

Arriver sereinement aux concours *Savoirs et savoir-faire*

Partie 1 – Éléments de traitement du signal

1) Réponse harmonique d'un système linéaire (S1)

- Calculer la valeur moyenne d'un signal donné ainsi que sa valeur efficace (sinusoïde, triangle, créneau symétrique ou asymétrique, scie, ...)
- Expliquer le rôle des harmoniques de fréquence faible/élevée dans la forme du signal
- Décrire et interpréter la 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)
- Expliquer soigneusement le principe de la détermination du signal en sortie d'un filtre alimenté par un signal périodique. On prendra un filtre de fonction de transfert H quelconque et un signal d'entrée de pulsation fondamentale ω_f .
- Expliciter les conditions pour obtenir un comportement intégrateur ou dérivateur d'un filtre

2) Électronique numérique (S2, 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 (T1)

- Établir la variation de la pression avec l'altitude dans l'hypothèse d'une atmosphère isotherme
- Définir la fonction de partition pour un système à spectre discret d'énergie, exemples
- Définir la probabilité d'occupation d'un état (spectre discret), cas des systèmes isolés ou non. Loi de Boltzmann.
- Définir la population d'un état d'énergie donné. Comparer les populations de deux états, limites hautes et basses températures
- Définir l'énergie moyenne et l'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)
- Énoncer le théorème d'équipartition de l'énergie. Application à la détermination de la capacité thermique à volume constant d'un gaz parfait diatomique.

2) Systèmes ouverts en régime stationnaire (T2)

- 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 $(\ln(P), h)$: tracé des frontières, identification des réseaux de courbes, lien avec les principes

3) Transferts thermiques (T3)

- Définir le vecteur densité de courant thermique, lien avec le flux thermique
- Loi de Fourier (énoncé, interprétation, limites, ordre de grandeur de conductivités thermiques)
- Loi de Newton à l'interface solide-fluide (énoncé, schéma, ordre de grandeur de coefficients conducto-convectifs)
- Effectuer un 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
- Retrouver l'équation de la diffusion thermique dans le cas d'une situation à une variable d'espace en géométrie cartésienne, cylindrique ou sphérique (avec ou sans terme source, généralisation avec le laplacien)
- Définir le coefficient de diffusion (expression dans le cas d'un solide, ordre de grandeur, analyse en terme de temps et de longueur caractéristique de diffusion)
- Régime stationnaire, résistance thermique (définition, analogie électrocinétique, loi d'association)

Partie 3 – Thermochimie

1) Thermodynamique de la transformation chimique (TC1)

- Définir l'état standard puis l'état standard de référence, donner des exemples
- Justifier que l'enthalpie libre est le potentiel thermodynamique adapté pour les transformations spontanées isothermes et isobares, donner l'expression de sa différentielle
- Définir les grandeurs molaires partielles, énoncer la relation d'Euler
- Définir le potentiel chimique à l'aide de l'enthalpie libre, l'exprimer en fonction du potentiel chimique standard et de l'activité
- Définir les grandeurs de réaction puis les grandeurs standard de réaction, énoncer la loi de Hess
- Retrouver la relation entre les transferts thermiques et l'enthalpie standard de réaction dans le cas d'une transformation isobare et isotherme, commentaire.
- Enthalpie et entropie standard de réaction : cas de la formation d'un composé, lien entre les deux lors d'un changement d'état, prévision du signe
- Manipulation des grandeurs de réaction : lois de Kirchoff, approximation d'Ellingham
- Énoncer les relations donnant les dérivées par rapport à la température de $\Delta_r H^\circ$ et $\Delta_r S^\circ$ (relations de Kirchoff). En déduire les dérivées par rapport à la température de $\Delta_r G^\circ$ et $\frac{\Delta_r G^\circ}{T}$. Faire les commentaires qui s'imposent.

2) Évolution et équilibre chimique (TC2)

- Établir le lien entre la création d'entropie et l'enthalpie libre de réaction lors d'une transformation d'un système physico-chimique à P et T fixées
- Donner la relation entre la constante thermodynamique d'équilibre K° et l'enthalpie libre standard de réaction, combinaison de réactions
- Énoncer la condition d'évolution d'un système physico-chimique à P et T fixées à l'aide de $\Delta_r G$ ou de Q_r et K^0
- Énoncer la relation de Van't Hoff, application à la détermination de la valeur de K° 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) Electrostatique (EM1)

- Énoncer la Loi de Coulomb, donner le champ et le potentiel électrostatique créés par une charge ponctuelle, énoncer le principe de superposition
- Donner la relation entre le champ électrostatique et son potentiel, conséquences sur la circulation de \vec{E}
- Énoncer les propriétés de symétries et d'invariances du champ électrostatique, exemples
- Définir les lignes de champ électrostatique et les surfaces équipotentielles, donner leur propriétés
- Définir le flux du champ électrostatique, énoncer le théorème de Gauss
- Exemples de calcul de champ :
 - boule uniformément chargée en volume
 - cylindre uniformément chargé en volume, cas du fil uniformément chargé en longueur
 - plaque infinie uniformément chargée en volume, cas du plan uniformément chargé en surface, application au condensateur plan
- Analogie gravitationnelle
- Dipôle électrostatique : définition, moment dipolaire, approximation dipolaire, calcul du potentiel créé, application d'un champ extérieur constant (résultante, moment, énergie potentielle d'interaction)

2) Magnétostatique (EM2)

- Définir le vecteur densité de courant électrique (lien avec l'intensité du courant), démontrer son expression en fonction de la vitesse des porteurs de charge, leur densité et leur charge
- Énoncer les propriétés de symétries et d'invariances du champ magnétostatique, exemples
- Définir les lignes de champ magnétostatique, donner leurs propriétés
- Définir le flux du champ magnétostatique, donner ses propriétés, application à un tube de champ
- Définir la circulation du champ magnétostatique, énoncer le 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 (EM3)

- Établir l'équation locale de conservation de la charge
- Énoncer les théorèmes de Green-Ostrogradski et Stokes (non démontrés)
- Énoncer les équations de Maxwell, retrouver les formulations intégrales
- 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 :
 - Définir la densité volumique de force EM et la puissance volumique cédée aux charges
 - Énoncer la loi d'Ohm locale, définir la densité volumique de puissance Joule
 - Définir la densité volumique d'énergie électromagnétique
 - Définir le vecteur de Poynting (signification de son flux, définition à partir de \vec{E} et \vec{B})
 - Bilan d'énergie électromagnétique : identifier les termes dans l'équation locale de Poynting (équation non exigible)

4) Ondes électromagnétiques dans le vide (EM4)

- 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
- Donner la forme des ondes planes progressives harmoniques (monochromatiques), définir la pulsation/fréquence/période spatiale ou temporelle d'une telle onde et son vecteur d'onde
- Spectre électromagnétique, donner des ordres de grandeur et citer des applications
- Polarisation rectiligne des OPPH électromagnétiques : principe de l'étude, représentation ou identification de polarisations

5) Ondes électromagnétiques dans les milieux dispersifs (EM5)

- Donner les hypothèses du modèle du plasma peu dense, en déduire l'expression de la densité volumique de courant et de la conductivité
- Propagation d'une OPPH dans un plasma peu dense : établir l'équation d'onde puis la relation de dispersion
- Définir la vitesse de phase, la vitesse de groupe, les calculer pour une OPPH dans un plasma peu dense, faire les commentaires qui s'imposent

6) Ondes électromagnétiques dans les milieux conducteurs (EM6)

- Donner les hypothèses permettant la modélisation microscopique d'un conducteur
- Établir l'expression de la densité volumique de courant et de la conductivité d'un conducteur
- Établir l'équation de propagation des champs en **régime lentement variable**, puis la relation de dispersion
- Donner la forme des ondes EM dans un conducteur, exprimer l'épaisseur de peau, définir l'effet de peau, cas de la limite du conducteur parfait
- Réflexion sur un métal conducteur parfait en incidence normale (relations de passage non exigibles) : poser le problème, déterminer l'onde réfléchie puis l'onde résultante, énoncer les propriétés de cette onde
- Onde EM dans une cavité 1D : exprimer les champs, déterminer les modes possibles, traiter les aspects énergétiques

7) Rayonnement dipolaire électrique (EM7)

- Nommer et énoncer les approximations utiles pour l'étude du rayonnement dipolaire électrique
- Donner la forme des champs produits par un dipôle oscillant par une analyse des symétries et invariances, donner la relation de structure
- Aspects énergétiques (champs fournis) : calculer le vecteur de Poynting, la puissance rayonnée, définir puis tracer l'indicatrice de rayonnement

Partie 5 – Électrochimie

1) Cinétique électrochimique (EC1)

- Rappels d'oxydoréduction de MPSI (couples Ox/Red, demi-équations, loi de Nernst, diagrammes $E-pH$).
- Établir le lien entre la vitesse de réaction et l'intensité du courant
- Décrire le montage à trois électrodes permettant le tracé des courbes courant-potentiel
- Courbes courant-potentiel :
 - Identifier les branches anodique/cathodique, puis la nature des réactions
 - identifier un système rapide ou lent
 - Définir le courant limite de diffusion et donner les paramètres d'influence
 - Expliquer le mur du solvant
 - Tracer ou analyser des vagues successives

2) Phénomènes de corrosion humide (EC2)

- Thermodynamique de la corrosion uniforme : définir les domaines de corrosion, passivation, immunité
- Cinétique de la corrosion uniforme : définir le potentiel de corrosion, l'intensité de corrosion et identifier les facteurs aggravants
- Corrosion différentielle par hétérogénéité du support ou du milieu (écrouissage, contact entre deux métaux, aération différentielle au choix) : représenter le schéma d'expérience, interpréter à l'aide des équations de réaction et des courbes courant-potentiel
- Présenter et expliquer les méthodes de protection contre la corrosion (revêtement, anode sacrificielle, passivation, courant imposé)

3) Conversion et stockage d'énergie électrochimique (EC3)

- Établir que $\Delta G \leq W_e$ pour tout convertisseur électrochimique (rappeler les hypothèses)
- Étude des piles (ou décharge d'accumulateurs) :
 - Citer la relation sur $\Delta_r G$: $\Delta_r G = -n\mathcal{F}e \leq -n\mathcal{F}U \leq 0$
 - Définir la capacité d'une pile, son rendement
 - Représenter le schéma électrique équivalent, lister les paramètres influençant la résistance interne, courant de court circuit
 - Illustrer le fonctionnement à l'aide des courbes courant-potentiel
- Étude des électrolyseurs (ou recharge d'accumulateurs) :
 - Citer la relation $0 \leq \Delta_r G = n\mathcal{F}e \leq n\mathcal{F}U$
 - Représenter le schéma électrique équivalent
 - Illustrer le fonctionnement à l'aide des courbes courant-potentiel

Partie 6 – Optique

1) Modèle scalaire des ondes lumineuses, notion d'interférences (O1)

- Présenter le modèle scalaire : vibration lumineuse, intensité lumineuse
- Notion de capteurs lumineux : les présenter, donner des ordres de grandeur de temps de réponse
- Modèles d'émission des ondes lumineuses :
 - Donner la relation entre le temps de cohérence et la largeur spectrale fréquentielle
 - Établir la relation entre la longueur de cohérence et les propriétés du spectre
- Définir le chemin optique, exprimer le retard de phase dû à la propagation
- Définir une surface d'onde, énoncer le théorème de Malus et la propriété sur le chemin optique entre deux points conjugués
- Donner les conditions d'interférences, établir la formule de Fresnel, exprimer le contraste

2) Interférométrie par division du front d'onde : fentes d'Young (O2)

- Définir et identifier le champ d'interférences, ainsi que la localisation des interférences
- Établir la différence de marche, le déphasage et l'ordre d'interférence
- Décrire la figure d'interférence : forme, paramètres (interfrange à exprimer)
- Perte de contraste par élargissement spatial de la source : établir le critère portant sur l'ordre d'interférence permettant de conserver une bonne cohérence spatiale
- Perte de contraste par élargissement spectral de la source : établir le critère portant sur l'ordre d'interférence permettant de conserver une bonne cohérence temporelle
- Interférences à N ondes :
 - Établir la formule fondamentale des réseaux
 - Exprimer l'intensité résultante
 - Déterminer la largeur des pics en fonction du nombre N d'ondes mises en jeu

3) Interférométrie par division d'amplitude : Michelson (O3)

- Présenter le Michelson : rôle de la séparatrice-compensatrice, schémas, différentes configurations
- Présenter la 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
- Présenter la configuration en coin d'air :
 - Conditions d'éclairage et d'observations
 - Intensité résultante (différence de marche admise), ordre d'interférence
 - Forme de la figure, interfrange

Partie 7 – Mécanique

1) Lois du frottement solide (M1)

- Énoncer les lois de Coulomb du frottement
- Présenter les aspects énergétique du frottement : travail et puissance des forces de frottements, commentaires

2) Changements de référentiels en mécanique classique (M2)

- Définir et différencier des mouvements de translation et de rotation autour d'un axe fixe
- Établir les loi de 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
- Déterminer la vitesse d'entraînement puis les accélérations d'entraînement et de Coriolis
- Définir la notion de point coïncidant, retrouver la vitesse et l'accélération d'entraînement

3) Dynamique en référentiel non-galiléen (M3)

- Définir les référentiels "usuels" (terrestre, géocentrique, de Kepler et de Copernic)
- Lois de la dynamique en référentiel non-galiléen :
 - Énoncer puis démontrer le principe fondamental de la dynamique
 - Énoncer puis démontrer le théorème du moment cinétique
 - Énoncer puis démontrer le théorème de l'énergie cinétique
 - Aspects énergétiques des forces d'inerties : calculer leur puissance, leur travail et l'énergie potentielle associée le cas échéant
- Conséquences du caractère non-galiléen du référentiel terrestre :
 - Définir le champ de pesanteur
 - Décrire les différents phénomènes de déviation et les illustrer

Partie 8 – Mécanique quantique (MQ)

- Énoncer les relations de Planck–Einstein et de De Broglie, interprétations
- Définir la fonction d'onde et en donner une interprétation (introduire la notion de densité de probabilité de présence)
- Mener une analyse en ordre de grandeur pour déterminer si un système se comporte de manière classique ou quantique
- Donner l'équation de Schrödinger dépendante du temps, énoncer ses propriétés
- Retrouver l'équation de Schrödinger stationnaire par séparation des variables
- Énoncer les principes d'incertitude d'Heisenberg et leurs interprétations
- Traiter le cas d'une particule libre quantique :
 - 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 :

- Résoudre dans le cas du puits de potentiel infini, interprétation
 - Résoudre dans le cas d'une marche de potentiel (probabilité de transmission, de réflexion, onde évanescente, lien avec la mécanique classique)
 - Décrire qualitativement 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 : exprimer la densité de probabilité de présence de la particule dans le cas d'un état initial superposition de deux états stationnaires, interprétation.