

**Sigle : GEN6083 Gr.01****Titre : Technologie des systèmes radio fréquences****Session : Automne 2024 Horaire et local****Professeur : Boutayeb, Halim****1. Description du cours paraissant à l'annuaire :****Objectifs**

Permettre aux étudiant.es de maîtriser les connaissances nécessaires pour analyser la performance d'une liaison radiofréquence pour les communications sans fil. Étude et conception des blocs fonctionnels des émetteurs/récepteurs. Maîtriser la conception assistée par ordinateur de circuits radiofréquences passifs et actifs.

**Contenu**

Propagation des ondes électromagnétiques. Milieux de propagation. Lignes de transmission. Méthodes d'adaptation d'impédances. Paramètres Z, Y, ABCD et S. Éléments localisés et distribués. Dispositifs RF passifs : filtres, coupleurs, déphaseurs, antennes, etc. Dispositifs RF actifs : amplificateurs, mélangeurs de fréquences et oscillateurs. Méthodes de conception. Étude paramétrique et l'optimisation. Réalisation de projets avec les outils de conception assistée par ordinateur (CAO) et présentation de logiciels de design

Descriptif – Annuaire

**2. Objectifs spécifiques du cours :**

Ce cours permet de comprendre les bases des circuits, composants, et systèmes RF/micro-ondes et à ondes millimétriques, de connaître les différentes applications des systèmes sans fil (télécommunications, radars, capteurs...), de se familiariser avec les méthodes de résolution des équations de Maxwell pour analyser des problèmes électromagnétiques, et d'apprendre à concevoir des circuits et dispositifs destinés aux systèmes sans fil modernes.

**3. Stratégies pédagogiques :**

- Cours magistraux : 3 h/semaine de cours en présentiel.
- Projet en travail individuel (développement d'un code numérique FDTD).
- Devoirs en groupe de deux (conceptions d'un mélangeur et d'un amplificateur avec le logiciel Keysight-ADS)
- Examen final.

**4. Heures de disponibilité ou modalités pour rendez-vous :**

Prendre rendez-vous en envoyant un courriel à [halim.boutayeb@uqo.ca](mailto:halim.boutayeb@uqo.ca)

Le rendez-vous aura lieu soit en présentiel (Bureau B-0106) ou par vidéoconférence via Zoom.

**5. Plan détaillé du cours sur 15 semaines :**

Semaine	Thèmes	Dates
1	<b>Bases sur les systèmes RF et micro-ondes</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction et Historique</li> <li>• Classification des systèmes RF/Micro-ondes et développements futurs</li> <li>• Principaux paramètres d'une liaison radio</li> <li>• Modulation</li> <li>• Architecture des transmetteurs/récepteurs</li> </ul>	3 sept. 2024
2	<b>Outils d'analyse des paramètres S</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Onde TEM</li> <li>• Ligne de transmission</li> <li>• Matrice de répartition</li> <li>• Diviseurs de puissance</li> </ul>	10 sept. 2024

	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Abaque de Smith</li> <li>• Adaptation d'impédance</li> <li>• Circuits micro-rubans</li> </ul>	
3	<p><b>Bruits, distorsions et paramètres de non-linéarité</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Introduction aux dispositifs actifs micro-ondes</li> <li>• Notions sur le bruit</li> <li>• Bases sur les performances des composants actifs</li> <li>• Comportements non-linéaires</li> </ul> <p><b>Laboratoire 1</b> : 16 sept. 12h30 -15h30 Salle A0310</p>	17 sept. 2024
4	<p><b>Caractérisation des transistors RF</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Définition des gains</li> <li>• Unilatéralité</li> <li>• Cercles de stabilité</li> <li>• Stabilité inconditionnelle</li> <li>• Stabilisation d'un transistor</li> </ul>	24 sept. 2024
5	<p><b>Mélangeurs</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Conversion de fréquence</li> <li>• Paramètres des mélangeurs</li> <li>• Mélangeurs à diodes</li> <li>• Mélangeurs à transistors</li> <li>• Mélangeurs balancés et double-balancés</li> <li>• Mélangeurs à rejet d'image</li> <li>• Comparaisons de mélangeurs</li> </ul> <p><b>Laboratoire 2</b> : 30 sept. 12h30 -15h30 Salle A0310</p>	1er oct. 2024
6	<p><b>Amplificateurs RF et micro-ondes</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Classes des amplificateurs et efficacités</li> <li>• Gains, stabilité, bruit et adaptation</li> <li>• LNA</li> <li>• Amplificateurs de puissance</li> </ul> <p><b>Laboratoire 3</b> : 7 oct. 12h30 -15h30 Salle A0310</p>	8 oct. 2024
7	<p><b>Semaine d'études</b></p>	15 oct. 2024
8	<p><b>Méthode des différences finies dans le domaine temporel</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Différences finies</li> <li>• Les bases de la méthode FDTD</li> <li>• Résolutions des équations de Maxwell au sens des différences centrées</li> <li>• Critère de stabilité</li> <li>• Dispersion numérique</li> <li>• Échantillonnage spatial et taille de la mémoire</li> <li>• Conditions aux frontières</li> <li>• Interface entre deux milieux</li> </ul> <p><b>Laboratoire 4</b> : 21 oct. 12h30 -15h30 Salle A0310</p>	22 oct. 2024
9	<p><b>Méthode des différences finies dans le domaine temporel (suite)</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Excitation</li> <li>• Solutions dans le domaine fréquentiel</li> <li>• Raffinement subcellulaire</li> <li>• PML</li> <li>• Modèle des fils minces</li> </ul>	29 oct. 2024

10	<b>Méthode des différences finies dans le domaine temporel (suite)</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Composants RLC</li> <li>• Formalisme des fentes minces</li> <li>• Transformation champ proche champ lointain</li> <li>• Analyse des structures périodiques</li> <li>• Présentation des projets FDTD</li> </ul> <b>Laboratoire 5</b> : 4 nov. 12h30 -15h30 Salle A0310	5 nov. 2024
11	<b>FDTD et ADS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travaux sur les projets</li> </ul>	12 nov. 2024
12	<b>FDTD et ADS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travaux sur les projets</li> </ul> <b>Laboratoire 6</b> : 18 nov. 12h30 -15h30 Salle A0310	19 nov. 2024
13	<b>FDTD et ADS</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Travaux sur les projets</li> </ul>	26 nov. 2024
14	<b>Examen final</b>	3 déc. 2024
15	<b>Présentations de projets</b>	10 déc. 2024

## 6. Évaluation du cours :

- Projet (travail individuel) : 40 %
  - o Développement d'un code numérique en utilisant la méthode des différences finies dans le domaine temporel. Projets proposés : cavité Fabry-Pérot, FSS en mouvement, diviseur de Wilkinson, matériau main gauche. Tout autre projet de même niveau de difficulté peut être accepté après avoir obtenu l'accord du professeur.
- Devoirs (travail en groupe) : 40 %
  - o Conception d'un mélangeur à faible consommation d'énergie
  - o Conception d'un amplificateur RF.
- Examen final : 20 %

## 7. Politiques départementales et institutionnelles :

- Politique du département d'informatique et d'ingénierie relative à la tenue des examens
- Note sur le plagiat et sur la fraude
- Politique relative à la qualité de l'expression française écrite chez les étudiants et les étudiantes de premier cycle à l'UQO
- Absence aux examens : cadre de gestion, demande de reprise d'examen (formulaire)

Tolérance **ZÉRO** en matière de violence à caractère sexuel.

Le Bureau d'intervention et de prévention en matière de harcèlement (BIPH) a pour mission d'accueillir, soutenir et guider toute personne vivant une situation de harcèlement, de discrimination ou de violence à caractère sexuel. Le BIPH oriente ses actions afin de prévenir les violences à caractère sexuel pour que nous puissions étudier, travailler et s'épanouir dans un milieu sain et sécuritaire.

Vous vivez ou êtes une personne témoin d'une situation de violence à caractère sexuel ? Vous êtes une personne membre de la communauté étudiante ou une personne membre du personnel, autant à Gatineau qu'à Ripon et St-Jérôme, l'équipe du BIPH est là pour vous, sans jugement et en toute confidentialité.

Ensemble, participons à une culture de respect.

Pour de plus amples renseignements consultez [UQO.ca/biph](http://UQO.ca/biph) ou écrivez-nous au [Biph@uqo.ca](mailto:Biph@uqo.ca)

## 8. Principales références :

#### Méthodes numériques en électromagnétisme :

1. K. F. Warnick, Numerical Methods for Engineering An introduction using MATLAB® and computational electromagnetics examples, 2nd Edition, 2020
2. T. Itoh, Numerical Techniques for Microwave and Millimeter-Wave Passive Structures, Chapitres 5, 6 et 8, John Wiley Interscience Publication, 1989.
3. M. N. O. Sadiku, Numerical Techniques in Electromagnetics, CRC Press, 1992.
4. A. Taflove, Computational electrodynamics: the Finite Difference Time Domain Method, Artech House, Inc, 3rd ed, 2005.
5. E. Yamashita, Analysis Methods for Electromagnetic Wave Problems, Artech House, 1990.
6. R. Harrington, Time-Harmonic Electromagnetic Fields, McGraw Hill, 1961.
7. K. S. Yee, Numerical solution of initial boundary value problems involving Maxwell's equations in isotropic media, IEEE Transaction Antennas and Propagation, vol.14, 1966, pp. 302-307.
8. M. Mrozowski, Stability condition for the explicit algorithm of the time domain analysis of Maxwell's equations, IEEE Microwave and Guided Wave Letters, Vol. 4, n°8, août 1994.
9. G. Mur, Absorbing boundary conditions for the finite difference approximation of the time domain electromagnetic field equations, IEEE Transaction Electromagnetic Compatibility, vol. 23, pp. 377-382, 1981.
10. J-P. Bérenger, A perfectly matched layer for the FDTD solution of wave-structure interaction problems, IEEE Transaction Antennas and Propagation, vol. 44, n° 1, pp. 1-8, January 1996.
11. R. E. Collin, Foundations for Microwave Engineering, The IEEE Press Series on Electromagnetic Wave Theory, 2001

#### Systèmes RF :

1. M.B. Steer, "Microwave and RF design : a system approach", SciTech Pub., 2010.
2. K. Chang, I. Bahl, V. Nair, "RF and microwave circuit and component design for wireless systems ", Wiley, 2002.
3. D.M. Pozar, "Microwave and RF wireless systems ", John Wiley, 2001.
4. R. Gilmore, L. Besser, "Practical RF circuit design for modern wireless systems", volumes 1&2, Artech House Publishers, 2003.
5. G. Gonzalez, "Microwave Transistor Amplifiers Analysis and Design", Prentice-Hall, 1998.

#### 9. Page Web du cours :

<https://moodle.uqo.ca>