

# Master Electronique, Energie Electrique, Automatique

## Parcours Electronique RadioFréquence et Télécommunications

### Objectifs

Le Master Electronique Radiofréquence et Télécommunications permet de former des diplômés ayant acquis les connaissances théoriques et les compétences pratiques pour s'insérer aisément dans les métiers liés aux télécommunications et à l'électronique des systèmes de communication sans fil.

Ce parcours aborde des thématiques allant des **matériaux** et des **technologies** utilisés pour concevoir des composants jusqu'à l'étude de l'architecture des **systèmes radiofréquences et hyperfréquences**. La conception des différents composants constituant les chaînes d'émission/réception (antenne, filtre, coupleur, amplificateur, circulateur...) est étudiée théoriquement puis validée à l'aide d'outils de simulation avancés et de maquettes. La formation aborde également les aspects de propagation des ondes électromagnétiques, de traitement numérique du signal portant l'information. Les diplômés sont ainsi à même de maîtriser les technologies actuelles et de demain d'un système de communication sans fil. Les disciplines enseignées se composent pour **moitié d'enseignements théoriques** et de spécialité et pour l'autre **moitié d'enseignements pratiques** (travaux pratiques, mini-projets et projets longs).

Le **Master Electronique Radiofréquence et Télécommunications** fait preuve d'un **partenariat fort avec les industriels** au niveau local mais aussi national. Durant la formation, les partenaires industriels (Thales LAS,GTID, Thales DMS...) interviennent dans la formation au travers de projets et en accueillant les étudiants lors de stages. La **formation est ouverte à l'alternance** en Master 2 permettant ainsi une professionnalisation continue entre l'entreprise et les enseignements dispensés à l'université (par période de trois à quatre semaines).

Ce parcours offre des possibilités d'**insertion professionnelle immédiate** après le diplôme de Master ainsi que de **poursuites en doctorat**. Le stage terminal de 4 à 6 mois peut ainsi être effectué indistinctement en laboratoire ou en entreprise.

Pour les diplômés qui choisissent une insertion professionnelle immédiate, les emplois occupés sont assez divers. Pour la plupart, il s'agit d'emplois d'ingénieurs spécialisés dans le domaine des télécommunications. Voici quelques exemples : ingénieur en électronique RF, ingénieur concepteur de systèmes communicants aux fréquences radios ou hyperfréquences, électronique, tests & mesures, radiodiffusion, ...

Pour ceux qui choisissent de poursuivre en doctorat, ils peuvent aussi postuler sur des emplois d'enseignant-chercheur ou d'ingénieur de recherche à l'issue de leur doctorat.

Le master E3A parcours ET est une formation co-accréditée entre l'UBO et l'ENIB.



### Compétences acquises

Le titulaire du **Master** Electronique Radiofréquence et Télécommunications est un professionnel qui peut être chargé de concevoir et de finaliser de nouveaux produits et de nouvelles technologies ou de faire évoluer ceux et celles déjà existants. Il peut étudier la faisabilité de projets et élaborer des propositions techniques et technologiques, concevoir des solutions ou des évolutions technologiques en étudiant les caractéristiques et contraintes du

projet, réaliser des tests et essais, analyser les résultats et déterminer les stratégies à adopter. Il peut être amené à superviser et coordonner un projet voire une équipe.

Son domaine de prédilection concerne les télécommunications avec des spécificités en lien direct avec le parcours choisi.

Plus particulièrement, le titulaire du Master Electronique Radiofréquence et Télécommunications est capable de

- Concevoir et intégrer des Front End radio pour la mise en œuvre des systèmes de télécommunications hyperfréquences ;
- Caractériser des technologies et systèmes de télécommunications radio et hyperfréquences ;
- Caractériser des technologies et systèmes communicants ;
- Dimensionner des liaisons et des réseaux sans fils au niveau terrestre et spatial ;
- Conceptualiser et réaliser la gestion globale d'un projet...

### Conditions d'accès

Le Master s'adresse préférentiellement aux étudiants titulaires d'une licence du domaine de l'électronique, de la physique fondamentale et appliquée et plus généralement d'une licence du domaine de formation "Sciences, Technologies, Santé".

L'accès est également possible par la formation continue suivant les différents dispositifs de validation des acquis (VAE, VAPP 85 et VES).

Afin de garantir la qualité de la formation et la reconnaissance qu'elle a auprès du monde professionnel, le **Master Electronique Radiofréquence et Télécommunications est limité à 20 étudiants**. Les candidats sont choisis **sur dossier en fonction de leurs qualités, de leur profil, de leur rigueur et de leurs capacités de travail**.

### Poursuite d'études

Ce parcours est indifférencié (recherche et professionnel) et est construit de sorte que les diplômés du Master Electronique Radiofréquence et Télécommunications puissent s'insérer directement dans le monde professionnel ou, pour ceux qui se destinent aux métiers de la recherche, poursuivre leurs études pour préparer un doctorat.

Par exemple, une partie des projets est orientée sur des problématiques d'entreprises du secteur, alors qu'une autre partie est orientée vers la recherche. Durant la totalité de son parcours, l'étudiant a ainsi l'occasion d'être confronté aux deux problématiques.

Chaque année, les différentes équipes de recherche du Laboratoire Lab-STICC UMR CNRS 6285 proposent des sujets de thèse financés et accessibles aux diplômés de nos Masters.

Accès possible à certaines formations en double compétence.

### Insertion professionnelle

Le titulaire du Master ET est appelé à exercer principalement le métier d'ingénieur expert dans les domaines des télécommunications et de l'électronique des systèmes de communication : ingénieur dans le secteur de l'électronique haute fréquence, ingénieur concepteur de systèmes communicants fonctionnant à des fréquences radios ou hyperfréquences, ingénieur en radiofréquence, électronique, tests & mesures, radiodiffusion, ...

Le Master Electronique Radiofréquence et Télécommunications est une formation d'excellence. Les chiffres clefs (recensés en 2020) concernant l'insertion professionnelle (c'est-à-dire le 1er emploi après diplomation) sont :

- Insertion professionnelle : **100% des diplômés** sont en situation d'emploi ou de poursuite d'études (doctorat) **6 mois après l'obtention de leur diplôme**.
- Revenu net mensuel : Le **revenu net mensuel moyen est de 2181€**.

- Répartition géographique : **58% des diplômés trouvent un emploi en Bretagne** (en raison du bassin industriel important dans ce secteur d'activités).

## Infos pratiques

---

**Faculté des Sciences et Techniques** à Brest

Ouvert en stage

## Contacts

---

### Responsable pédagogique

Martin Noham

noham.martin@univ-brest.fr

BENEDICTO Jessica (M1)

jessica.benedicto@univ-brest.fr

### Contact administratif

Secrétariat du Département Electronique

secretariat-electronique@univ-brest.fr

Tel. 02 98 01 79 92

### Responsable Secrétariat pédagogique

Secrétariat du Département Electronique

secretariat-electronique@univ-brest.fr

Tel. 02 98 01 79 92

## Programme

### M1

#### Semestre 7

<b>Filtrage analogique et numérique</b>	44h
<b>Propagation guidée et Composants rayonnants</b>	44h
<b>Propriétés et caractérisations hyperfréquences des matériaux</b>	44h
<b>Systèmes de télécommunications</b>	44h
<b>Technologie de fabrication et modélisation des composants hyperfréquences</b>	44h
<b>Préparation à la vie professionnelle</b>	
- Communication	22h
- Anglais	22h
- Entreprise	10h

#### Semestre 8

<b>Canal et récepteur RF pour les communications numériques</b>	44h
<b>Dispositifs passifs et applications</b>	44h
<b>Systèmes Radar</b>	50h
<b>Théorie de l'information et codage</b>	44h
<b>Bureau d'études/TAL</b>	75h
<b>S8 ET Complément CMI</b>	

#### Préparation à la vie professionnelle

- Anglais	22h
- Communication	22h
- Entreprise	10h

### M2

#### Semestre 9

<b>Antennes et capteurs</b>	48h
<b>Conception et optimisation de dispositifs passifs</b>	48h
<b>Dispositifs actifs hyperfréquences</b>	48h
<b>Dispositifs optoélectroniques</b>	48h
<b>Filtres hyperfréquences volumiques</b>	48h

#### Préparation à la vie professionnelle

- Communication	22h
- Anglais	22h
- Entreprise	10h

#### Semestre 10

<b>Projet annuel intégrateur M2ET</b>	48h
<b>Applications hyperfréquences des matériaux</b>	48h
<b>Propriété industrielle et intellectuelle</b>	10h
<b>Stage en entreprise ou laboratoire M2ET (4 à 6 mois)</b>	620h

Dernière mise à jour le 02 mars 2026

# Filtrage analogique et numérique

## Présentation

Avoir un bon aperçu des domaines du filtrage analogique hyperfréquence et du filtrage numérique.  
Faire le lien entre ces 2 types de filtrage.

## Objectifs

- > Savoir synthétiser et dimensionner un filtre analogique hyperfréquence en localisé, semi-localisé ou en technologie planaire.
- > Savoir concevoir et réaliser un filtre numérique à réponse impulsionnelle finie ou infinie pour un gabarit fixé.
- > Savoir comparer les fonctions de filtrage des filtres de Butterworth, Tchebychev et Elliptique dans le domaine analogique et numérique.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Dirigés : 8h

Travaux Pratiques : 20h

## Pré-requis nécessaires

- > Notions de base en filtrage analogique et en synthèse de filtre.
- > Transformée de Fourier, transformée de Laplace, diagramme de Bode
- > Théorème de Shannon (échantillonnage)
- > Notions de base sur la transformée en Z

## Compétences visées

### Filtrage analogique hyperfréquence :

- > Présentation générale du filtrage : Les besoins, Filtre idéal vs filtre réel, Exemple de gabarits réels ;
- > Fonctions de filtrage classiques : Tchebycheff, Butterworth ;
- > Synthèse de filtres hyperfréquences en éléments localisés : Synthèse du filtre passe bas normalisé, Transformations de fréquence et d'impédance, Introduction des inverseurs d'impédance et d'admittance ;
- > Synthèse de filtres hyperfréquences en éléments distribués : Transformation de Richards, Identités de Kuroda ;
- > Filtres planaires hyperfréquences : Introduction aux technologies planaires, Filtres passe bas semi-localisé, Filtres à stubs, Filtres à lignes couplées, Filtres interdigités et combline.

**Conversion AN / NA** : à détailler ultérieurement.

### Filtrage numérique :

- > Rappel sur les généralités de la transformée en Z ;
- > Principes du filtrage de type RIF (réponse impulsionnelle finie) et RII (réponse impulsionnelle infinie).
- > Réseaux de filtrage particuliers (réseaux à phase linéaire, réseaux à déphaseur pur, réseaux à phase minimale).
- > Synthèse de filtres RIF à phase linéaire (méthode de la fenêtre).
- > Synthèse de filtre RII (méthode de l'invariance impulsionnelle, méthode de la transformation bilinéaire).
- > Comparaison des filtres de Butterworth, Tchebychev I et II et Elliptique dans le domaine analogique et numérique.
- > Applications du filtrage numérique en TP (filtrage de signaux parasites, débruitage et annulation d'écho).

## Bibliographie

Filtrage analogique : Des références actualisées chaque année seront fournies en cours.

Filtrage numérique : (Electronique pour le traitement du signal, Vol.6), MORI Yvon, Hermes / Lavoisier, mai 2007

## Modalités de contrôle des connaissances

**Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances**

<b>Nature de l'enseignement</b>	<b>Modalité</b>	<b>Nature</b>	<b>Durée (min.)</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Remarques</b>
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	66%	
UE	CC	Travaux Pratiques		34%	

**Session 2 : Contrôle de connaissances**

<b>Nature de l'enseignement</b>	<b>Modalité</b>	<b>Nature</b>	<b>Durée (min.)</b>	<b>Coefficient</b>	<b>Remarques</b>
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	66%	
UE	Report de notes	Travaux Pratiques		34%	

# Propagation guidée et Composants rayonnants

## Présentation

Etude des ondes dans le cadre de la propagation guidée et des éléments permettant leurs rayonnements

## Objectifs

- > Comprendre et maîtriser les principes fondamentaux de la propagation dans les guides d'ondes.
- > Identifier les modes de propagation dans le cas de guides rectangulaires ou cylindriques et pouvoir les dimensionner.
- > Connaître l'influence des caractéristiques associées à chaque guide d'onde/mode : fréquence de coupure, modes supérieurs, dimensions, distribution des champs...
- > Identifier le mode de résonance et être en mesure de dimensionner une cavité construite sur la base d'un guide d'onde métallique.
- > Caractéristiques d'antennes (diagramme de rayonnement, directivité, gain, impédance, ...)
- > Les antennes filaires, dipôles rayonnants (introduction des zones de rayonnement, champs proche, champ lointain, exemple de calcul de champ, et de caractéristiques,...)
- > Les antennes fentes, les antennes plaquées microruban, (principe de Babinet, équations d'une antenne patch, exemple de calcul et dimensionnement, ...)
- > Ouvertures rayonnantes, cornet, (principes, ...)
- > Mesures d'antennes

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Pratiques : 14h

Travaux Dirigés : 14h

## Pré-requis nécessaires

Propagation libre

## Compétences visées

- > Acquérir une vision relativement exhaustive sur les modes de propagation guidés
- > Acquérir une vision relativement exhaustive des composants rayonnants en tant qu'interface entre la propagation libre et guidée.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Travaux Pratiques		50%	Ecrit-et/ou oral
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	50%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	50%	
UE	CT	Oral	20	50%	

# Propriétés et caractérisations hyperfréquences des matériaux

## Présentation

- > Propriétés électromagnétiques des matériaux; modèle de Debye de la permittivité;
- > Modèle de Polder de la perméabilité;
- > Notions sur les cycles d'hystérésis magnétiques.
- > Principes de mesure de la caractérisation hyperfréquence;
- > Principes et architecture des VNAs; étalonnage; incertitudes de mesures; bancs de mesure;
- > Méthodes de caractérisation (transmission/réflexion, résonante).

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 22h

Travaux Dirigés : 7h

Travaux Pratiques : 15h

## Objectifs

- > Comprendre les principes physiques, et l'usage qui est fait, dans les dispositifs hyperfréquences employés dans les systèmes de télécommunications, des matériaux magnétiques, diélectriques.
- > Comprendre les principes gouvernant l'interaction onde/matière dans les milieux isotropes et anisotropes.
- > Savoir effectuer les mesures de ces comportements à l'aide des dispositifs usuels (sonde coaxiale, ligne microruban).

## Pré-requis nécessaires

- > Notions sur la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide et dans la matière;
- > Notions sur la nature de la permittivité et de la perméabilité.
- > Manipulation des équations de Maxwell.
- > Notions sur les lignes de transmission.

## Compétences visées

- > Compréhension des comportements en fréquence des propriétés diélectriques et magnétiques des matériaux utilisés en hyperfréquence.
- > Utilisation de cellules de mesure de permittivité et perméabilité.

## Bibliographie

Électromagnétisme - Fondements et applications, José-Philippe Pérez, Robert Carles, Robert Fleckinger, Ed Dunod

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	67%	
UE	CC	Oral	15	33%	Ce CC sous forme d'oral correspond au contrôle fait dans le cadre de la série de TP.

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	100%	

# Systèmes de télécommunications

## Présentation

- > Comprendre la problématique des systèmes de télécommunications au travers de la présentation d'exemples emblématiques, sur des systèmes terrestres et spatiaux. Historique général.
- > Rappel sur l'importance des unités et échelles log. avec illustration sur une liaison par fibre optique.
- > Formule de Shannon-Hartley
- > Spectre et principaux modes de propagation : ondes de sol, réfraction troposphérique, réflexion ionosphérique, réfraction ionosphérique, visibilité directe, polarisation. Atmosphère : hydrométéores, phénomènes météo.
- > Bilan de liaison (R2)
- > Bilan de liaison dans l'atmosphère (faisceaux hertziens) : dégagement de Fresnel, effet de l'horizon, gradients d'indice (courbure des rayons) Introduction du bruit et des modulations (MAQ), influence sur le TEB.
- > Introduction d'un relais passif dans une liaison hertzienne
- > Phénomènes de brouillage et découplage d'antenne
- > Télécommunications spatiales : défilement, géostationnaire, Molnya, lois de Kepler, éclipses, plateforme, charge utile
- > Bilan de liaison spatial
- > Répéteur spatial : transposition de fréquence
- > Illustration
- > Notion d'antennes directives et de facteur de bruit

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 22h

Travaux Dirigés : 22h

## Objectifs

Compréhension des principes généraux des systèmes de télécommunication

## Pré-requis nécessaires

Electronique (niveau L3), Electromagnetisme (niveau L3)

## Compétences visées

Savoir réaliser un bilan de liaison à terre et dans l'espace

## Bibliographie

1. Micro-ondes - Tome 1 - Lignes, guides et cavités Combes Paul-François
2. Micro-ondes - tome 2 : Circuits passifs, propagation, antennes Combes Paul-François
3. Satellite Communications Systems: Systems, Techniques and Technology : Gerard Maral, Michel Bousquet
4. Physique des Communications Signaux Fonctions et Systèmes : Bruno Fracasso, Alain Peden
5. Les faisceaux hertziens analogiques et numériques : Enrique Fernandez, Marc Mathieu

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	100%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	100%	

# Technologie de fabrication et modélisation des composants hyperfréquences

## Présentation

Appréhender les différentes familles de matériaux utilisées dans les systèmes hyperfréquences et connaître les différents moyens de mise en forme.

Comprendre l'impact des incertitudes sur les propriétés des matériaux ou provenant des moyens de mise en forme sur les caractéristiques de propagation des ondes dans des lignes de transmission.

Appréhender ces notions au travers de simulations circuits et électromagnétiques

### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Dirigés : 12h

Travaux Pratiques : 16h

## Objectifs

- > Comprendre les principes physiques, et l'usage qui est fait, dans les dispositifs hyperfréquences employés dans les systèmes de télécommunications, des matériaux (métaux et diélectriques).
- > Comprendre les techniques de fabrication des composants hyperfréquences.
- > Savoir modéliser l'impact des imperfections de réalisation par des modélisations numériques.

## Pré-requis nécessaires

- > Notions sur la propagation des ondes électromagnétiques dans le vide et dans la matière;
- > Notions sur la nature de la permittivité et de la perméabilité.
- > Notions sur les lignes de transmission.

## Compétences visées

- > Compréhension des techniques de fabrication des composants hyperfréquences et de l'impact des imprécisions de réalisation (rugosité, résolution de gravure, incertitude sur les propriétés diélectriques...) sur la propagation dans des lignes de transmission.
- > Maîtrise des outils de simulation pour la modélisation de lignes de transmission et mise en évidence des limitations des modèles analytiques.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	67%	
Travaux Pratiques	CC	Oral	10	33%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	100%	

## Préparation à la vie professionnelle

**6 crédits ECTS**

## Communication

### Présentation

L'UE communication est destinée aux étudiants de master au semestre 7.

#### 2 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 7h

Travaux Dirigés : 15h

### Objectifs

L'objectif est de maîtriser une culture scientifique de spécialité, d'initier une réflexion sur l'épistémologie et l'histoire des sciences et de savoir communiquer sur ses travaux de recherche en les vulgarisant.

Un autre objectif est celui de l'insertion professionnelle par le biais de la rédaction d'une fiche de poste dans leur spécialité et la sélection de candidats aptes à y répondre.

### Compétences visées

Les étudiants développent leurs capacités rédactionnelles par la rédaction d'un article scientifique ou de médiation scientifique.

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CC	Ecrit et/ou Oral		1/1	

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	Contrôle ponctuel	Oral	15	1/1	

# Anglais

## Objectifs

Intégration dans le monde du travail.

### 3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 14h

## Compétences visées

Préparer une candidature à l'embauche / Comprendre l'organisation d'une entreprise / Participer et animer une réunion / Prendre des notes / Rédiger un compte-rendu

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	1/2	
EC	CC	Ecrit et/ou Oral		1/2	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Ecrit - devoir surveillé	30	1/1	

## Entreprise

**1 crédits ECTS**

Volume horaire

Autres : 10h

### Modalités de contrôle des connaissances

---

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	Autre modalité	Ecrit et/ou Oral		1/1	validation par "badge" - Pas de session 2 -

# Canal et récepteur RF pour les communications numériques

## Présentation

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 24h

Travaux Dirigés : 20h

- > Etudier l'impact des imperfections d'un système RF sur le rapport signal à bruit avant traitement numérique.
- > Front end de récepteur radio classique : antenne, duplexeur, LNA, filtre image, mixer
- > Etude du facteur de bruit du front end Introduction aux non linéarités et
- > Mise en évidence des produits d'intermodulation
- > Etude de l'IP3 du front end. Dynamique du front end.
- > Compatibilité vis à vis d'une norme en vigueur.
- > Etude des techniques de modulations numériques(ASK, PSK, QAM).
- > Transmissions en Bande de Base (codage en ligne) et transmission sur porteuses en quadrature.
- > Modèles de Canal de de transmission et les perturbations associées.
- > Conception du récepteur optimal et mesure des performances de la chaine de transmission.
- > Débit binaire, Rapidité de modulation, Probabilité d'Erreur bit (PEB), etc..

## Objectifs

- > Comprendre le fonctionnement d'un récepteur RF numérique.
- > Appréhender une chaine complète de transmissions numériques et savoir évaluer les performances.

## Pré-requis nécessaires

- > Electronique (niveau L3), Electromagnetisme (niveau L3),
- > Systèmes de télécommunication (S7). Probabilités et variables aléatoires (L3,S6);
- > Processus et signaux aléatoires (M1, S7) ; Filtrage linéaire.

## Compétences visées

- > Savoir évaluer les performances d'un récepteur en fonction de paramètres analogiques et numériques.
- > Dimensionner une chaine de communications numériques suivant les contraintes (formats de modulation, contexte de réalisation).
- > Modéliser les canaux de transmission et le bruit du canal.
- > Mesurer les performances (QoS) d'une chaine de transmissions numériques en terme de débit binaire, probabilité d'erreur bit.

## Bibliographie

Des références actualisées chaque année seront fournies en cours.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120		

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120		

# Dispositifs passifs et applications

## Présentation

Etude des différents dispositifs passifs et leurs applications. Cette UE se déroulera sous forme de cours, TD et TP.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 6h

Travaux Pratiques : 30h

## Objectifs

- > Mise en place de principes théoriques sur des dispositifs hyperfréquence.
- > Applications sur des bancs de mesures spécifique au domaine des hyperfréquences

## Pré-requis nécessaires

Propagation guidée et Composants rayonnants (S7)

## Compétences visées

### Partie théorique :

- > Connaître le principe et fonctionnement des multipôles (dipôles, hexapôles, octopôles).
- > Connaître les transitions entre les matrices Chaines, impédance, admittance, et S.
- > Connaître et savoir exploiter les matrices chaines et S des lignes de transmission,
- > Savoir manipuler des topologies complexes à l'aide des graphes de fluence.
- > Savoir donner les propriétés importantes d'un multipôle en terme de matrice S et vice versa.
- > Savoir générer des multipôles équivalent et leur paramètres S correspondant pour des topologies complexes.

### Partie "Applications" :

- > Savoir effectuer des mesures à l'aide d'un banc de mesures hyperfréquence en guide d'ondes pour plusieurs applications (fréquences, impédances, fonctions adaptation d'impédance et étude de cavité résonnante).
- > Savoir mener une synthèse d'hexapôles de type planaire propre à un cahier des charges,
- > Savoir vérifier sa conception à l'aide de différents outils de simulations (ADS, HFSS, CST...),
- > Savoir mesurer et analyser une topologie, et comparer différentes topologies par rapport à un cahier des charges donné.
- > Savoir mesurer et caractériser différentes antennes en espace libre ou en chambre anéchoïque : antennes cornets, à fentes et parabole.
- > Savoir mesurer, mettre en évidence et caractériser l'Effet Doppler.
- > Connaître le principe d'une transmission optique et savoir caractériser un amplificateur à fibre dopée.
- > Connaître le principe d'une transmission télécom optique sur porteuse laser, étudier les différentes polarisations possibles à l'aide de différentes lames d'ondes,
- > Savoir paramétrer les principaux éléments d'un banc complet de transmission télécom optique sur porteur laser.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Travaux Pratiques	120	50%	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	50%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90		

# Systèmes Radar

## Présentation

Présentation des principes, concepts et notions de base des systèmes radar (équation radar, surface équivalente radar, conception de la forme d'onde, antennes radar, caractéristiques de l'émetteur et du récepteur, détection des signaux radar en présence de bruit ...).

Introduction des principales méthodes et techniques relatives à la détection des cibles radar et à l'estimation de leurs paramètres de localisation/mouvement,

Mise en œuvre des principaux traitements radar, et au dimensionnement de la chaîne globale de traitement à partir du bilan de la liaison radar et des paramètres de performance attendus.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 26h

Travaux Dirigés : 12h

Travaux Pratiques : 12h

## Objectifs

- > Comprendre les concepts de base, le fonctionnement et les applications des systèmes radar.
- > Acquérir les connaissances et techniques permettant l'analyse des performances des systèmes radar.
- > Maîtriser les principales techniques de traitement pour la détection des cibles radars et l'extraction de leurs paramètres de localisation/mouvement.

## Pré-requis nécessaires

Notions de base en mathématiques, électronique analogique et numérique, propagation des ondes électromagnétiques et traitement du signal.

## Compétences visées

- > Identifier la nature des informations à extraire à partir des mesures radar (distance, vitesse, direction) et le lien avec les traitements à réaliser.
- > Réaliser le bilan d'une liaison radar sur la base de l'équation du radar.
- > Réaliser la conception système (schéma bloc) d'une chaîne d'émission (générateur/amplificateur de puissance, duplexeur, antenne) et de réception radar (amplificateur faible bruit, mélangeur, récepteur superhétérodyne, récepteur optimal, filtrage adapté).
- > Evaluer la surface équivalente radar (SER) de cibles radar usuelles et faire le lien avec les modèles de Swerling.
- > Modéliser statistiquement le fouillis de terre et de mer.
- > Sélectionner le critère de décision adapté au contexte radar et détecter les cibles radar de manière optimale à partir d'un signal perturbé.
- > Calculer le rapport de vraisemblance et déterminer le seuil optimal de détection associé au critère de Neyman-Pearson.
- > Mettre en œuvre les traitements usuels du signal radar (détection de cibles mobiles, compression d'impulsion, analyse spectrale, détection TFAC/CFAR).
- > Interpréter la fonction d'ambiguïté distance-vitesse et l'utiliser pour le choix adapté du signal radar de sondage.
- > Réaliser le filtrage de trajectoires des cibles radar en utilisant le filtre de Kalman, le filtre alpha-beta-gamma, et le filtrage particulière.

## Bibliographie

1. Jacques Darricau, "Radars : principes de base. Éléments constitutifs", Techniques de l'Ingénieur, 2012.
2. Jacques Darricau, "Radars : principes de base. Paramètres de détection", Techniques de l'Ingénieur, 2013.
3. Jacques Darricau, "Radars - Détection des mobiles dans le clutter", Techniques de l'Ingénieur, 2013.
4. Jacques Darricau, "Radars : Traitements avancés du signal radar", Techniques de l'Ingénieur, 2013.
5. Eric Chamouard, "Radars aéroportés multifonctions", Techniques de l'Ingénieur, 2013.
6. Philippe Billaud, et al., "Radars de Surface - Radars Civils et Radars Côtiers", Techniques de l'Ingénieur, 2014.
7. Philippe Billaud, et al., "Radars de Surface - Radars de défense terrestres et navals", Techniques de l'Ingénieur, 2014.
8. Bassem R. Mahafza, Introduction to Radar Analysis, Chapman and Hall/CRC, 2017.
9. Mark A. Richards, Fundamentals of Radar Signal Processing, McGraw Hill, 2013.
- 10 David K. Barton, Radar Equations for Modern Radar, Artech House, 2012.
- 11 David K. Barton, Modern Radar System Analysis, Artech House, 2007.
- 12 François Le Chevalier, Principles of Radar and Sonar Signal Processing, Artech House, 2002.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	67%	
Travaux Pratiques	CC	Travaux Pratiques		33%	



Université de Bretagne Occidentale

## Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	100%	

# Théorie de l'information et codage

## Présentation

Les transmissions numériques reposent très largement sur la capacité à coder et décoder les données, afin d'une part de réduire les débits nécessaires (codage de source) et d'autre part de sécuriser l'intégrité des données (codage de canal). Cette UE présente les principes du codage, en l'illustrant par des exemples concrets. Les éléments de théorie de l'information nécessaires à la compréhension du codage sont également présentés.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Dirigés : 12h

Travaux Pratiques : 16h

## Objectifs

- > Donner à l'étudiant une bonne maîtrise des techniques de codage/décodage qui sont à la base des normes de communications numériques récentes.
- > Sensibiliser les étudiants aux avantages du numérique pour la sécurisation de l'intégrité des informations.

## Pré-requis nécessaires

- > Notions mathématiques de base : fonction logarithme, vecteurs et matrices.
- > Probabilités.
- > Eléments de calcul polynômial, notamment la division Euclidienne des polynômes.

## Compétences visées

- > Description sommaire d'une chaîne de transmission : source, codeur de source, codeur de canal, émetteur, canal de transmission.
- > Théorie de l'information : mesure de l'information, entropie, entropie conditionnelle, entropie conjointe, propriétés des entropies, relations entre les entropies, mesure de l'information transmise sur un canal, capacité du canal, adaptation d'une source au canal.
- > Codage de source : Introduction, classification des codes, code à longueur fixe, code à longueur variable, code sans préfixe, code instantané, code non séparable, inégalité de Kraft/Mc Millan, limite inférieure de la longueur moyenne d'un code, longueur moyenne d'un code, longueur moyenne minimale d'un code, premier théorème de Shannon : démonstration, extension de source, entropie des sources étendues, notion d'efficacité et de redondance, procédure de construction des codes, procédure de Shannon-Fano, procédure de Huffman, procédure de Shannon-Fano et d'Huffman.
- > Codage de canal : classification des codes, principe des codes en bloc linéaires (CBL), paramètres de performance, matrice génératrice et matrice de contrôle de parité, code dual, correction des erreurs basée sur le syndrome, capacité de détection et de correction d'erreurs d'un CBL, codes de Hamming et codes à longueur maximale, limite du rendement d'un CBL et lien avec la capacité du canal, probabilité d'erreur en sortie du décodeur de canal, codes cycliques, représentation polynomiale, polynôme générateur et matrice génératrice d'un code cyclique, construction des codes cycliques, décodage des codes cycliques, codes de Golay et BCH.

## Bibliographie

1. A. Spataru, Fondement de la théorie de la transmission de l'information (Presses polytechniques et universitaires romandes).
2. M. Joindot et A. Glavieux, Communications numériques (Masson).

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit - devoir surveillé		67%	
UE	CC	Travaux Pratiques		33%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	90		

## Bureau d'études/TAL

### Présentation

Mettre en relation et en application les savoirs et savoir-faire acquis au cours de l'année de M1 dans le cadre de problématiques typiques du milieu industriel

### Objectifs

- > Mobiliser l'ensemble des connaissances acquises dans les UEs disciplinaires RF de M1 afin de répondre à un cahier des charges fonctionnel typique d'une application industrielle, depuis l'aspect système jusqu'aux composants.
- > Mise en pratique de la conception d'un système RF, en intégrant des composants, technologies, matériaux et contraintes réels et en s'appuyant sur les outils de conception numérique dédiés.
- > Apprentissage de la simulation de systèmes RF sur la plateforme Keysight et/ou ANSYS.
- > Conception avancée d'un ou plusieurs sous-ensembles fonctionnels.
- > Introduction à la planification et au suivi technique de projet (jalonnement, livrables, reporting)

#### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Pratiques : 40h

Stages : 35h

### Pré-requis nécessaires

UEs du S7 et S8 du M1 ET

### Compétences visées

- > Formaliser et mobiliser les compétences nécessaires pour appréhender un sujet donné
- > Approche globale d'un système complexe et déclinaison en problématiques bien définies
- > Gestion des problématiques techniques dans le cadre d'un projet

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Rapport écrit et soutenance orale			

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Oral	15		

## S8 ET Complément CMI

**6 crédits ECTS**

## Stage de spécialisation M1 CMI

**6 crédits ECTS**

Volume horaire

Stages : 140h

Travaux Pratiques : 80h

## Préparation à la vie professionnelle

**6 crédits ECTS**

## Anglais

### Objectifs

Intégration dans le monde du travail.

#### 3 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 14h

### Compétences visées

Présenter des résultats et argumenter / Conseiller / Simplifier / Vulgariser / Rédiger une note de synthèse / Présentation orale d'un objet technique ou d'une campagne d'information

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Ecrit - devoir surveillé	90	1/2	
EC	CC	Autre nature		1/2	

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Oral	10		

## Communication

### Présentation

L'UE communication est destinée aux étudiants de master au semestre 8.

### Objectifs

L'objectif est de développer une analyse critique des médias par l'étude du monde de l'édition scientifique et de la presse généraliste et de spécialité.

### Compétences visées

Les étudiants sont amenés à développer leurs capacités rédactionnelles à travers la réalisation d'une revue de presse puis d'un dossier de presse mais également d'expression orale par la conception de podcasts.

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CC	Ecrit et/ou Oral		1/1	

#### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Oral	15	1/1	

#### 2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 15h

Cours Magistral : 7h

## Entreprise

**1 crédits ECTS**

Volume horaire

Travaux Dirigés : 10h

### Modalités de contrôle des connaissances

---

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CC	Autre nature		1	Pas de session 2

# Antennes et capteurs

## Présentation

Etude des capteurs, et plus particulièrement des capteurs RF, et découverte et dimensionnement des réseaux d'antennes

## Objectifs

### Capteurs :

- > Connaître, comprendre et savoir utiliser les métriques associées aux performances des capteurs : plage de mesure, résolution, sensibilité, précision, linéarité...
- > Connaître les grandes familles de capteurs (passifs, actifs, transmission, réflexion...), quelques principes de fonctionnement et plus spécifiquement ceux des capteurs RF, au niveau de l'interface de captation et jusqu'à l'architecture du système.
- > Introduction à la notion de seuil de sensibilité et identification des sources de bruit et d'erreur, classification des erreurs, notion de répétabilité et de reproductibilité, principes de calibration.
- > Être en mesure de concevoir et caractériser un capteur RF.

### Antennes :

Mise en réseau d'antennes:

- > études et synthèses des réseaux linéaires planaires uniformes, cas des réseaux phasés.
- > étude et synthèses des réseaux linéaires planaires non-uniformes, cas des réseaux binomiaux, cas des réseaux Dolph-Tchebyscheff. Cas de l'antenne cosécante carrée.

Les notions essentielles et indispensables de la théorie des réseaux d'antennes seront abordées: Formation de faisceau, recherche et étude de la fonction réseau, zone de visibilité de la fonction réseau, construction du diagramme de rayonnement, lobes principaux et secondaires du réseau, technique de décomposition en sous-réseaux.

Les performances des principaux types de réseaux sont comparées et quelques cas concrets sont présentés. Le cours s'achève par la problématique du réseau de distribution.

Les étudiants mettent en application les éléments théoriques étudiés dans le cadre d'un projet de réalisation d'un réseau d'antennes défini par un cahier des charges.

## Pré-requis nécessaires

Propagation libre des ondes EM + UE2, UE8, UE9

## Compétences visées

- > Connaître les différents type de capteurs
- > Comprendre le fonctionnement,
- > Savoir concevoir et évaluer un capteur RF

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Travaux Pratiques		33%	
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	67%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	100%	

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 16h

Travaux Pratiques : 32h

# Conception et optimisation de dispositifs passifs

## Présentation

Etude des différents dispositifs passifs et leurs applications. Cette UE se déroulera sous forme de cours, TD et TP.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

Travaux Dirigés : 10h

Travaux Pratiques : 28h

## Objectifs

- > Étude des coupleurs,
- > Propriétés des multipôles, octopôles
- > Coupleur directifs, Décomposition en modes pair, impair
- > Coupleurs de proximité et hybride
- > Synthèse de coupleur triplaques, microruban
- > Couplages co et contra-directif : inhomogénéité du milieu
- > Limitations en niveau de couplage et bande passante : montage tandem, Applications des coupleurs : montage équilibré, déphaseur, ... Wilkinson, té magique...
- > Un cas pratique de conception avancée sur cahier des charges sera mis en œuvre en introduisant des processus d'optimisation associée à des éléments théoriques comme le paramètre de pente et la matrice nodale.

## Pré-requis nécessaires

Dispositifs passifs et applications (S8)

## Compétences visées

- > Connaître le principe de multipôle et savoir donner leurs propriétés générales.
- > Savoir exploiter les octopôles en termes de matrices S.
- > Connaître le principe des différents coupleurs (Coupleur directifs, Coupleurs de proximité, Coupleurs hybrides, décomposition en modes pair et impair).
- > Savoir choisir, adapter et effectuer plusieurs types de synthèse.
- > Connaître les différentes possibilités de couplages, les différentes limitations de dispositifs passifs en termes de caractéristiques électriques (niveau de couplage, bande passante, perte d'insertion...).
- > Savoir trouver des solutions aux différentes contraintes et limitations.
- > Savoir appliquer les coupleurs à différents systèmes : Wilkinson, té magique, montage équilibré, déphaseur.
- > Savoir trouver une topologie de filtre en fonction d'un cahier des charges et mettre en œuvre des méthodes pour un réglage rapide.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit - devoir surveillé	60	60%	
UE	CC	Ecrit - rapport		40%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	60%	
UE	CT	Oral		40%	

# Dispositifs actifs hyperfréquences

## Présentation

Amplification petit signal faible bruit, amplificateurs de puissance, oscillateurs.

Cette UE comprend des cours et TD et un projet sur la conception/réalisation/mesures d'un amplificateur de réception.

## Objectifs

Dans la partie analogique d'un système de télécommunication, les dispositifs actifs, les amplificateurs en réception et en émission, ainsi que les oscillateurs locaux sont des dispositifs indispensables.

Dans cette UE, les caractéristiques spécifiques de ces 3 dispositifs sont détaillées. Un projet en binôme termine l'enseignement : conception, réalisation et mesures d'un amplificateur de réception.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 4h

Travaux Pratiques : 36h

## Pré-requis nécessaires

Paramètres S, transistor à effet de champ, quadripôles, abaque de Smith, adaptation en puissance, topologies passe bas, passe haut, passe bande, théorie des lignes.

## Compétences visées

- > Maîtriser la conception des amplificateurs de réception faible bruit : théorie, calculs des circuits d'adaptation, polarisation, stabilisation des transistors,
- > Conception complète sous ADS : des éléments idéaux associés aux transistors jusqu'à la cosimulation finale avec les paramètres S des composants et électromagnétique.
- > Savoir mesurer le gain et les adaptations à l'analyseur de réseaux.

Pour les amplificateurs de puissance,

- > Connaître les effets parasites dues aux non linéarités (IMD3, IP3) et les techniques de linéarisation pour assurer le rendement maximum.
- > Connaître les caractéristiques des différents générateurs de fréquences en fonction de la fréquence de travail.
- > Stabilité à court et long terme.
- > Connaître les principales topologies d'oscillateurs.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	50%	
UE	CT	Ecrit - rapport		50%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60		

# Dispositifs optoélectroniques

## Présentation

- > Comprendre un système de communication optique
- > Aborder les architectures et dispositifs pour le filtrage optique, la commutation, la modulation
- > Acquérir les notions théoriques amplifications optiques (à semi-conducteur, Raman...).
- > Aborder la notion de puissance sur fibre (PoF) et d'optique micro-onde (MWP).

### 4 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 18h

Travaux Dirigés : 18h

Travaux Pratiques : 12h

## Objectifs

- > Connaître les architectures et dispositifs de communications optiques (fibrés ou non)
- > Acquérir la maîtrise des techniques des transmissions optiques : amplification de puissance optique, formats de modulations avancés, WDM et fonctions pour les télécoms (conversion, commutation, filtrage), Puissance sur fibre, Radio sur fibre,

## Pré-requis nécessaires

- > Bases théoriques de la propagation optique,
- > Propriétés des Lasers et des photodétecteurs,
- > Optique guidée

## Compétences visées

- > Connaître le fonctionnement d'une chaîne de transmission,
- > Savoir utiliser les dispositifs optiques pour les fonctions tout-optiques et opto-électroniques.
- > Acquérir des notions de puissance sur fibre et de non-linéarités optiques,

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	67%	Note UE = Max(CT Ecrit ; CT Ecrit*67%+CC TP*33%)
UE	CC	Travaux Pratiques		33%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	180	100%	

# Filtres hyperfréquences volumiques

## Présentation

Etude des différents filtres volumiques, synthèse de filtres, et applications. Cette UE se déroulera sous forme de cours, TD et TP.

## Objectifs

1-Guide coaxial : Filtre à résonateurs coaxiaux, Étude du guide coaxial, mode TEM Réponse fréquentielle, facteur de qualité Filtre à base de lignes coaxiales couplées par inverseur Filtre à base de cavités coaxiales couplées par iris Introduction de couplages croisés, Déclinaison SIR du résonateur coaxial, SIW 2-Cavité cylindrique : Théorie des filtres à résonateurs cylindriques Calcul des dimensions – Modes parasites – Coefficient de surtension Explication des champs EM Synthèse de filtre 3-Duplexeur : Théorie, Facteur de qualité, Impact Puissance

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 18h

Travaux Dirigés : 14h

Travaux Pratiques : 16h

## Pré-requis nécessaires

UE Filtrage analogique et numérique (S7)

UE Dispositifs passifs et applications (S8)

## Compétences visées

Connaître le principe de plusieurs types de filtres volumiques et les caractéristiques principales. Savoir distinguer les différents modes étudiés. Savoir dimensionner les résonateurs en fonction d'un cahier des charges imposés. Savoir distinguer plusieurs types de couplage EM. Savoir appliquer des synthèses de filtres en fonction de la topologie étudiée. Savoir estimer, mesurer et confronter différentes grandeurs caractéristiques : facteurs de qualité, paramètres S, impact puissance à l'aide d'outils de simulation adaptés (HFSS, CST, spark3d) ou d'appareils de mesure (Analyseurs).

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Ecrit - devoir surveillé	60	60%	
UE	CC	Travaux Pratiques		40%	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	60		

## Préparation à la vie professionnelle

**6 crédits ECTS**

# Communication

## Présentation

Deux programmes distincts en fonction du choix de la voie orientée professionnalisante ou recherche.

## Objectifs

### Master professionnel

L'objectif est de cibler le marché du travail afin d'affiner son projet professionnel pour trouver l'offre de stage de fin d'études la plus adaptée au cursus et aux objectifs de carrière. Les étudiants sont amenés à se créer un réseau professionnel, à valoriser leur profil universitaire afin de postuler auprès des entreprises.

### Master recherche

L'objectif est d'acquérir une connaissance de soi, des métiers et de l'environnement de la recherche, des débouchés du master, du doctorat ou post-doctorat afin de candidater efficacement, de construire son insertion professionnelle ou sa poursuite d'études dans un contexte concurrentiel.

### 2 crédits ECTS

Volume horaire

Travaux Dirigés : 15h

Cours Magistral : 7h

## Compétences visées

### Master professionnel

Les étudiants sont amenés à se créer un réseau professionnel, à valoriser leur profil universitaire afin de postuler auprès des entreprises. Ils affinent leurs compétences à l'oral pour maîtriser leur entretien de recrutement. Ils développent également leurs compétences rédactionnelles par une préparation à l'élaboration du rapport de stage. Des notions de management et de gestion de projet leur sont dispensées afin qu'ils puissent s'insérer rapidement dans leur équipe professionnelle.

### Master recherche

Les étudiants sont amenés à construire leur projet de doctorat et à appréhender la méthodologie de la thèse par l'utilisation d'outils de recherche et de communication. Ils travaillent à organiser une réflexion personnelle objective à partir d'une recherche bibliographique et d'hypothèses scientifiques et développent leur esprit critique. Ce travail est complété par une réflexion sur la propriété intellectuelle, la fraude ou l'erreur scientifique, l'analyse des mécanismes de l'innovation, les enjeux des rapports entre scientifiques et société et l'éthique de la recherche dans un contexte compétitif. Les travaux comportent des exposés sur le monde de la recherche, la présentation d'un état de l'art en lien médiatisant leur sujet de stage de recherche et une présentation de leur projet professionnel.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CC	Ecrit et/ou Oral		1/1	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
EC	CT	Oral	15	1/1	

# Anglais

**3 crédits ECTS**

Volume horaire

Cours Magistral : 8h

Travaux Dirigés : 14h

## Modalités de contrôle des connaissances

---

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Ecrit et/ou Oral		100	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CT	Oral	15	100	

## Entreprise

**1 crédits ECTS**

Volume horaire

Autres : 10h

### Modalités de contrôle des connaissances

---

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Autres	Autre modalité	Ecrit et/ou Oral		1/1	validation par "badge" - Pas de session 2 -

## Projet annuel intégrateur M2ET

### Présentation

Les étudiants travaillent sur des projets industriels en quasi-autonomie  
Ils bénéficient d'un appui technique ponctuel d'un enseignant

**6 crédits ECTS**

Volume horaire

Travaux Pratiques : 48h

### Objectifs

- > Les projets seront proposés par des industriels ou des chercheurs sur des problématiques de recherche actuelles du laboratoire.
- > Les étudiants seront encadrés par un tuteur industriel ou académique et par le responsable de l'UE.
- > Les étudiants auront accès aux équipements du laboratoire encadrés par le responsable d'UE.
- > Ces projets porteront sur les activités hyperfréquences du pôle Mat-RF.
- > Les étudiants rendront un rapport et effectueront une soutenance devant le responsable d'UE et le partenaire industriel ou académique du projet spécifique.
- > Les étudiants pourront soumettre leurs projets aux sociétés fournisseurs de logiciels de simulation électromagnétique avec lesquelles nous avons un partenariat.

### Pré-requis nécessaires

L'ensemble du programme de Master et ses prérequis

### Compétences visées

- > Apprendre à mobiliser les compétences adéquates sur un sujet données
- > Apprendre à gérer son temps dans le cadre d'un projet
- > Apprendre à gérer une relation avec une entreprise

### Modalités de contrôle des connaissances

Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CC	Rapport écrit et soutenance orale		100%	

# Applications hyperfréquences des matériaux

## Présentation

- > Etude de la propagation des ondes électromagnétiques dans des milieux magnétiques anisotropes; loi de Fraday; loi de Cotton-Mouton.
- > Composants à ferrite.
- > Description du fonctionnement de dispositifs non réciproques: isolateurs, circulateurs.
- > Approche des ferrites sous forme céramique; loi de Snoek.
- > Antennes à ferrite.
- > Absorbants en espace libre; applications des absorbants; écrans de Dallenbach, de Salisbury.
- > Matériaux absorbants en technologie additive (I3D); charges.
- > Milieux composites et loi de mélange.

### 5 crédits ECTS

Volume horaire

Cours Magistral : 20h

Travaux Dirigés : 8h

Travaux Pratiques : 20h

## Objectifs

- > Compréhension des principes de fonctionnement des dispositifs non réciproques.
- > Connaître la mise en œuvre des technologies d'impression 3D dans la réalisation de matériaux absorbants.

## Pré-requis nécessaires

Les compétences acquises dans l'UE du S7: "Propriétés et caractérisation hyperfréquence des matériaux".

## Compétences visées

- > Savoir modéliser les composants à ferrite, réciproques et non réciproques, et analyser leurs comportements.
- > Savoir modéliser les matériaux absorbants.

## Bibliographie

1. Propagation des ondes radioélectriques dans les ferrites polycristallins, Philippe Gelin, Techniques de l'ingénieur.

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	67%	
Travaux Pratiques	CC	Oral	15	33%	Ce CC sous forme d'oral correspond au contrôle fait dans le cadre de la série de TP.

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
UE	CT	Ecrit - devoir surveillé	120	100%	

# Propriété industrielle et intellectuelle

## Présentation

- > Historique : de la « patente » au brevet
- > Droit et protection juridique
- > Les différentes protections : Enveloppe Soleau, le brevet,...
- > Le paysage de la protection intellectuelle et industrielle : du cabinet de brevet à l'INPI
- > Les structures de protection du chercheur en France et à l'étranger

**1 crédits ECTS**

Volume horaire

Cours Magistral : 10h

## Objectifs

Mettre les étudiant(e)s, chercheur(e)s de demain, en situation d'intégrer dans leurs activités professionnelles les bonnes pratiques relatives à la gestion de la propriété intellectuelle et être acteurs de projets collaboratifs impliquant des partenaires socio#économiques.

## Pré-requis nécessaires

Aucun

## Compétences visées

L'étudiant devra

- > pouvoir comprendre et exprimer les enjeux liés à la protection des résultats de recherche au sein d'un laboratoire
- > manier les bases du droit de la propriété intellectuelle
- > appréhender les stratégies collaboratives de recherche et de transfert de technologies entre la recherche publique et des acteurs socio#économiques
- > maîtriser les principales étapes de la gestion d'un projet innovant

## Descriptif

- Module 1# 4h00

Les enjeux et les bases de la propriété intellectuelle

Les clés pour construire une stratégie sur-mesure de protection

- Module 2 - 3h00

Les stratégies d'innovation en entreprise

Les modalités de collaborations entre laboratoire de recherche public et entreprise

- Module 3 -3h00

La conception de projets innovants multipartenaires

Les outils de gestion de projets

Approche pédagogique Cours incluant des exemples et retours d'expérience

## Modalités de contrôle des connaissances

### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	1/1	

### Session 2 : Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
Cours Magistral	CT	Ecrit - devoir surveillé	60	1/1	

## Stage en entreprise ou laboratoire M2ET (4 à 6 mois)

### Présentation

- > Découvrir le monde de l'entreprise.
- > Mise en application des connaissances acquises.

**18 crédits ECTS**

Volume horaire

Stages : 620h

### Objectifs

- > Un stage de longue durée en fin de 2ème année (4 à 6 mois à partir du mois de mars) permet de compléter les enseignements théoriques et pratiques dispensés lors des 2 années du master.
- > Ce stage s'effectue préférentiellement au sein d'une entreprise ou d'un laboratoire de recherche dont le secteur d'activités est lié aux enseignements dispensés.
- > Il donne lieu à la rédaction d'un mémoire et à une soutenance devant un jury composé d'universitaires intervenant dans le Master et des professionnels de l'entreprise ou du laboratoire concerné.
- > Un membre de l'équipe pédagogique fait office de tuteur. Il est chargé des relations avec l'étudiant et l'entreprise ou le laboratoire.
- > Ce stage peut également être effectué à l'étranger.

### Pré-requis nécessaires

Avoir suivi les enseignements du S9 et S10.

### Compétences visées

- > Mettre en pratique les connaissances acquises durant la formation à l'université et acquérir de nouvelles compétences dans le milieu professionnel.
- > Participer à la production des biens et services pour le marché.
- > Faire preuve d'autonomie et de capacités d'adaptation.
- > Développer son employabilité sur le marché du travail.
- > Le stage est régi par une convention de stage signée par le stagiaire, l'entreprise et l'université.
- > En entreprise, le stagiaire est suivi par un maître de stage et il est représenté à l'université par un tuteur universitaire.

### Modalités de contrôle des connaissances

#### Session 1 ou session unique - Contrôle de connaissances

Nature de l'enseignement	Modalité	Nature	Durée (min.)	Coefficient	Remarques
	CC	Autre nature		33%	Le CC correspond à l'évaluation du travail de stage par l'encadrant (d'entreprise ou de laboratoire)
	CT	Ecrit - rapport		33%	
	CT	Oral - soutenance		34%	