

Thème1-2 Signaux électriques dans l'ARQS

- Charge électrique, intensité du courant.
Justifier que l'utilisation de grandeurs électriques continues est compatible avec la quantification de la charge électrique.
Exprimer l'intensité du courant électrique en termes de débit de charge.
Exprimer la condition d'application de l'ARQS en fonction de la taille du circuit et de la fréquence.
Relier la loi des nœuds au postulat de la conservation de la charge.
- Potentiel, référence de potentiel, tension.
Utiliser la loi des mailles.
- Puissance.
Algébriser les grandeurs électriques et utiliser les conventions récepteur et générateur.
Citer les ordres de grandeur des intensités et des tensions dans différents domaines d'application.
- Dipôles : résistances, condensateurs, bobines, sources décrites par un modèle linéaire.
Utiliser les relations entre l'intensité et la tension.
Citer des ordres de grandeurs des composants R , L et C .
Exprimer la puissance dissipée par effet Joule dans une résistance.
Exprimer l'énergie stockée dans un condensateur ou une bobine.
Modéliser une source en utilisant la représentation de Thévenin.
- Association de deux résistances.
Remplacer une association série ou parallèle de deux résistances par une résistance équivalente.
Établir et exploiter les relations des diviseurs de tension ou de courant.
- Résistance de sortie, résistance d'entrée.
Évaluer une résistance d'entrée ou de sortie à l'aide d'une notice ou

d'un appareil afin d'appréhender les conséquences de leurs valeurs sur le fonctionnement d'un circuit.

Étudier l'influence des résistances d'entrée ou de sortie sur le signal délivré par un GBF, sur la mesure effectuée par un oscilloscope ou un multimètre.

- Caractéristique d'un dipôle. Point de fonctionnement.
Étudier la caractéristique d'un dipôle pouvant être non-linéaire et mettre en œuvre un capteur dans un dispositif expérimental.

Thème1-3 Circuit linéaire du premier ordre

- Régime libre, réponse à un échelon de tension.
Distinguer, sur un relevé expérimental, régime transitoire et régime permanent au cours de l'évolution d'un système du premier ordre soumis à un échelon de tension.
Interpréter et utiliser la continuité de la tension aux bornes d'un condensateur ou de l'intensité du courant traversant une bobine.
Établir l'équation différentielle du premier ordre vérifiée par une grandeur électrique dans un circuit comportant une ou deux mailles.
Déterminer la réponse temporelle dans le cas d'un régime libre ou d'un échelon de tension.
Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire.
Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un circuit linéaire du premier ordre et analyser ses caractéristiques. Confronter les résultats expérimentaux aux expressions théoriques.
Capacité numérique : mettre en œuvre la méthode d'Euler à l'aide d'un langage de programmation pour simuler la réponse d'un système linéaire du premier ordre à une excitation de forme quelconque.

- Bilan énergétique, stockage et dissipation d'énergie.

Réaliser des bilans énergétiques.

Thème1-4 Oscillateurs libres et forcés

- Oscillateur harmonique. Exemples du circuit LC et de l'oscillateur mécanique.

Établir et reconnaître l'équation différentielle qui caractérise un oscillateur harmonique ; la résoudre compte tenu des conditions initiales.

Caractériser le mouvement en utilisant les notions d'amplitude, de phase, de période, de fréquence, de pulsation.

Réaliser un bilan énergétique.

- Circuit RLC série et oscillateur mécanique amorti par frottement visqueux.

Analyser, sur des relevés expérimentaux, l'évolution de la forme des régimes transitoires en fonction des paramètres caractéristiques.

Prévoir l'évolution du système à partir de considérations énergétiques.

Écrire sous forme canonique l'équation différentielle afin d'identifier la pulsation propre et le facteur de qualité.

Décrire la nature de la réponse en fonction de la valeur du facteur de qualité.

Déterminer la réponse détaillée dans le cas d'un régime libre ou d'un système soumis à un échelon en recherchant les racines du polynôme caractéristique.

Déterminer un ordre de grandeur de la durée du régime transitoire selon la valeur du facteur de qualité.

Mettre en évidence la similitude des comportements des oscillateurs mécanique et électronique.

Réaliser l'acquisition d'un régime transitoire pour un système linéaire du deuxième ordre et analyser ses caractéristiques.

- Stockage et dissipation d'énergie.

Réaliser un bilan énergétique.

- Impédances complexes.

Établir et connaître l'impédance d'une résistance, d'un condensateur, d'une bobine.

- Association de deux impédances.

Remplacer une association série ou parallèle de deux impédances par une impédance équivalente.

- Oscillateur électrique ou mécanique soumis à une excitation sinusoïdale. Résonance.

Utiliser la représentation complexe pour étudier le régime forcé.

Relier l'acuité d'une résonance au facteur de qualité.

Déterminer la pulsation propre et le facteur de qualité à partir de graphes expérimentaux d'amplitude et de phase.

Mettre en œuvre un dispositif expérimental visant à caractériser un phénomène de résonance.

Mettre en œuvre une démarche expérimentale visant à caractériser des régimes transitoires du premier ou du second ordre (flash, sismomètre, etc.).

Thème1-5 Filtrage linéaire

- Signaux périodiques.

Analyser la décomposition fournie d'un signal périodique en une somme de fonctions sinusoïdales.

Définir la valeur moyenne et la valeur efficace d'un signal.

Établir par le calcul la valeur efficace d'un signal sinusoïdal.

Interpréter le fait que le carré de la valeur efficace d'un signal périodique est égal à la somme des carrés des valeurs efficaces de ses harmoniques.

- Fonction de transfert harmonique. Diagramme de Bode.

Tracer le diagramme de Bode (amplitude et phase) associé à une fonction de transfert d'ordre 1.

Utiliser une fonction de transfert donnée d'ordre 1 ou 2 et ses représentations graphiques pour conduire l'étude de la réponse d'un système linéaire à une excitation sinusoïdale, à une somme finie d'excitations sinusoïdales, à un signal périodique.

Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.

Utiliser les échelles logarithmiques et interpréter les zones rectilignes des diagrammes de Bode d'après l'expression de la fonction de transfert. **Mettre en œuvre un dispositif expérimental illustrant l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.**

- Modèles de filtres passifs : passe-bas et passe-haut d'ordre 1, passe-bas et passe-bande d'ordre 2.

Choisir un modèle de filtre en fonction d'un cahier des charges.

Expliciter les conditions d'utilisation d'un filtre en tant que moyenneur, intégrateur, ou dérivateur.

Expliquer l'intérêt, pour garantir leur fonctionnement lors de mises en cascade, de réaliser des filtres de tension de faible impédance de sortie et forte impédance d'entrée.

Expliquer la nature du filtrage introduit par un dispositif mécanique (sismomètre, amortisseur, accéléromètre, etc.).

Étudier le filtrage linéaire d'un signal non sinusoïdal à partir d'une analyse spectrale.

Détecter le caractère non linéaire d'un système par l'apparition de nouvelles fréquences.

Capacité numérique : simuler, à l'aide d'un langage de programmation, l'action d'un filtre sur un signal périodique dont le spectre est fourni. Mettre en

évidence l'influence des caractéristiques du filtre sur l'opération de filtrage.

- Filtres actifs en électronique. Modèle de l'ALI idéal en régime linéaire. Identifier la présence d'une rétroaction sur la borne inverseuse comme un indice de fonctionnement en régime linéaire. Établir la relation entrée-sortie des montages non inverseur, suiveur, inverseur, intégrateur. Déterminer les impédances d'entrée de ces montages. **Mettre en œuvre un filtre actif.**

PC*

2-Elec **Production, acquisition et traitement d'un signal électrique.**

- Oscillateur quasi-sinusoïdal réalisé en bouclant un filtre passe-bande du deuxième ordre avec un amplificateur. **Mettre en œuvre un oscillateur quasi-sinusoïdal et analyser les spectres des signaux générés.**
- Échantillonnage. **Expliquer l'influence de la fréquence d'échantillonnage.**
- Condition de Nyquist-Shannon. **Utiliser la condition de Nyquist-Shannon. Mettre en évidence le phénomène de repliement de spectre au moyen d'un oscilloscope numérique ou d'une acquisition numérique.**
- Détection synchrone. **Mettre en œuvre un protocole de détection synchrone.**

PCSI

Thème1-7Induc-1 **Champ magnétique**

- Sources de champ magnétique ; cartes de champ.

Exploiter une représentation graphique d'un champ vectoriel, identifier les zones de champ uniforme, de champ faible, et l'emplacement des sources.

Tracer l'allure des cartes de champs magnétiques pour un aimant droit, une spire circulaire et une bobine longue.

Décrire un dispositif permettant de réaliser un champ magnétique quasi uniforme.

Citer des ordres de grandeur de champs magnétiques : au voisinage d'aimants, dans un appareil d'IRM, dans le cas du champ magnétique terrestre.

- Symétries et invariances des distributions de courant.

Exploiter les propriétés de symétrie et d'invariance des sources pour prévoir des propriétés du champ créé.

- Lien entre le champ magnétique et l'intensité du courant.

Évaluer l'ordre de grandeur d'un champ magnétique à partir d'**expressions fournies**.

Orienter le champ magnétique créé par une bobine « infinie » et connaître son expression.

- Moment magnétique.

Définir le moment magnétique associé à une boucle de courant plane.

Associer à un aimant un moment magnétique par analogie avec une boucle de courant.

Citer un ordre de grandeur du moment magnétique associé à un aimant usuel.

Thème1-7Induc-2 **Actions d'un champ magnétique**

- Densité linéique de la force de Laplace dans le cas d'un élément de courant filiforme.

Différencier le champ magnétique extérieur subi du champ magnétique propre créé par le courant d'un élément de courant filiforme.

- Résultante et puissance des forces de Laplace s'exerçant sur une barre conductrice en translation rectiligne sur deux rails parallèles (rails de Laplace) dans un champ magnétique extérieur uniforme, stationnaire et orthogonal à la barre.

Établir et citer l'expression de la résultante des forces de Laplace dans le cas d'une barre conductrice placée dans un champ magnétique extérieur uniforme et stationnaire.

Exprimer la puissance des forces de Laplace.

- Couple et puissance des actions mécaniques de Laplace dans le cas d'une spire rectangulaire, parcourue par un courant, en rotation autour d'un axe de symétrie de la spire passant par les deux milieux de côtés opposés et placée dans un champ magnétique extérieur uniforme et stationnaire orthogonal à l'axe.

Établir et exploiter l'expression du moment du couple subi en fonction du champ magnétique extérieur et du moment magnétique de la spire rectangulaire.

Exprimer la puissance des actions mécaniques de Laplace.

- Action d'un champ magnétique extérieur uniforme sur un aimant.
- Positions d'équilibre et stabilité.

Mettre en œuvre un dispositif expérimental pour étudier l'action d'un champ magnétique uniforme sur une boussole.

- Effet moteur d'un champ magnétique tournant.

Créer un champ magnétique tournant à l'aide de deux ou trois

bobines et mettre en rotation une aiguille aimantée.**Thème1-7Induc-3 Lois de l'induction**

- Flux d'un champ magnétique : flux d'un champ magnétique à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté.

Évaluer le flux d'un champ magnétique uniforme à travers une surface s'appuyant sur un contour fermé orienté plan.

- Loi de Faraday : Courant induit par le déplacement relatif d'une boucle conductrice par rapport à un aimant ou un circuit inducteur. Sens du courant induit.

Décrire, mettre en œuvre et interpréter des expériences illustrant les lois de Lenz et de Faraday.

- Loi de modération de Lenz.

Utiliser la loi de Lenz pour prédire ou interpréter les phénomènes physiques observés.

- Force électromotrice induite, loi de Faraday.

Utiliser la loi de Faraday en précisant les conventions d'algébrisation.

Thème1-7Induc-4 Circuit fixe dans un champ magnétique qui dépend du temps

- Auto-induction : flux propre et inductance propre.

Différencier le flux propre des flux extérieurs.

Utiliser la loi de modération de Lenz.

Évaluer et connaître l'ordre de grandeur de l'inductance propre d'une bobine de grande longueur, le champ magnétique créé par une bobine infinie étant donné.

Mesurer la valeur de l'inductance propre d'une bobine.

- Étude énergétique.

Réaliser un bilan de puissance et d'énergie dans un système siège d'un phénomène d'auto-induction en s'appuyant sur un schéma électrique équivalent.

- Cas de deux bobines en interaction : inductance mutuelle entre deux bobines.

Déterminer l'inductance mutuelle entre deux bobines de même axe de grande longueur en « influence totale ».

Mesurer la valeur de l'inductance mutuelle entre deux bobines et étudier l'influence de la géométrie.

- Circuits électriques à une maille couplés par le phénomène de mutuelle induction en régime sinusoïdal forcé.

Citer des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.

Établir le système d'équations en régime sinusoïdal forcé en s'appuyant sur des schémas électriques équivalents.

- Transformateur de tension.

Établir la loi des tensions.

- Étude énergétique.

Réaliser un bilan de puissance et d'énergie.

Thème1-7Induc-5 Circuit mobile dans un champ magnétique stationnaire

- Conversion de puissance mécanique en puissance électrique. .

Rail de Laplace.

Spire rectangulaire soumise à un champ magnétique extérieur uniforme et en rotation uniforme autour d'un axe fixe orthogonal au champ magnétique.

Interpréter qualitativement les phénomènes observés.

Écrire les équations électrique et mécanique en précisant les conventions de signe.

Effectuer un bilan énergétique.

Citer des applications dans le domaine de l'industrie ou de la vie courante.

- Freinage par induction.

Expliquer l'origine des courants de Foucault et en connaître des exemples d'utilisation.

Mettre en évidence qualitativement les courants de Foucault.

- Conversion de puissance électrique en puissance mécanique.

Moteur à courant continu à entrefer plan.

Analyser le fonctionnement du moteur à courant continu à entrefer plan en s'appuyant sur la configuration des rails de Laplace.

Citer des exemples d'utilisation du moteur à courant continu.

PC*

5-EM1 Sources de champ électromagnétique

- Densité volumique de charges. Charge traversant un élément de surface fixe et vecteur densité de courant. Intensité du courant.

Exprimer la densité volumique de charge et le vecteur densité de courant en fonction de la vitesse moyenne des porteurs de charge, de leur charge et de leur densité volumique.

Relier l'intensité du courant et le flux du vecteur densité de courant.

- Équation locale de conservation de la charge.

Établir l'équation traduisant la conservation de la charge dans le seul cas d'un problème unidimensionnel en géométrie cartésienne.

Citer et utiliser une généralisation (admise) en géométrie quelconque utilisant l'opérateur divergence, son expression étant fournie.

Exploiter le caractère conservatif du vecteur en régime stationnaire ; relier ces propriétés aux lois usuelles de l'électrocinétique.

- Loi d'Ohm locale. Conductivité électrique.

Établir l'expression de la conductivité électrique à l'aide d'un modèle microscopique, l'action de l'agitation thermique et des défauts du réseau étant décrite par une force de frottement fluide linéaire.

Discuter de l'influence de la fréquence sur la conductivité électrique.

Établir l'expression de la résistance d'une portion de conducteur filiforme.—

- Effet Hall.

Interpréter qualitativement l'effet Hall dans une géométrie parallélépipédique.

- Effet thermique du courant électrique : loi de Joule locale.

Exprimer la puissance volumique dissipée par effet Joule dans un conducteur ohmique.

5-EM2 Électrostatique

- Loi de Coulomb.

Champ et potentiel électrostatiques créés par une charge ponctuelle. Principe de superposition.

Exprimer le champ électrostatique et le potentiel créés par une distribution discrète de charges.

Citer quelques ordres de grandeur de champs électrostatiques.

- Propriétés du champ électrostatique

Symétries

Exploiter les propriétés de symétrie des sources (translation, rotation, symétrie plane, conjugaison de charges) pour prévoir des propriétés du champ

créé.

- Circulation du champ électrostatique.
Potentiel électrostatique. Équations locales.
Relier l'existence d'un potentiel électrostatique à la nullité du rotationnel du vecteur champ électrostatique.
Justifier l'orthogonalité des lignes de champ avec les surfaces équipotentielles et leur orientation dans le sens des potentiels décroissants.
- Théorème de Gauss et équation locale de Maxwell-Gauss.
Choisir une surface adaptée et utiliser le théorème de Gauss.
- Lignes de champ électrostatique.
Équipotentielles.
Justifier qu'une carte de lignes de champs puisse ou non être celle d'un champ électrostatique.
Repérer, sur une carte de champ électrostatique, d'éventuelles sources du champ et leur signe.
Associer l'évolution de la norme du champ électrostatique à l'évasement des tubes de champ loin des sources.
Relier équipotentielles et lignes de champ électrostatique.
Évaluer le champ électrique à partir d'un réseau de lignes équipotentielles.
- Plan infini uniformément chargé en surface.
Établir l'expression du champ créé.
- Condensateur plan. Capacité.
Densité volumique d'énergie électrostatique.
Établir l'expression du champ créé par un condensateur plan.
Déterminer l'expression de la capacité d'un condensateur plan.
Citer l'ordre de grandeur du champ disruptif dans l'air.
Déterminer l'expression de la densité volumique d'énergie électrostatique dans le cas du condensateur plan à partir de celle de l'énergie du condensateur..

- Énergie de constitution d'un noyau atomique modélisé par une boule uniformément chargée.
Exprimer l'énergie de constitution d'un noyau en construisant le noyau par adjonction progressive de charges apportées de l'infini.
- Analogies entre champ électrostatique et champ gravitationnel.
Utiliser les analogies entre les forces électrostatique et gravitationnelle pour en déduire des propriétés des champs.

4-EM2bis **Dipôle électrostatique**

- Dipôle électrostatique. Moment dipolaire.
citer les conditions de l'approximation dipolaire.
- Potentiel et champ créés par un dipôle.
Établir l'expression du potentiel électrostatique.
Comparer la décroissance du champ et du potentiel avec la distance dans le cas d'une charge ponctuelle et dans le cas d'un dipôle.
Tracer l'allure des lignes de champ électrostatique engendrées par un dipôle.
- Actions subies par un dipôle placé dans un champ électrostatique d'origine extérieure : résultante et moment.
Utiliser les expressions fournies de la résultante et du moment des actions subies par un dipôle placé dans un champ électrostatique d'origine extérieure..
- Énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
Utiliser l'expression fournie de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ électrostatique d'origine extérieure.
- Interactions ion-molécule et molécule-molécule.
Expliquer qualitativement la solvatation des ions dans un solvant polaire.

- Dipôle induit. Polarisabilité.

Associer la polarisabilité et le volume de l'atome en ordre de grandeur.

5-EM3 Magnétostatique

- Équations locales de la magnétostatique et formes intégrales : flux conservatif et théorème d'Ampère.
Choisir un contour, une surface et les orienter pour appliquer le théorème d'Ampère.
- Linéarité des équations.
Utiliser une méthode de superposition.
- Propriétés de symétrie.
Exploiter les propriétés de symétrie des sources (rotation, symétrie plane, conjugaison de charges) pour prévoir des propriétés du champ créé.
- Propriétés topographiques.
Justifier qu'une carte de lignes de champs puisse ou non être celle d'un champ magnétostatique.
Repérer, sur une carte de champ magnétostatique, d'éventuelles sources du champ et leur sens.
Associer l'évolution de la norme d'un champ magnétique à l'évasement des tubes de champ.
- Modèle du câble rectiligne « infini ».
Déterminer le champ créé par un câble rectiligne infini.
- Solénoïde long sans effets de bords.
Établir et citer l'expression du champ à l'intérieur d'un solénoïde long, la nullité du champ extérieur étant admise.
- Inductance propre.
Densité volumique d'énergie magnétique.

Établir les expressions de l'inductance propre et de l'énergie d'une bobine modélisée par un solénoïde long.

Associer cette énergie à une densité d'énergie volumique.

5-EM3bis Dipôles magnétostatiques

- Moment magnétique d'une boucle de courant plane.
Relier le moment magnétique d'un atome d'hydrogène à son moment cinétique.
- Rapport gyromagnétique de l'électron.
Magnéton de Bohr.
Construire en ordre de grandeur le magnéton de Bohr par analyse dimensionnelle.
Évaluer l'ordre de grandeur maximal du moment magnétique volumique d'un aimant permanent.
- Actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure : résultante et moment.
Utiliser les expressions fournies de la résultante et du moment des actions subies par un dipôle magnétique placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.
Décrire l'expérience de Stern et Gerlach et expliquer ses enjeux.
- Énergie potentielle d'un dipôle magnétique rigide placé dans un champ magnétostatique d'origine extérieure. Utiliser l'expression fournie de l'énergie potentielle d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.
Prévoir qualitativement l'évolution d'un dipôle rigide dans un champ magnétostatique d'origine extérieure.

5-EM4 Équations de Maxwell

- Postulats de l'électromagnétisme : Force de Lorentz. Équations locales de Maxwell. Formes intégrales. Utiliser les équations de Maxwell sous forme locale ou intégrale.
Relier l'équation de Maxwell-Faraday et la loi de Faraday.
Établir l'équation locale de la conservation de la charge à partir des équations de Maxwell.
Utiliser une méthode de superposition.
Mettre en œuvre un dispositif expérimental utilisant des capteurs inductifs.
- Aspects énergétiques :
Vecteur de Poynting. Densité volumique d'énergie électromagnétique.
Équation locale de Poynting.
Utiliser les grandeurs énergétiques pour conduire des bilans d'énergie électromagnétique.
Associer le vecteur de Poynting et l'intensité lumineuse utilisée dans le domaine de l'optique.
- Équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide.
Établir les équations de propagation des champs électrique et magnétique dans le vide.
Expliquer le caractère non instantané des interactions électromagnétiques.
- ARQS magnétique.
Discuter l'approximation des régimes quasi-stationnaires.
Simplifier et utiliser les équations de Maxwell et l'équation de conservation de la charge dans l'ARQS.
Étendre le domaine de validité des expressions des champs magnétiques obtenues en régime stationnaire.