

Arriver sereinement aux concours *Savoirs et savoir-faire*

Partie 1 – Éléments de traitement du signal

1) Réponse harmonique d'un système linéaire

- Calcul de la valeur moyenne d'un signal, de sa valeur efficace.
- Rôle des harmoniques de fréquence faible/élevée dans la forme du signal.
- Décroissance de l'amplitude des harmoniques en fonction de l'ordre pour un signal créneau/triangle.
- Reconnaître les caractéristiques d'un filtre (fonction de transfert ou diagramme de Bode donné).
- Expliciter les conditions pour obtenir un comportement intégrateur ou dérivateur d'un filtre.

2) Électronique numérique (expérimental)

- Réaliser l'échantillonnage d'un signal : choisir la fréquence d'échantillonnage afin de respecter la condition de Nyquist-Shannon et commenter la structure du spectre du signal obtenu après échantillonnage.
- Mettre en évidence le phénomène de repliement de spectre au moyen d'un oscilloscope numérique ou d'un logiciel de calcul numérique.
- Mettre en œuvre un convertisseur analogique/numérique et un traitement numérique afin de réaliser un filtre passe-bas.
- Utiliser un convertisseur numérique/analogique pour restituer un signal analogique.

Partie 2 – Thermodynamique

1) Éléments de thermodynamique statistique

- Établir la variation de la pression avec l'altitude dans l'hypothèse d'une atmosphère isotherme
- Fonction de partition pour un système à spectre discret d'énergie
- Probabilité d'occupation d'un état (spectre discret)
- Énergie moyenne et écart-carré énergétique d'un système, lien avec la fonction de partition
- Capacités thermiques des gaz et des solides, loi de Dulong et Petit (démonstrations non demandées)
- Équipartition de l'énergie

2) Systèmes ouverts en régime stationnaire

- Formulation des principes de la thermodynamique pour un système fermé subissant une transformation élémentaire
- Formulation et démonstration des principes de la thermodynamique pour un système ouvert en régime stationnaire (écoulement unidimensionnel)
- Diagramme thermodynamique (P, h) : tracé des frontières, identification des réseaux de courbes, lien avec les principes

3) Transferts thermiques

- Vecteur densité de courant thermique, lien avec le flux thermique
- Loi de Fourier (interprétation, limites, ordre de grandeur de conductivités thermiques)
- Loi de Newton à l'interface solide-fluide.
- Bilan local d'énergie interne pour un solide dans le cas d'une situation à une variable d'espace en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique
- Équation de la diffusion thermique (avec ou sans terme source, généralisation avec le laplacien)
- Coefficient de diffusion (ordre de grandeur, analyse en terme de temps et de longueur caractéristique de diffusion)
- Régime stationnaire, résistance thermique (analogie électrocinétique, loi d'association)

Partie 3 – Thermochimie

1) Thermodynamique de la transformation chimique

- État standard, état standard de référence
- Justifier que l'enthalpie libre G est le potentiel thermodynamique adapté pour les transformations spontanées isothermes et isobares, donner l'expression de la différentielle de G
- Grandeurs molaires partielles, relation d'Euler
- Définition du potentiel chimique à l'aide de G , expression en fonction du potentiel chimique standard et de l'activité
- Grandeurs de réaction, grandeurs standard de réaction, loi de Hess
- Enthalpie standard de réaction (formation, changement d'état)
- Retrouver la relation entre les transferts thermiques et l'enthalpie standard de réaction dans le cas d'une transformation isobare isotherme, commentaire.
- Entropie standard de réaction (changement d'état, prévision du signe)
- Enthalpie libre de réaction
- Manipulation des grandeurs de réaction : lois de Kirchoff, approximation d'Ellingham

2) Évolution et équilibre chimique

- Lien entre création d'entropie et enthalpie libre de réaction lors d'une transformation d'un système physico-chimique à P et T fixées
- Relation entre constante thermodynamique d'équilibre K^0 et enthalpie libre standard de réaction, combinaison de réactions
- Condition d'évolution à P et T fixées d'un système physico-chimique à l'aide $\Delta_r G$ ou de Q_r et K^0
- Relation de Van't Hoff, détermination de la valeur de K^0 à une température quelconque
- Déterminer la composition chimique d'un système dans l'état final (équilibre \neq transformation totale)
- Paramètres d'influence d'un équilibre chimique
- Optimisation d'un procédé chimique

Partie 4 – Électromagnétisme

1) Électrostatique

- Loi de Coulomb, champ et potentiel électrostatique créés par une charge ponctuelle, principe de superposition
- Relation $\vec{E}(M) = -\overrightarrow{\text{grad}}V(M)$, conséquences sur la circulation de \vec{E}
- Propriétés de symétries et invariances du champ électrostatique, exemples
- Définitions et propriétés des lignes de champ et surfaces équipotentielles
- Flux du champ électrostatique et théorème de Gauss
- Exemples de calcul de champ :
 - boule uniformément chargée en volume
 - cylindre uniformément chargé en volume
 - plan uniformément chargé en surface, application au condensateur plan
- Analogie gravitationnelle
- Dipôle électrostatique : définition, moment dipolaire, approximation dipolaire, potentiel créé, application d'un champ extérieur constant (résultante, moment, énergie potentielle d'interaction)

2) Magnétostatique

- Vecteur densité de courant électrique $\vec{j} = nq\vec{v}$, lien avec l'intensité du courant
- Propriétés de symétries et invariances du champ magnétostatique, exemples
- Définitions et propriétés des lignes de champ magnétostatique, tube de champ
- Flux et circulation du champ magnétostatique, théorème d'Ampère
- Exemples de calcul de champ : fil infini, solénoïde infini
- Dipôle magnétostatique : définition, moment dipolaire magnétique, approximation dipolaire, effets qualitatifs d'un champ extérieur

3) Équations de Maxwell

- Établir l'équation locale de conservation de la charge
- Théorèmes de Green-Ostrogradski et Stokes (non démontrés)
- Énoncé des équations de Maxwell, lien entre les formulations intégrales et locales
- Établir les équations de Poisson et de Laplace pour le potentiel électrostatique
- Établir les équations de propagation des champs \vec{E} et \vec{B} dans le vide
- Aspects énergétiques :
 - Densité volumique de force EM, puissance volumique cédée aux charges
 - loi d'Ohm locale, densité volumique de puissance Joule
 - Densité volumique d'énergie électromagnétique
 - Vecteur de Poynting (signification de son flux, définition à partir de \vec{E} et \vec{B})
 - Bilan d'énergie électromagnétique (équation locale de Poynting non exigible)

4) Ondes électromagnétiques dans le vide

- Établir l'équation de d'Alembert pour les champs électrique et magnétique
- Donner la forme des solutions en 1D
- Décrire la structure d'une onde plane et d'une onde plane progressive dans le vide
- Forme des ondes planes progressives harmoniques (monochromatiques)
- Pulsation/fréquence/période spatiale ou temporelle d'une onde, vecteur d'onde
- Spectre électromagnétique, donner des ordres de grandeur et citer des applications
- Polarisation rectiligne des OPPH électromagnétiques

5) Ondes électromagnétiques dans les milieux dispersifs

- Modèle microscopique du plasma peu dense, expression de la densité volumique de courant et de la conductivité
- Propagation d'une OPPH dans un plasma, relation de dispersion
- Vitesse de phase, vitesse de groupe, interprétations

6) Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs

- Modélisation d'un conducteur (ajout d'une force de frottement fluide)
- Établir l'expression de la densité volumique de courant et de la conductivité
- Équation de propagation des champs en **régime lentement variable**, relation de dispersion
- Expression de l'épaisseur de peau, effet de peau, limite du conducteur parfait (courants surfaciques)
- Réflexion sur un métal conducteur parfait (relations de passage non exigibles), onde stationnaire
- Onde EM dans une cavité 1D, expression des champs, modes, aspects énergétiques

7) Rayonnement dipolaire électrique

- Approximations : non-relativiste, dipolaire, zone de rayonnement
- Forme des champs (symétries, invariances), relation de structure
- Indicatrice de rayonnement
- Aspects énergétiques (champs fournis) : Poynting, puissance rayonnée

Partie 5 – Électrochimie

1) Cinétique électrochimique

- Rappels d'oxydoréduction de MPSI (couples Ox/Red, demi-équations, loi de Nernst, diagrammes $E-pH$).
- Lien entre vitesse de réaction et intensité du courant
- Description du montage à trois électrodes permettant le tracé des courbes courant-potentiel
- Courbes courant-potentiel :
 - Branche anodique/cathodique, nature des réactions
 - identifier un système rapide ou lent
 - courant limite de diffusion et paramètres d'influence
 - mur du solvant
 - vagues successives

2) Phénomènes de corrosion humide

- Thermodynamique de la corrosion uniforme : domaines de corrosion, passivation, immunité.
- Cinétique de la corrosion uniforme : potentiel de corrosion, intensité de corrosion, facteurs aggravants
- Corrosion différentielle par hétérogénéité du support ou du milieu (écrouissage, contact entre deux métaux, aération différentielle)
- Protection contre la corrosion (revêtement, anode sacrificielle, passivation, courant imposé)

3) Conversion et stockage d'énergie électrochimique

- Établir que $dG \leq W_e$ pour tout convertisseur électrochimique (rappeler les hypothèses)
- Étude des piles (ou décharge d'accumulateurs) :
 - Citer la relation $\Delta_r G = -n\mathcal{F}e \leq -n\mathcal{F}U \leq 0$
 - Définir la capacité d'une pile, son rendement
 - Schéma électrique équivalent, paramètres influençant la résistance interne, courant de court circuit
- Étude des électrolyseurs (ou recharge d'accumulateurs) :
 - Citer la relation $0 \leq \Delta_r G = n\mathcal{F}e \leq n\mathcal{F}U$
 - Schéma électrique équivalent

Partie 6 – Optique**1) Modèle scalaire des ondes lumineuses, notion d'interférences**

- Modèle scalaire, vibration lumineuse, intensité lumineuse
- Capteurs lumineux, ordre de grandeur de temps de réponse
- Modèles d'émission des ondes lumineuses :
 - relation $\tau_c \Delta\nu \sim 1$ entre le temps de cohérence et la largeur spectrale fréquentielle
 - relation $\ell_c \Delta\lambda \sim \lambda_0^2$ entre la longueur de cohérence et les propriétés du spectre
- Chemin optique, expression du retard de phase dû à la propagation
- Surfaces d'ondes, théorème de Malus, propriété : le chemin optique entre deux points conjugués ne dépend pas du chemin suivi
- Conditions d'interférences, établissement de la formule de Fresnel, contraste

2) Interférométrie par division du front d'onde : fentes d'Young

- Champ d'interférences, interférences non localisées
- Calcul de la différence de marche, déphasage, ordre d'interférence
- Figure d'interférence : franges, interfrange
- Perte de contraste par élargissement spatial de la source, critère $|\Delta p| < 1/2$ pour conserver les interférences (bonne cohérence spatiale)
- Perte de contraste par élargissement spectral de la source, critère $|\Delta p| < 1/2$ pour conserver les interférences (bonne cohérence temporelle)
- Interférences à N ondes : formule fondamentale des réseaux, intensité résultante, largeur des pics.

3) Interférométrie par division d'amplitude : Michelson

- Composition d'un michelson, séparatrice-compensatrice, schémas
- Configuration en lame d'air :
 - Conditions d'éclairage et d'observations
 - Calcul de la différence de marche
 - Intensité résultante, ordre d'interférence
 - Forme de la figure, rayon des anneaux
- Configuration en coin d'air :
 - Conditions d'éclairage et d'observations
 - Ordre d'interférence (différence de marche admise)
 - Forme de la figure, interfrange

Partie 7 – Mécanique

1) Lois du frottement solide (glissement pour un solide en translation)

- Lois de Coulomb du frottement
- Aspect énergétique (travail et puissance des forces de frottements)

2) Changements de référentiels en mécanique classique (cinématique)

- Définir et différencier des mouvements de translation et de rotation autour d'un axe fixe
- Composition des vitesses et des accélérations dans le cas d'un référentiel :
 - en translation quelconque par rapport à un référentiel absolu
 - en rotation uniforme autour d'un axe fixe d'un référentiel absolu
- Vitesse d'entraînement, accélérations d'entraînement et de Coriolis
- Notion de point coïncidant

3) Dynamique en référentiel non-galiléen

- Définition des référentiels "classiques" (terrestre, géocentrique, de Kepler et de Copernic)
- Lois de la dynamique en référentiel non-galiléen :
 - principe fondamental de la dynamique (définition des forces d'inerties) + démonstration
 - théorème du moment cinétique + démonstration
 - théorème de l'énergie cinétique + démonstration
 - aspects énergétiques des forces d'inerties (puissance, travail, énergie potentielle associée le cas échéant)
- Conséquences du caractère non-galiléen du référentiel terrestre : définition du champ de pesanteur, différents phénomènes de déviation (qualitatif)

Partie 8 – Mécanique quantique

- Relations de Planck–Einstein et de De Broglie, interprétations
- Définition de la fonction d’onde et interprétation, notion de densité de probabilité de présence
- Analyse en ordre de grandeur pour déterminer si un système se comporte de manière classique ou quantique
- Équation de Schrödinger dépendante du temps, propriétés
- Séparation des variables puis obtention de l’équation de Schrödinger stationnaire
- Principes d’incertitude d’Heisenberg et interprétations
- Cas d’une particule libre :
 - Forme de la fonction d’onde, problématique de la normalisation
 - Notion de paquet d’onde, lien avec l’inégalité d’Heisenberg
 - Définition du vecteur densité de courant de probabilité
- Particule dans un potentiel constant par morceaux :
 - Résolution dans le cas du puits de potentiel infini, interprétation
 - Résolution dans le cas d’une marche de potentiel (probabilité de transmission, de réflexion, onde évanescence, lien avec la mécanique classique)
 - Description qualitative dans le cas de la barrière de potentiel (influence de la hauteur ou de la largeur de la barrière, applications)
- Décrire un état non-stationnaire d’un système, expliquer l’évolution temporelle de cet état.
- Particule placé dans un puits de potentiel infini : expression de la densité de probabilité de présence de la particule dans le cas d’une superposition de deux états stationnaires, interprétation.