

### Bloc 3 : Equations de Maxwell

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>4.3. Equations de Maxwell</b>	
Principe de la conservation de la charge : formulation locale.	Etablir l'équation locale de la conservation de la charge en coordonnées cartésiennes dans le cas à une dimension.
Equations de Maxwell. : formulations locale et intégrale.	Associer l'équation de Maxwell-Faraday à la loi de Faraday. Citer, utiliser et interpréter les équations de Maxwell sous forme intégrale. Associer qualitativement le couplage spatio-temporel entre champ électrique et champ magnétique au phénomène de propagation. Vérifier la cohérence des équations de Maxwell avec l'équation locale de la conservation de la charge.
Equations de propagation des champs dans une région vide de charges et de courants.	Etablir les équations de propagation à partir des équations de Maxwell.
Cas des champs statiques : équations locales.	Etablir les lois locales des champs statiques à partir des équations de Maxwell.
Equation de Poisson et équation de Laplace de l'électrostatique.	Exprimer, par analogie, les équations de Poisson et de Laplace dans le cas de la gravitation.  <b>Capacité numérique :</b> à l'aide d'un langage de programmation, résoudre numériquement l'équation de Laplace, les conditions aux limites étant fixées.

### Bloc 4 : Energie du champ électromagnétique

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>4.4. Energie du champ électromagnétique</b>	
Force électromagnétique volumique. Puissance volumique cédée par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.	Etablir et utiliser l'expression de la puissance volumique cédée par le champ électromagnétique aux porteurs de charge.
Loi d'Ohm locale ; puissance volumique dissipée par effet Joule.	Analyser les aspects énergétiques dans le cas particulier d'un milieu ohmique.
Energie électromagnétique volumique. Vecteur de Poynting. Bilan d'énergie.	Citer des ordres de grandeur de flux énergétiques moyens (flux solaire, laser...) Utiliser le flux du vecteur de Poynting à travers une surface orientée pour évaluer la puissance rayonnée. Effectuer un bilan d'énergie sous forme locale et intégrale. Interpréter chaque terme de l'équation de Poynting, l'équation de Poynting étant fournie.

### Bloc 5 : Propagation et rayonnement

Notions et contenus	Capacités exigibles
<b>4.5. Propagation et rayonnement</b>	
Onde plane dans l'espace vide de charge et de courant ; onde plane progressive et aspects énergétiques	Citer les solutions de l'équation de d'Alembert à une dimension. Décrire la structure d'une onde plane et d'une onde plane progressive dans l'espace vide de charge et de courant.

Notions et contenus	Capacités exigibles
Onde plane progressive monochromatique. Relation de dispersion.	Expliquer le caractère idéal du modèle de l'onde plane monochromatique. Déterminer la relation de dispersion. Citer les domaines du spectre des ondes électromagnétiques et leur associer des applications. Exprimer le vecteur de Poynting et l'énergie électromagnétique volumique associés à une onde plane progressive monochromatique. Effectuer une étude énergétique dans le cas d'une onde plane monochromatique
Onde plane progressive monochromatique polarisée rectilignement ou circulairement.	Reconnaître une onde polarisée rectilignement ou circulairement.  <b>Utiliser des polariseurs et étudier quantitativement la loi de Malus.</b>
Onde plane transverse électrique monochromatique dans un plasma dilué. Conductivité complexe du milieu. Pulsation de coupure. Ondes évanescentes.	Exprimer la conductivité complexe et établir la relation de dispersion. Décrire le phénomène de dispersion. Relier la fréquence de coupure aux caractéristiques du plasma et citer son ordre de grandeur dans le cas de l'ionosphère. Distinguer qualitativement les ondes évanescentes et les ondes progressives du point de vue du transport de l'énergie.
Vitesse de phase, vitesse de groupe. Propagation d'un paquet d'ondes dans un milieu faiblement dispersif.	Calculer la vitesse de groupe à partir de la relation de dispersion. Associer la vitesse de groupe à la propagation de l'enveloppe du paquet d'ondes.
Propagation d'une onde électromagnétique dans un milieu ohmique en régime lentement variable. Effet de peau.	Etablir et interpréter l'expression de la grandeur caractéristique d'atténuation de l'onde électromagnétique dans un milieu ohmique.
Réflexion sous incidence normale d'une onde plane, progressive et monochromatique polarisée rectilignement sur un plan conducteur parfait. Onde stationnaire.	Etablir l'expression de l'onde réfléchie en exploitant les relations de passage fournies. Interpréter qualitativement la présence de courants localisés en surface. Reconnaître et caractériser une onde stationnaire.
Application aux cavités à une dimension. Mode d'ondes stationnaires	Etablir la condition de quantification des solutions.  <b>Mettre en œuvre un dispositif permettant d'étudier une onde électromagnétique, dans le domaine des ondes centimétriques.</b>
Champ électromagnétique rayonné par un dipôle oscillant dans la zone de rayonnement. Puissance rayonnée.	Justifier l'intérêt du modèle du dipôle oscillant et citer des exemples dans différents domaines. Formuler et commenter les approximations reliant les trois échelles de longueur pertinentes. Analyser la structure du champ électromagnétique rayonné, les expressions des champs étant fournies, en utilisant des arguments généraux : symétrie, conservation de l'énergie et analyse dimensionnelle. Effectuer un bilan énergétique, les expressions des champs étant fournies. Représenter l'indicatrice de rayonnement.  <b>Détecter une onde électromagnétique rayonnée.</b>
Diffusion d'une onde électromagnétique polarisée rectilignement par une molécule dans le cadre du modèle de la charge élastiquement liée. Structure de l'onde diffusée.	Déterminer les caractéristiques du dipôle induit en régime établi, par l'action de l'onde incidente sur la molécule. Identifier les domaines de résonances et de Rayleigh. Citer des illustrations de la diffusion d'une onde électromagnétique par le milieu.
Puissance diffusée en fonction de la fréquence. Résonance. Domaine de Rayleigh.	