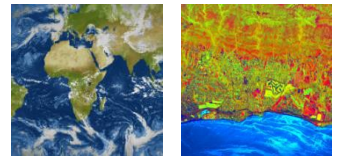


<http://teledetection.ipgp.fr/mpt>

Université de Paris, Sorbonne Université
Institut de Physique du Globe de Paris
Université Paris-Saclay
Ecole Normale Supérieure, Ecole Polytechnique
ENSTA ParisTech, École des Ponts ParisTech



M2 Fundamentals of Remote Sensing

Last update: Thursday, November 28, 2019

Module « Electromagnetic Radiation »

Head: Shermila Mostarshedi (shermila.mostarshedi@u-pem.fr)

Other teachers: Didier Cassereau, Nobuaki Fuji, Shermila Mostarshedi, and Eric Pantin

Credits: 6 ECTS

Waves Propagation

Teacher: Shermila Mostarshedi (shermila.mostarshedi@u-pem.fr)

Summary: this lecture presents the fundamental equations of electromagnetism and the resulting concepts.

Organization: 8x3h lectures/practical work.

Books

Born M., Wolf E. (1999), *Principles of optics: Electromagnetic Theory of Propagation, Interference and Diffraction of Light*, Cambridge University Press, 985 pp.

Ishimaru A. (1990), *Electromagnetic Wave Propagation, Radiation and Scattering*, Prentice Hall, 656 pp.

Petit R. (1997), *Ondes électromagnétiques en radioélectricité et en optique*, Dunod, 349 pp.

Stratton J.A. (2007), *Electromagnetic theory*, Wiley-IEEE Press, 640 pp.

Outline

- Rappel de calcul vectoriel
- Equations et relations fondamentales en électromagnétisme : équations de Maxwell, présentation intégrale des équations de Maxwell, conditions aux limites, relations constitutives, considérations énergétiques et vecteur de Poynting, potentiels retardés et fonctions de Green
- Electromagnétisme en régime harmonique : équations de Maxwell et conditions aux limites en régime harmonique, relations constitutives en régime harmonique et permittivité complexe, permittivité des matériaux diélectriques et des matériaux conducteurs, relations de dispersion de Kramers-Krönig
- Ondes planes en régime harmonique : composantes des champs en régime harmonique, équation de Helmholtz sans second membre pour un milieu LIH, ondes planes dans un milieu absorbant, ondes planes dans un milieu absorbant, puissance électromagnétique en régime harmonique
- Ondes sphériques - Rayonnement d'une antenne en régime harmonique : relations d'orthogonalité à grande distance de la source, surfaces équiphasées et ondes sphériques, vecteur de Poynting d'une onde sphérique dans un milieu non absorbant, polarisation des ondes
- Faisceaux d'ondes planes : constantes de propagation d'une onde plane, ondes planes évanescentes et propagatives dans un milieu sans pertes, ondes planes évanescentes dans un milieu avec pertes, faisceau d'ondes planes 3D, faisceau d'ondes planes 2D, comportement asymptotique d'un faisceau d'ondes planes, dépolarisation des ondes par une surface, diffraction par une surface rugueuse et hypothèse de Rayleigh
- Propagation dans différents types de milieux
- Principe d'équivalence, application à la diffraction des ouvertures
- Etude des surfaces périodiques, application à la réflexion des surfaces rugueuses
- TD1 : des équations de Maxwell aux conditions aux limites
- TD2 : permittivité complexe des matériaux
- TD3 : ondes planes et Ondes sphériques
- TD4 : étude d'un faisceau gaussien (2D)
- TD5: comportement asymptotique d'un faisceau d'ondes planes 2D
- TD6 : champ diffracté par une surface - Bilan de puissance

Shermila Mostarshedi is a professor at the university [Université Paris-Est Marne-la-Vallée](http://www.univ-paris-est.fr) and the head of the master "Systèmes de communication hautes fréquences". She works at the laboratory "Electronique, systèmes de communication et microsystemes" ([ESYCOM](http://www.esycom.fr)). Her research focuses on the propagation of electromagnetic radiation and on antennas.

Scattering of Electromagnetic Waves

Teacher: Eric Pantin (eric.pantin@cea.fr)

Summary: this lecture deals with electromagnetic radiation emitted in free space and in the presence of diffracting objects. It mainly relies on the electric-field integral equation.

Organization: 5x3h lectures/practical work.

Books

Beckmann A. & Spizzichino A. (1987), *The scattering of electromagnetic waves from rough surfaces*, Artech House Radar Library, 512 pp.

Born M. & Wolf E. (1999), *Principles of optics: Electromagnetic theory of propagation, interference and diffraction of light*, Cambridge University Press, 985 pp.

Brekhovskii L.M. & Godin O.A. (1998), *Acoustics of Layered Media I: Plane and Quasi-Plane Waves*, Springer, 250 pp.

Chew W.C. (1999), *Waves and Fields in Inhomogeneous Media*, Wiley-IEEE Press, 632 pp.

Dassios G. & Kleinman R. (2000), *Low Frequency Scattering*, Oxford University Press, 320 pp.

Fournet G. (1979), *Electromagnétisme : à partir des équations locales*, Masson, 478 pp.

Ishimaru A. (1999), *Waves Propagation and Scattering in Random Media*, Wiley-IEEE Press, 600 pp.

Kaufman A.A. & Keller G.V. (1985), *Inductive Mining Prospecting, Part 1: Theory*, Elsevier, 617 pp.

Kong J.A. (1986), *Electromagnetic Wave Theory*, John Wiley & Sons Inc, 710 pp.

Petit R. (2011), *Electromagnetic Theory of Gratings*, Springer, 304 pp.

Roubine E. & Bolomey J.C. (1978), *Antennes - Tome I*, Masson, 2020 pp.

Tai C.T. (1994), *Dyadic Green Function in Electromagnetic Theory*, IEEE, 343 pp.

Outline

Partie I : Propagation des OEM

➤ Rayonnement de sources en espace libre

- rappels des équations de Maxwell et conditions d'application

- équations de Maxwell en régime harmonique

- relations de continuité

- équations de Helmholtz

- résolution des équations de propagation en espace libre en présence de sources

➤ OEM en présence d'obstacles

- Principe d'équivalence de Rayleigh-Gans et résolution des équations

➤ Diffraction par une surface

- plane infinie

- plane limitée

- non-plane

➤ Diffusion/absorption/émission par des particules

- principe de résolution

- solutions de Mie/limites optique géométrique

- approximation de Rayleigh-Gans

- Qabs/Qsca/Qext, paramètre d'assymétrie, fonction de phase

- conséquences et cas pratique

Partie II : interaction matière-ondes EM

➤ Modèles de Drude et Lorentz

➤ Modèle de Debye

➤ Relations de Kramers-Krönig

➤ Règles de mélange Maxwell-Garnett et Bruggemann

Eric Pantin is a senior researcher in astronomy at the Department of Astrophysics ([CEA](http://cea.fr), France). His research focuses on...

Acoustic Waves

Teacher: Didier Cassereau (didier.cassereau@espci.fr)

Summary: this lecture introduces the fundamentals of monochromatic and transitional propagation of acoustic waves in fluid media.

Organization: 4x3h lectures.

Books

Brekhovskikh L.M. (1980), *Waves in layered media*, Academic Press, 503 pp.

Brekhovskikh L.M., Goncharov V.V. (1985), *Mechanics of continua and wave dynamics*, Springer-Verlag, 342 pp.

Bruneau M. (1998), *Manuel d'acoustique fondamentale*, Hermes Science Publications, 576 pp.

Davis J.L. (1988), *Wave propagation in solids and fluids*, Springer-Verlag, 386 pp.

Filippi P., Collectif (1994), *Acoustique générale*, Editions de Physique, 371 pp.

Goodman J.W. (1968), *Introduction to Fourier optics*, McGraw-Hill, 287 pp.

Gordon S.K. (1987), *Acoustic waves: Devices, imaging, and analog signal processing*, Prentice Hall, 601 pp.

Guyader J.L. (2002), *Vibrations des milieux continus*, Hermes Science Publications, 445 pp.

Royer D., Dieulesaint E. (1999), *Ondes élastiques dans les solides. Tome 2 . Génération, interaction acousto-optique, applications*, Masson, 410 pp.

Outline

- Eléments d'acoustique physique : introduction, sources sonores, récepteurs, fréquence des ondes acoustiques, niveau sonore, vitesse de propagation, polarisation des ondes acoustiques, ondes acoustiques dans les milieux fluides, résolution de l'équation d'ondes à une dimension, impédance acoustique, propagation dans un espace à trois dimensions
- Réflexion et transmission des ondes acoustiques : introduction, systèmes linéaires et invariants par translation, réflexion d'une onde acoustique sur une paroi rigide, réflexion d'une onde acoustique sur une paroi molle, dioptrisme acoustique, approximation géométrique de la transmission, application au calcul de fronts d'onde, réflexion et transmission par deux interfaces parallèles
- Théorie du signal à deux dimensions : introduction, rappels, théorie du signal en acoustique, étude des exponentielles complexes
- Théorie scalaire de la diffraction : introduction, diffraction par un écran plan, diffraction transitoire
- Diffraction de Fresnel et Fraunhofer : introduction, premières approximations, approximation de Fresnel, approximation de Fraunhofer, exemples de diffraction de Fraunhofer
- Diffraction impulsionnelle par un piston circulaire : formalisme impulsionnel de la diffraction, application au cas du piston circulaire

Didier Cassereau is an assistant professor at "Ecole supérieure de physique et de chimie industrielles de la ville de Paris" ([ESPCI Paris](#)). His research focuses on the application of ultra-sound waves to medical imaging (in particular bone imaging), non-destructive material testing or the tactile manipulation of common materials.

Inverse Problem Theory

Teacher: Nobuaki Fuji (nobuaki@ipgp.fr)

Summary:

Organization: 3x3h lectures.

Books

Tarantola A. (2005), *Inverse problem theory and methods for model parameter estimation*, Siam, 342 pp.

Outline

➤

Nobuaki Fuji is an assistant professor at the university [Université de Paris](#) and researcher at the "Institut de physique du globe de Paris" ([IPGP](#)) in the "Sismologie" team. His research focuses on...