-DP	Sport et développement personnel	1		22		
ENS06-IMO	Introduction au management opérationnel	1,5	10	10	4	
TOTAL		30				

Systèmes linéaires analogiques

Concevoir et manipuler des systèmes linéaires simples et bouclés essentiellement orientés vers les fonctions de filtrage et/ou de la transmission des signaux. Modifier les caractéristiques d'un système par une opération de bouclage. Etudier la stabilité des systèmes, les oscillations et les montages associés. Travailler sur la réalisation d'un analyseur de spectre (interprétation de documents techniques, assemblage de systèmes modulaires, mise en pratique de connaissances théoriques, gestion de projet en équipe) et réalisation des circuits imprimés.

Ondes électromagnétiques et antennes - bases

A partir des équations de Maxwell, établir les bases de l'électromagnétisme. Développer les méthodes d'étude de la propagation et du rayonnement électromagnétiques en espace libre. Analyser les phénomènes de réflexion et de réfraction. Construire des bilans énergétiques et des problèmes équivalents en électromagnétisme. Concrétiser et compléter les notions théoriques de l'électromagnétisme par la définition et l'utilisation des paramètres fondamentaux des antennes.

Bases du traitement du signal aléatoire

Processus aléatoire (p.a.) selon sa dimension statistique et temporelle (discrète et continue). Notions de base nécessaires à la manipulation d'un p.a., i.e. moments statistiques, corrélation, covariance statistique, moments temporels. Notions de stationnarité et d'ergodicité au sens large d'un p.a.. Densité spectrale de puissance (DSP) d'un p.a. stationnaire. Propriétés des p.a. filtrés par un système linéaire invariant en temps (LIT), notamment leurs propriétés d'ordre 2 et étude de système de traitement des p.a.. Définition des signaux cyclostationnaires au sens large. DSP d'une modulation linéaire. Théorème de Chapman-Kolmogorov pour les processus markoviens.

Systèmes de communication

Les différents éléments d'une chaîne de communication. Les signaux de communication, en bande de base ou en bande modulée. Les principes de transmission/transposition de signaux sur fréquence porteuse et les différentes stratégies associées. Les différentes formes de modulation analogique et numérique. Les performances d'un système de transmission en présence de bruit. Occupation spectrale des signaux de communication.

Base des réseaux

Donner aux étudiants les bases nécessaires à la compréhension des réseaux de données. Illustration au travers de protocoles connus.

Systèmes linéaires numériques

Systèmes linéaires à temps discrets, avec une application particulière aux opérations de filtrage. Comportement temps/fréquence de ces systèmes et causalité/stabilité. Transformée en Z. Les différentes catégories de filtre numériques. Les principales méthodes de synthèse des filtres numériques.

Architecture et microcontrôleurs

Analyser le fonctionnement interne des processeurs et étudier les différentes architectures et périphériques associés.

Anglais

Renforcer les acquis de l'anglais de la vie courante : lexique, syntaxe, phonologie et de développement des compétences audio-orales et aborder l'acquisition des outils linguistiques nécessaires au travail en entreprise.

Economie, gestion

Le module vise à sensibiliser les étudiants à la complexité et l'interdépendance des décisions stratégiques et opérationnelles d'une entreprise.

Projet professionnel personnalisé

Amener l'étudiant à réfléchir sur son Projet Professionnel en travaillant avec des consultants en ressources humaines et des chefs d'entreprise.

Sport et développement personnel

Aborder le travail en équipe et la connaissance de soi au travers de la communication, la création et la responsabilisation « Managérat ».

Introduction au management opérationnel

Introduire la notion de management opérationnel (gestion de production, gestion de qualité, démarche d'amélioration continue). Ce module doit permettre aux étudiants d'acquérir une vision globale et systémique de l'organisation d'une entreprise.

C. Quelques sujets de projets en informatique

Exemples de sujets proposés :

- Conception de petits logiciels de communications numériques,
- Affichage de fonctions mathématiques,
- Codage/décodage de données numériques,
- Modélisation de fonctions booléennes,
- Contrôle de véhicules,
- Gestion de gros bateaux par logique floue.

VI. Le programme des études en 4^{ème} année

A. Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 4^{ème} année (S7)

Quatrième année, premier semestre (semestre 7)						
Code	Module	Crédits ECTS	Cours	TD	TP	Projet
E&T07-ESNL	Electronique et systèmes non linéaires	4	22	10	20	
E&T07-DSP	Digital Signal Processing (DSP)	2	8	8	8	
E&T07-CDC	Projet électronique – cahier des charges	1,5				20
E&T07-DETC	Détection, estimation, théorie de l'information et codage	4,5	40	18		
E&T07-RADIO1	Bases des radiocommunications	2	20	8		
E&T07-MB	Micro-ondes bases	2,5	26		8	
E&T07-CNUM1	Communications numériques 1	3,5	22	10	10	
E&T07-VHDL	VHDL	2	10	6	8	
E&T07-INFOC++	Langage orienté Objet C++	2	14		12	
ENS07-ANGL	Anglais	2		28		
ENS07-EI	Conférences, projets innovants	3	24	24		
ENS07-EPS-DP	Sport et développement personnel	1		24		
TOTAL		30				

Electronique des systèmes non linéaires

Donner aux étudiants un ensemble de méthodes utilisables pour étudier les systèmes non linéaires, leur permettre d'appréhender les phénomènes qui se produisent dans ces systèmes, leur donner quelques exemples d'utilisation. Appliquer les méthodes d'étude des systèmes non linéaires (modulation et démodulation) et étudier des systèmes bouclés pouvant être non-linéaires (boucle à verrouillage de phase). Présentation de façon qualitative des systèmes de conversion analogique-numérique et numérique-analogique.

DSP

Ce module porte sur l'étude et la conception des processeurs de signaux DSP. Etude particulière des DSP C6X : conception, simulation, optimisation, implémentation.

Projet électronique - cahier des charges

Le projet électronique est effectué en groupe de 6 à 7 élèves sur l'intégralité de l'année. Ce module correspond à la première phase du projet : définition du cahier des charges (volume horaire total pouvant atteindre 30 heures de travail, dont 12h encadrées). Les étudiants sont amenés à réfléchir et définir leur projet avant de passer à la réalisation.

Détection estimation, théorie de l'information et codage

Présenter les principes des techniques de détection-estimation et de la théorie de l'information et leurs applications : signaux déterministes et aléatoires, codage de source.

Bases des radiocommunications

Etude de différents types de propagation et de liaisons hertziennes, avec caractérisation et modélisation des canaux radioélectriques.

Micro-ondes - bases

Approfondir l'étude et l'analyse fréquentielle, et temporelle des lignes de transmission rencontrées en électronique haute fréquence. Se familiariser aux techniques d'analyse et de synthèse des circuits électroniques en hyperfréquences. Apprendre à simuler et concevoir des circuits électroniques sur les technologies les plus utilisées en hyperfréquences.

Communications numériques 1

Acquérir les principes de base : représentations mathématiques, modulations numériques. Appréhender toute transmission sur canal à bande non limitée.

VHDL

Appréhender la conception de circuits numériques en VHDL au travers des différentes phases: conception, simulation, synthèse logique et test. Un accent particulier est porté sur la relation langage - implémentation physique sur composant numérique.

Langage orienté Objet C++

La programmation orientée objet constitue un outil puissant pour faire face au développement d'applications informatiques réelles. Elle permet de circonscrire de manière plus stable des projets de tailles conséquentes en assurant un suivi efficace des différentes phases d'évolution. Il fait ressortir les principes fondamentaux associés la programmation orientée objet en C++.

Anglais

Maitrise de l'anglais et préparation au TOEIC.

Conférences, projets innovants

Le module se donne comme objectifs de stimuler la créativité, le sens de l'initiative et l'ouverture d'esprit de futurs ingénieurs à travers l'élaboration d'un projet entrepreneurial innovant. Etre capable de conduire un projet et de travailler en équipe.

Sport et développement personnel

Objectifs pédagogiques : travail en équipe et management : communication, création, responsabilisation, connaissance de soi, managérat, autonomie.

B. Les modules du 2^{ème} semestre de la 4^{ème} année (S8)

Quatrième année, deuxième semestre (semestre 8)						
Code	Module	Crédits ECTS	Cours	TD	TP	Projet
E&T08-WA	Waveguides and antennas	2	26		12	
E&T08-MW	Microwaves	2	24			10
E&T08-RADIO2	Radiocommunications 2	1	2	2	9	
E&T08-SYRAD	Système RADAR	1,5	16	6	4,5	
E&T08-TSRS	Traitement du signal radar et sonar	2	16	6	4,5	
E&T08-PROJET	Projet – phase réalisation	2,5				50
E&T08-MNUM	Méthodes numériques	1,5	12	14		
E&T08-RES	Réseau 2	1	12		6	
E&T08-CNUM2	Communications numériques 2	2,5	20	6	12	
ENS08-ANGL	Anglais	2		24		
ENS08-SHES1	Ethique – dév. durable			14		
ENS08-SHES2	Communication entreprise	3		14		
ENS08-EC0	Eco/gestion approfondissement			10		
ENS08-EPS-DP	Sport et développement personnel	1		20		
E&T08-STAGE	Stage	8				48
TOTAL		30				

Waveguides & antennas

Concrétiser et compléter les notions théoriques d'électromagnétisme par l'étude des guides d'ondes. Savoir analyser et pré-dimensionner un guide d'onde usuel et une cavité résonante. Connaître les principales technologies d'antennes. Savoir pré-dimensionner une antenne. Apréhender la métrologie dans le domaine des circuits hyperfréquences et des antennes.

Microwaves

Approfondir les notions sur les lignes de transmission (lignes couplées). Etudier quelques fonctions passives des circuits micro-ondes (filtrage et répartition de puissance) et les topologies associées. Se familiariser avec les fonctions non linéaires des circuits micro-ondes (en particulier l'amplification de puissance).

Radiocommunications 2

Etudier différents types de propagations et de liaisons hertziennes, avec caractérisation et modélisation des canaux radioélectriques : propagation, effet du canal, de l'environnement, caractérisation du canal.

Systèmes radar

Donner aux étudiants une vue générale sur les systèmes radar à impulsions et à ondes continues : principe du radar, types de radars (Doppler, à impulsion, ...)

Traitement de signal Radar et Sonar

Sensibiliser les étudiants à l'importance du choix d'un signal radar pour maîtriser les incertitudes sur les mesures de distance et de vitesse, les former aux techniques de mesure en chambre anéchoïque, leur donner des notions de base sur les radars à visée latérale et sur les systèmes sonar.

Projet – phase réalisation

Le projet électronique est effectué en groupe de 6 à 7 élèves sur l'intégralité de l'année. Ce module correspond à la deuxième phase du projet : réalisation (volume horaire total pouvant atteindre 70 heures de travail dont environ 20h encadrées, par les coordinateurs de projet ainsi que le tuteur). Le projet se termine par la rédaction d'un rapport, une démonstration et une présentation.

Méthodes numériques

Permettre à l'étudiant d'acquérir les techniques mathématiques de résolution numérique d'un problème physique. Conception d'algorithmes en utilisant le langage MATLAB.

Réseaux 2

Acquérir les bases fondamentales du domaine des réseaux.

Communications numériques 2

Ce module communications numériques 2 fait suite au module communications numériques 1 et traite des transmissions numériques appliquées aux transmissions sur canal réel à bande limitée, des récepteurs associés et des divers défauts de transmissions. De plus, les techniques de base en codage de canal et modulations multi-porteuses sont également présentées dans le cadre de ce module.

Anglais

Maîtrise de l'anglais et passage du TOEIC.

Economie, gestion - approfondissement

Le module se donne comme objectif principal de sensibiliser les étudiants à des enjeux économiques d'actualité. Une attention particulière sera portée au système financier et au rôle des actionnaires dans l'économie contemporaine.

Sport et développement personnel

Objectifs pédagogiques : travail en équipe et management : communication, création, responsabilisation, connaissance de soi, managérat, autonomie.

Stage

Le stage d'été doit permettre à l'élève d'acquérir une expérience pratique dans un environnement professionnel en développant son aptitude à la communication, au travail en équipe et en accroissant ses capacités d'observation et d'intégration.

C. Quelques sujets de projet en électronique

Quelques exemples de projet en électronique développés au sein du département ces dernières années :

- Pilulier connecté
- Plusieurs cartes RFID en un seul bracelet
- Tracker GPS pour suivre une course en direct sur mobile
- Manche de capteurs haptiques pour transcrire la musique en vibrations sur la peau
- Portefeuille intelligent antivol
- Annulateur de bruit par retournement temporel
- Dispositif d'assistance aux personnes malvoyantes en circulation en ville
- Musique électronique par les plantes (reportage sur France 5)
- Boîte aux lettres intelligente
- Volière connectée
- Dispositif d'assistance aux personnes malvoyantes pour prendre le bus
- Piloter un drone par les gestes de la main
- Cadrage automatique lors de prise de photos à distance
- Système d'écoute par détection laser
- Détecteur d'outil pour engin agricole
- Gestion de la consommation électrique d'une maison
- Bracelet de géolocalisation pour festivaliers
- Comptage de personnes par un drone
- Ampli sans fil pour guitare
- Berceau connecté
- Enceintes intelligentes
- Transmission DMX en optique libre (pour le spectacle)
- Tableau de bord automobile audio
- Interphone vidéo
- Transmission sans fil entre une voiture et son stand (course automobile)
- Détecteur de chute de jeune enfant dans une piscine
- Radar anti intrusion
- Système anti carambolage
- Compteur de vitesse GPS
- Domotique par reconnaissance vocale
- Système anti car jacking
- Pédale multi effets pour guitare électrique
- etc.

VII. Le programme des études en 5^{ème} année

A. Les modules enseignés au 1^{er} semestre de la 5^{ème} année (S9)

Cinquième année, premier semestre (semestre 9)						
Code	Module	Crédits ECTS	Cours	TD	TP	Projet
Tronc Commun						
Techniques de Communication						
E&T09-TCCOMP	Codage et modulation multiporteuses	1,5	20			
E&T09-TCRECA	Récepteurs avancés	1,5	12	6	6	
E&T09-TCETA	Etalement de spectre	1	18		6	
E&T09-TCMIMO	Système multi-antennes	1	16			
E&T09-TCANT	Antennes réseaux	1,5	14	8	6	
E&T09-TCFIBRES	Fibre optique et réseaux	1,5	20			
E&T09-TCCEM	Compatibilité électromagnétique	1,5	14		6	
Systèmes numériques et bureaux d'études						
E&T09-USE-CASE	Etude de cas en sécurité réseaux	1,5	16			
E&T09-MOBILE	Réseaux mobiles	1	8	4		
E&T09-REALTIME	Systèmes temps réel	1,5	10		6	
E&T09-SOPC	System on chip	1	4		6	
E&T09-BE	Bureaux d'études	3,5				49
Humanités						
ENS09-ANGL/CONV	Anglais	1,5		15		
HUMT1-PGE	Parcours de gestion	2		36		
E&T09-SPEC	Gestion de projet	2		16		
3 spécialisations au choix						
Ingénierie radio et hyperfréquences						
E&T09-IRHINT	Intégration radio	2,5	18	8		
E&T09-IRHPL	Outils déterministes pour la planification radio	2	16			

E&T09-IRHPRJ	Projet tutoré réseaux	2		24
	Conception réseaux			
E&T09-LAN-DATA	Réseaux locaux de données	3	20	4
E&T09-TCCROSS	Optimisation cross layer	1,5	10	
E&T09-NETLAB	Projet tutoré réseaux	2		24
TOTAL		30		

TRONC COMMUN :

Techniques avancées de transmission (TCETA, TCCOMP, TCMIMO, TCRECA)

Présenter les techniques avancées de transmission et les techniques de réception associées. Combinaisons entre ces techniques, partage des ressources en mode multi-utilisateur :

TCETA - Systèmes de communications à étalement de spectre : principe, les techniques utilisées, les codes et leurs propriétés, la synchronisation, les performances. Accès multiple (CDMA), réjection des interférences.

TCCOMP - Techniques avancées de codage de canal et modulations multiporteuses. Rappels sur les codes en blocs et codes convolutifs. Turbo-codes convolutifs et techniques de décodage. Codes LDPC. Etat de l'art. Modulations multiporteuses avancées et techniques d'accès multiple associées.

TCMIMO - Capacité des systèmes multi-antennes. Exploitation de la diversité spatiale. Schémas d'émission et de réception, et performances des différentes techniques selon connaissance ou non du canal à l'émission : précodage, multiplexage spatial, codage temps-espace...

TCRECA - Techniques de réception, gestion des interférences, pour systèmes mono et multiporteuses, mono et multi utilisateurs, dans des contexte mono et multi antennes.

Applications : réseaux cellulaires (UMTS, 4G, 5G), réseaux locaux sans fils (Bluetooth, WiFi, WLAN, WPAN), réseaux d'accès, satellite, radiolocalisation (GPS), domotique et automobile, communication à courant porteur, radiodiffusion sonore numérique, Télévision Numérique de Terre (TNT)...

Antennes réseaux (TCANT)

Théorie des réseaux d'antennes : réseau linéaire, techniques de synthèse. Couplage dans les réseaux. Introduction aux antennes multi-faisceaux et aux antennes adaptatives.

Fibre optique et réseaux (TCFIBRES)

Les fibres optiques monomodes et multimodes, les composants optoélectroniques. Les techniques de transmission dans les réseaux de télécommunications. Applications aux systèmes terrestres et sous-marins.

Compatibilité électromagnétique (TCCEM)

Compatibilité électromagnétique (CEM) : phénomènes physiques, modes de couplage électromagnétique. Conception d'un réseau de terre et d'un réseau de masse d'une carte électronique.

Systèmes numériques (USE-CASE, MOBILE, REALTIME, SOPC)

Aspects sécurité dans les réseaux et cas d'usage.

Acquisition des bases fondamentales du domaine des réseaux de communications sans fil, à travers une description des principales techniques utilisées et de leurs applications, en mettant l'accent sur la couche physique des réseaux.

Systèmes temps réel et systèmes embarqués : exécutifs temps réel, programmation multi-processus/multi-processeurs, gestion mémoire. Applications : télécom, automobile, avionique ... Techniques de conception (Co-design), outils de modélisation, introduction au langage System-C, description algorithmique et architecture, interfaces.

Bureaux d'études (BE)

Bureaux d'études : l'objectif est de mener à bien en équipe un projet technique et scientifique concret en appliquant les méthodes de gestion de projet. Les sujets proposés font appel à de la réflexion, une recherche bibliographique, des études théoriques, éventuellement un recours à l'informatique et dans tous les cas des développements expérimentaux sous la forme de mesures ou de réalisations concrètes. Les sujets concernent l'ensemble de la formation dispensée dans le cursus et sont très souvent menés dans le cadre d'une collaboration avec des industriels.

Anglais (ANGL/CONV)

Exposé scientifique. Réalisation d'un document du type publication scientifique. Animation d'un débat.

Parcours de gestion (PGE)

Formation en économie-droit-gestion sous la forme de parcours interdépartementaux. Possibilité pour les étudiants de choisir des modules à la carte en fonction de leurs goûts et de leur projet professionnel.

Gestion de projet (SPEC)

Conduite de projet en lien avec le bureau d'études.

2 SPECIALISATIONS AU CHOIX :

Ingénierie radio et hyperfréquences

Approfondir les notions sur les circuits et les sous-systèmes hyperfréquences, sur les techniques de planification radio. Se familiariser avec les outils de conception et de caractérisation correspondants.

Conception réseaux

Approfondissements et nouvelles applications dans les réseaux haut débit sans fils, filaires et embarqués. Introduire de nouvelles voies d'optimisation des réseaux sans-fil par une étude des inter-dépendances de fonctionnalité entre les couches. Le cours se focalise sur les couches dites basses des télécommunications. Mise en pratique des principes des réseaux. Approfondissement des mécanismes de routage et qualité de service.

B. Quelques sujets de bureaux d'études

Les sujets des bureaux d'études concernent l'ensemble de la formation dispensée dans le cursus et sont proposés par un partenaire industriel.

Quelques exemples récemment étudiés :

- Création d'un dispositif multi-caméra d'aide au stationnement utilisant les transmissions,
- Conception d'une plate-forme reconfigurable basée sur des cartes FPGA,
- Génération de signaux VHF en modulation GMSK et estimation de position,
- Analyse, optimisation et performances des systèmes Européens et Chinois de Télévision Numérique de Terre (TNT),
- Filtres reconfigurables en bande UHF,
- Transposition en fréquence intermédiaire d'un signal MC-CDMA,
- Estimation de canal pour des systèmes à porteuses multiples (OFDM).

C. Quelques thèmes de conférences

Chaque année un certain nombre d'experts viennent faire des conférences sur des sujets divers qui se situent dans le prolongement de la formation.

Quelques exemples de sujets traités :

- Interaction ondes-vivant,
- La mondialisation et les télécommunications,
- La mobilité dans les réseaux sans fils hétérogènes,
- Les turbo-codes, principe, optimisation et performances,
- Les systèmes radars et leurs applications,
- Les télécommunications par satellite,
- Les communications sans fils dans les transports terrestres.

VIII. La mobilité internationale en E&T

A. Une pratique qui se généralise

Une expérience à l'étranger est maintenant **obligatoire** durant le cursus des étudiants.

D'une manière générale, les étudiants bénéficient de plusieurs possibilités pour partir à l'étranger :

- sous forme de **stage** (e.g. Japon, Chine, Europe, Amérique du Nord et du Sud...) :
 - pendant les vacances d'été (fin de 3^e ou 4^e année),
 - pendant le projet de fin d'études en 5^e année

sous forme de **semestre académique** en 4^e ou en 5^e année : pour suivre des enseignements spécialisés qui sont à la fois cohérents et complémentaires avec la formation E&T.

Le département E&T accueille aussi des étudiants étrangers (Allemagne, Argentine, Brésil, Espagne, Maroc, Mexique...), ce qui crée au sein de la promotion une mixité culturelle favorable à l'ensemble des étudiants. A cela s'ajoute un lien étroit avec le Master International I-MARS² sous la forme d'enseignements en commun avec la dernière année de la formation E&T.

B. Une offre diversifiée

Le département E&T a signé des accords de coopération avec d'autres établissements pour faciliter l'échange d'étudiants (cf. page suivante). Régulièrement, de nouveaux accords sont signés offrant ainsi de nouvelles possibilités à nos étudiants.

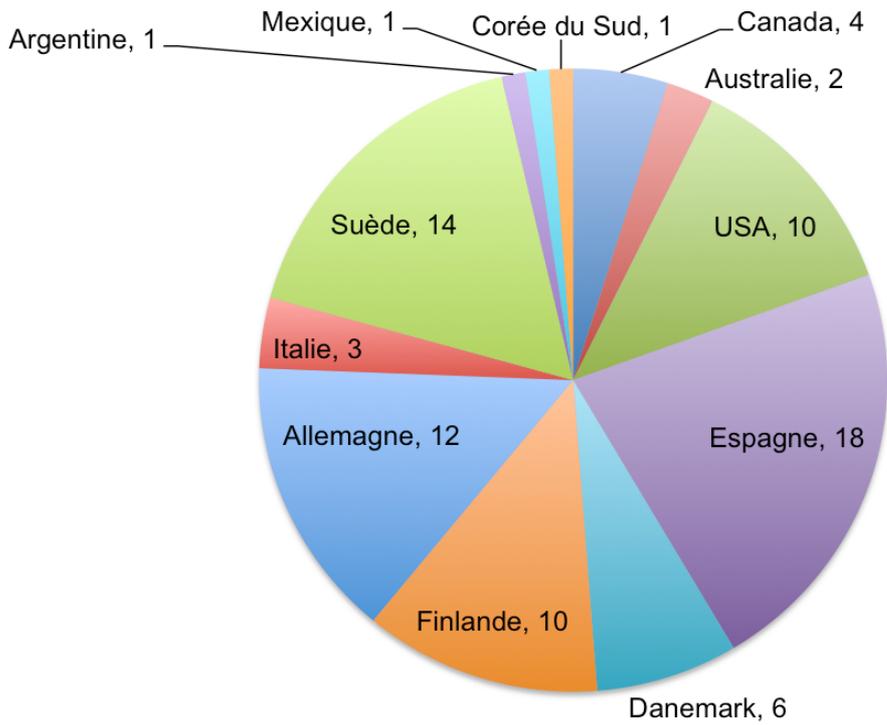
Chaque année, entre 40 et 50 places sont réservées aux étudiants du Département E&T, dont plus d'une trentaine avec un enseignement en anglais.

² Microtechnologies, Architecture, Réseaux et Systèmes de communications

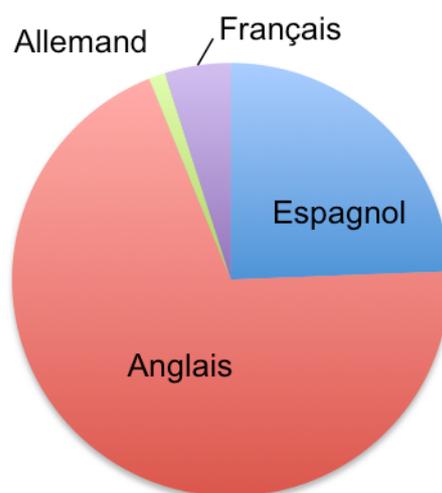
Pays concernés par les accords de coopération avec le département E&T



Répartition géographique sur les précédentes années



Répartition par langue des enseignements



Quelques exemples de destination :

- Technische Universität Hamburg-Harburg (Allemagne)
- Universidad Politécnica de Valencia (Espagne)
- Helsinki University of Technology (Finlande)
- Université Polytechnique de Bucarest (Roumanie)
- Université de Plymouth (Angleterre)
- Facultad de Ingenieria de la Universidad de Buenos Aires (Argentine)
- Escola Politecnica do Sao Paulo (Brésil)
- Université du Shandong (Chine)
- Universidad Nacional de Colombie (Colombie)
- Rochester Institute of Technology (USA)
- etc.

IX. Les spécificités E&T

- Convention avec le dispositif cercle Passeport Avenir (www.passeport-avenir.com) permettant aux étudiants issus des catégories socioprofessionnelles basses de bénéficier d'un accompagnement individuel durant leur cycle ingénieur. Passeport Avenir est une association regroupant des grands industriels du secteur des STIC (Orange, SFR, Accenture, Sagemcom, Nokia, SNCF, TDF, Atos, Cap Gemini, ...).



- Possibilité de suivre, depuis l'étranger, certains cours dispensés à l'INSA, grâce au télé-enseignement (validation possible des crédits ECTS correspondants).

Module de télé-enseignement sur les réseaux d'antennes.

X. Les stages dans la formation E&T

Comme dans tous les départements de l'INSA de Rennes, les étudiants doivent réaliser 28 semaines de stage dont 14 au moins en entreprise.

A. Le stage de fin de 3^e année ou fin de 4^e année

Comme tous les élèves de l'INSA de Rennes, les élèves de la formation E&T doivent réaliser un stage d'été en entreprise d'une durée minimale de 8 semaines et faisant l'objet d'une convention de stage.

En E&T, les élèves peuvent réaliser ce stage soit entre la 3^{ème} et la 4^{ème} année, soit entre la 4^{ème} et la 5^{ème} année. Il est également possible de réaliser 2 stages d'été.

Ce stage doit permettre à l'étudiant d'acquérir une expérience pratique dans un environnement professionnel en développant son aptitude à la communication, au travail en équipe et en accroissant ses capacités d'observation et d'intégration.

A l'issue du stage, chaque étudiant fournit un rapport et un poster synthétisant ses travaux. Ces éléments permettent d'évaluer et de valider le stage réalisé. Cette validation de stage donne lieu à des crédits ECTS pour le compte de la 5^{ème} année.

Quelques données sur les stages réalisés :

- 30 à 40% des stages sont réalisés à l'étranger chaque année,
- environ 20% des étudiants effectuent 2 stages (fin de 3^e et fin de 4^e année),
- exemples d'entreprises d'accueil : Axians, Nokia, Bouygues, Sagem, Orange, Thales, Astellia, Siradel, DGA, ONERA, TDF, EADS, Zodiac, EDF, SPIE, SNCF, Schenker, Canon, CEA, Schneider, DeltaDore, CHU Nantes, Xerox, Rhode & Schwarz, Parrot, Renault, SFR.

Quelques sujets :

- Localisation haute précision à l'intérieur des bâtiments
- Micro Web serveur pour application domotique
- Amélioration des performances d'un récepteur TNT
- Tests de liaisons à faisceau hertzien
- Composants reconfigurables pour la radio logicielle.
- Antennes pour vêtements
- Contrôle de panneaux publicitaires à distance.
- Optimisation de la couverture radio
- Echauffement et dimensionnement d'un faisceau électrique
- Déploiement de la fibre optique
- Détection de cellules tumorales
- Sécurité des réseaux informatiques

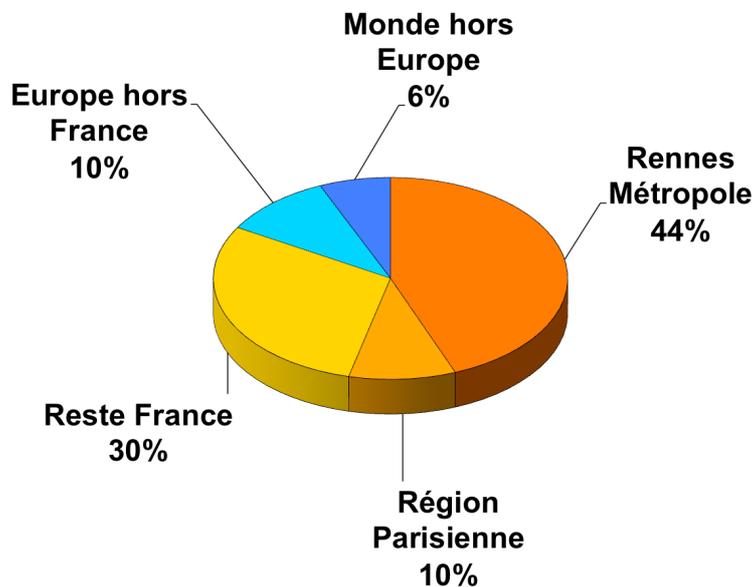
- Génération de site web à partir de documentations
- Norme mobile 5G
- Antennes pour nano satellites
- Optimisation d'un réseau LAN / Wi-Fi
- Mesures acoustiques
- Mesure de débit dans la Livebox
- Conception et commande d'un moteur pas à pas
- Génération de signaux numériques radar
- Contribution à l'élaboration d'une radio RDS
- Caméra acoustique pour l'étude environnementale de migration de poissons
- Capteur radar pour la détection de cible à faible vitesse
- Déploiement de réseau sans fil
- Déploiement d'un réseau informatique en entreprise
- Reconnaissance de caractères en environnement dégradé
- Etude d'un réseau domotique
- Système de transmission par fibre optique pour le spatial
- Contrôle de la circulation aérienne
- Synchronisation horaire des systèmes télécoms au sein des sites de production nucléaires
- Immersion au cœur de la sécurité incendie
- Identification par signaux vocaux
- Très haut débit et aménagement numérique du territoire
- Analyse automatique de vidéos pour la reconnaissance d'étapes chirurgicales
- etc.

B. Le projet de fin d'étude

Au 2nd semestre de la 5^{ème} année, un stage d'une durée comprise entre 16 et 26 semaines termine la scolarité des élèves ingénieurs. Ce stage dit « projet de fin d'études » (PFE) donne lieu à la réalisation d'un véritable travail d'ingénieur.

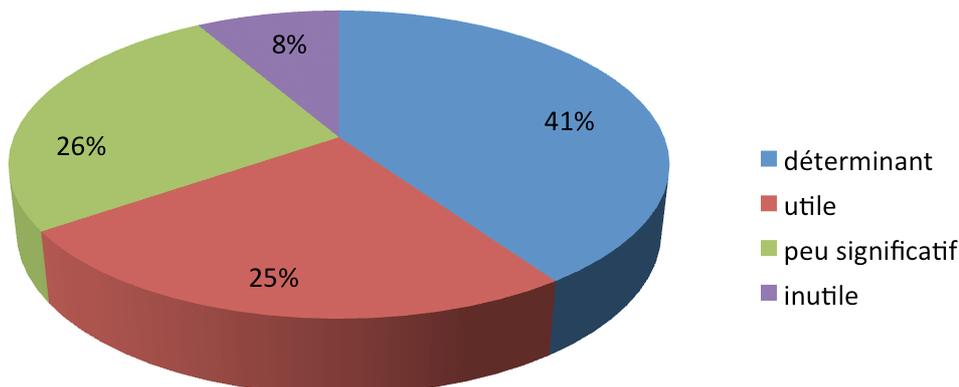
Le stage fait l'objet d'un rapport et d'une soutenance. L'évaluation prend en compte l'appréciation de l'entreprise, le travail réalisé, le rapport et la soutenance. La note associée compte pour la moitié de la 5^{ème} année.

La figure suivante reporte la répartition géographique des PFE moyennée sur les 4 dernières années. Cette répartition montre un bon ancrage de la formation dans le bassin économique rennais. Les autres pôles français pourvoyeurs de stages et d'emplois dans le domaine des STIC et des télécommunications sont Lannion, Toulouse, Grenoble et Paris.

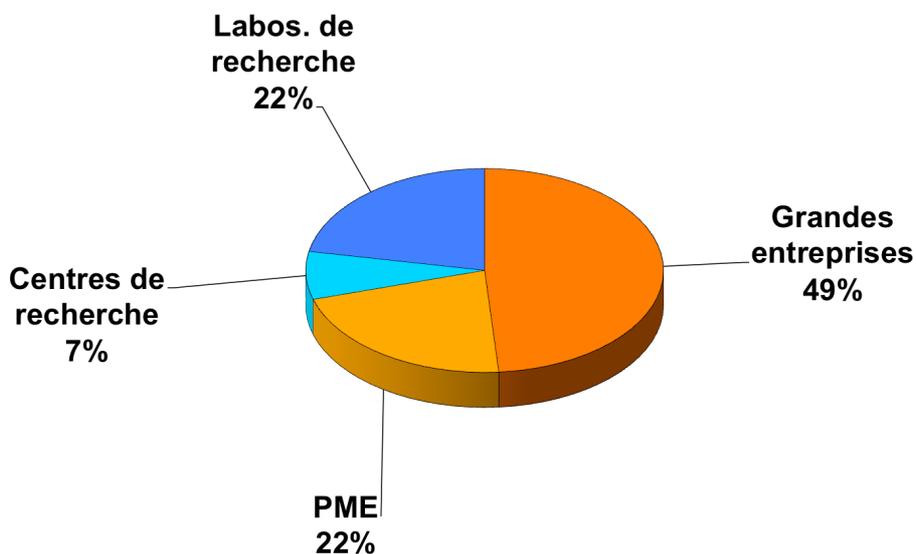


D'après notre enquête sur 13 promotions (cf. section III), **20% des diplômés E&T déclarent que le 1^{er} emploi a été obtenu par l'intermédiaire du PFE**. Par ailleurs, **deux tiers des ingénieurs E&T affirment que le PFE a été déterminant ou utile** pour le choix du 1^{er} emploi.

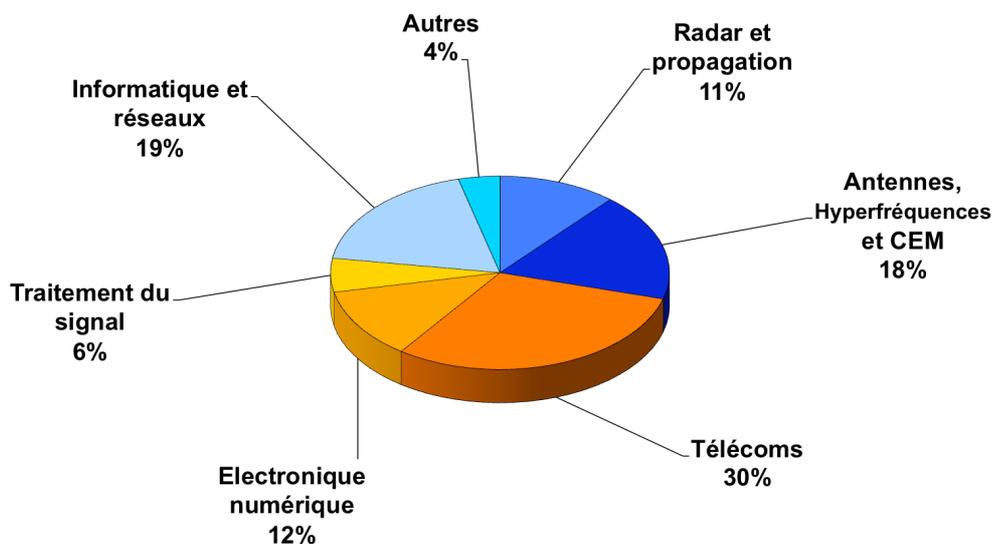
Intérêt du PFE pour le choix du 1^{er} emploi



Sur la figure suivante, c'est la répartition par type d'entreprise qui est reportée. La moitié des étudiants effectue son PFE dans un grande entreprise (Orange, Thales, Alcatel Lucent, Safran, Bouygues Télécom, SFR, Astrium, ...). Les PME, principalement du bassin rennais, recrutent un quart des étudiants. Le dernier quart s'oriente vers le domaine de la recherche en intégrant un laboratoire universitaire de recherche ou un grand centre de recherche (CEA, CNES, Onera, ...).



Les disciplines mises en pratique au cours du PFE sont précisées sur la figure qui suit. Elle montre que l'ensemble des disciplines abordées dans la formation est exploité dans le cadre du projet de fin d'études.



C. Quelques sujets

- Etude et réalisation d'une carte de réception OFDM (modulations multiporteuses) pour la radio numérique (DIGIDIA, Le Rheu).
- Utilisation des courants porteurs en ligne (CPL) pour le comptage intelligent (EDF, Clamart).
- Contrôle de puissance en téléphonie mobile (Renesas, Rennes).
- Détecteur de systèmes WiFi et WiMAX (Orange Labs, Cesson-Sévigné).
- Design d'antennes pour téléphonie cellulaire (Freescale, Toulouse).
- Simulateur de canal de propagation pour systèmes radio multi-antennes (MIMO) (Siradel, Rennes).
- Application sécurisée de gestion de l'énergie électrique à distance utilisant les technologies internet (Schneider, Tokyo).
- Etude de faisabilité des techniques de radio logicielle pour la modernisation des réseaux de télécommunications (Orange Labs, Pekin).
- Modélisation d'antennes compatibles avec la norme de radio numérique DRM (TDF, Liffré).
- Conception d'un système de communications spatiales haut-débit entre un satellite basse orbite et un satellite géostationnaire (Thales Alenia Space, Nice).
- Conception d'un brouilleur 2G/3G/4G (Thalès, Cholet)
- Développement de la norme mobile 5G (Nokia, Paris)
- Algorithme de codage audio 3D pour les communications immersives (Orange, Lannion)
- Etudes des actions de réduction de consommation énergétique (Orange, Paris)
- Conception d'un système multi-capteurs infrarouge (Irlynx, Grenoble)
- Téléphonie des salles de marché (Société Générale, Paris)
- Ultra haute définition pour la TNT (CSA, Paris)
- Cybersécurité (Wavestone, Paris)
- Etude des formes d'onde 5G (Orange, Rennes)
- Assistant responsable d'affaires télécom (Axians, Paris)
- etc.

Contact

02 23 23 86 86

deptet@insa-rennes.fr

INSA Rennes

20 Avenue des Buttes de Coësmes
CS 70839

35708 Rennes Cedex 7

Tél. +33 (0) 2 23 23 82 00

Fax +33 (0) 2 23 23 83 96

www.insa-rennes.fr

INSA | INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
RENNES


**MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION**
*Liberté
Égalité
Fraternité*