

Université des Sciences et de la Technologie Houari Boumediene
Faculté de Physique
Concours Doctorat 3^{ème} Cycle
2018/2019

Toutes les épreuves se dérouleront le 23 octobre 2018
Programme des épreuves écrites

I) Spécialité : Energétique et Mécanique des Fluides

1^{ère} EPREUVE (13h00-14h30) : Thermodynamique

Chapitre 1: Premier et deuxième principes.

Chapitre 2: Cycles thermodynamiques réels des machines thermiques.

Chapitre 3 : Les cycles théoriques des moteurs à combustion interne.

Chapitre 4 : Les cycles théoriques des turbines à gaz.

2^{ème} EPREUVE (15h00-17h00) : Mécanique des Fluides

Chapitre 1 : Loi de poiseuille – Loi de Stokes

Chapitre 2 : Calcul des pertes de charges dans les conduites cylindriques

Chapitre 3 : Ecoulements dans les singularités. Pertes de charges singulières

Chapitre 4 : Les turbomachines

1- Equations générales de la théorie des turbomachines

2- Similitude des turbomachines

3- Turbine Pelton, turbine Francis et turbine Caplan

Chapitre 5 : Solution exacte des équations de Navier Stokes

Chapitre 6 : Couche limite laminaire

Chapitre 7 : Modélisation de la turbulence

II) Spécialité : Physique des Rayonnements

1^{ère} EPREUVE (13h00-14h30) : Physique Nucléaire et Interaction Rayonnement-Matière

- **1^{ère} partie : Physique nucléaire**

1. Notions générales sur le mouvement des particules

- 1.1 Nature quantique des particules et des ondes, dualité onde corpuscule
- 1.2 Masse, quantité de mouvement, énergie
- 1.3 Equivalence masse-énergie, unités et conventions
- 1.4 Mouvements classique et relativiste d'une particule, relations relativistes
- 1.5 Mouvement d'une particule dans un champ central, systèmes de coordonnées : cartésiennes, cylindriques, sphériques
- 1.6 Traitement quantique
 - 1.6.1 Equations d'onde : de Schrödinger, Dirac et Klein - Gordon
 - 1.6.2 Applications:

(le problème à deux corps)

2.1 Collision élastique entre deux particules : référentiels du laboratoire (L), du centre de masse (CM) et du mouvement relatif, relations de transformati

2. Interaction des particules, cinématique de collision on L - CM

- 2.2 Collisions inélastiques et réactions, énergétique
- 2.3 Mouvement de deux particules dans un champ central
- 2.4 Sections efficaces : amplitude de diffusion, section efficace différentielle (distribution angulaire), section efficace totale, section efficace de réaction, transformations L - CM des sections efficaces
- 2.5 Diffusion coulombienne, méthode expérimentale générale en physique nucléaire
 - 2.5.1 Expérience de Rutherford, paramètres de la collision, loi de diffusion coulombienne
 - 2.5.2 Interprétation : découverte du noyau et mise en évidence de la force nucléaire
- 2.6 Réactions nucléaires (cinématique et énergétique)

3. Introduction de la physique subatomique

- 3.1 Champs et particules, Interactions fondamentales
- 3.2 Diagrammes de Feynman
- 3.3 Histoire brève, les grandes découvertes
- 3.4 Production des éléments, nucléosynthèse
- 3.5 Directions de recherche

4. Structure des nucléons

- 4.1 Propriétés des nucléons
- 4.2 Quarks et gluons, leptons
- 4.3 Isospin: Convention, conservation, formalisme
- 4.4 Etrangeté et nombres quantiques
- 4.5 Lois de conservation
- 4.6 Hadrons et interaction quark-quark
- 4.7 Particules et antiparticules
- 4.8 Eléments de QCD

5. Constitution et principales propriétés des noyaux atomiques

- 5.1 Forme radiale du potentiel nucléon-nucléon
- 5.2 Représentation des noyaux, nomenclature
- 5.3 Principe d'incertitude : estimation de la taille du noyau

- 5.4 Distribution de charge et distribution de masse, rayon nucléaires
- 5.5 Densité et potentiel nucléaires
- 5.6 Masse et énergie de liaison nucléaires, excès de masse
- 5.7 Energie moyenne de liaison par nucléon et son interprétation, énergie de séparation
- 5.8 Instabilité des noyaux : vallée de stabilité, noyaux exotiques
- 5.9 Barrière coulombienne nucléaire : compétition entre forces nucléaire et électromagnétique, synthèse d'éléments lourds
- 5.10 Niveaux d'énergie des noyaux
 - 3.10.1 Propriétés quantiques : largeur naturelle, durée de vie, spin et parité, modes de couplage
 - 5.10.2 Etats liés, états de diffusion
 - 5.10.2 Modes de décroissance

6. Modèle de la goutte liquide

- 6.1 Justification, analogie noyau-goutte liquide incompressible, force nucléaire
- 6.2 Formule semi - empirique de masse, matière nucléaire infinie
- 6.3 Applications du modèle
 - 6.3.1 Estimation de l'énergie nucléaire de fission et de fusion
 - 6.3.2 Evaluation du rayon nucléaire
 - 6.3.2 Désintégrations- β , paraboles de masses des isobares, ligne de stabilité

7. Modèle en couches des noyaux sphériques

- 7.1 Nombres magiques et énergie à une particule
- 7.2 Hamiltonien du modèle, potentiel moyen
- 7.3 Etats du potentiel de Woods - Saxon
- 7.4 Potentiel spin - orbite
- 7.4 Exemples, conclusion

8. Modèle du gaz de Fermi : énergie nucléaire d'asymétrie

- 8.1 Bases du modèle, hypothèse quantique
- 8.2 Distribution de Fermi-Dirac,
- 8.3 Application aux noyaux atomiques
- 8.4 Energie nucléaire d'asymétrie : termes d'énergie cinétique et d'énergie potentielle

9. Interaction nucléaire forte : étude du noyau de deutérium

- Le noyau de deutérium
- Moment dipolaire magnétique
- Moment quadrupolaire électrique
- Force tensorielle et état 3D_1
- Symétrie et force nucléaire
- Potentiel nucléon - nucléon général

10. Interaction nucléaire forte : Diffusion nucléon-nucléon

- Théorie de Yukawa
- Diffusion nucléon - nucléon, indiscernabilité des particules
- Ondes partielles, déphasages, sections efficaces
- Diffusion à basse énergie et paramètres associés
- Diffusion à haute énergie et paramètres associés
- Paramètres de diffusion, Potentiel nucléaire

11. Structure nucléaire

- Diffusion d'électrons, Facteur de forme
- Facteur de forme nucléon - nucléon

- Diffusion de leptons à haute énergie
- Densité de matière et densité de charge
- Moment dipolaire magnétique des noyaux impairs
- Spin et isospin de l'état fondamental
- Densités de niveaux nucléaires et états excités
- Etats faiblement excités
- Etats de haute excitation

12. Moments nucléaires

- Moments électromagnétiques
- Symétrie et Forme des noyaux
- Moment magnétique dipolaire des noyaux impair

13. Excitation et désexcitation des noyaux

- Eléments de matrice de transition nucléaire
- Transitions électromagnétiques
- Valeur moyenne à une particule
- Interaction faible et décroissances bêta
- Désintégration alpha
- Fission nucléaire

14. Réactions nucléaires

- Excitation coulombienne
- Formation et désexcitation du de noyau composé : section efficace de Breit et Wigner à un niveau
- Réactions directes
- Diffusion de nucléons aux énergies intermédiaires
- Réactions méson - noyau
- Réactions entre ions lourds

● **2^{ème} partie : Interaction rayonnement-matière**

1. Sources de rayonnements ionisants

1.1. Rayonnements naturel et artificiel

1.2. Rayonnements directement ionisant et indirectement ionisants

1.3. Sources radioactives

1.3.1. Sources β^-

1.3.2. Sources γ

1.3.3. Sources β^- et capture électronique.

1.3.4. Sources à conversion interne

1.3.5. Sources α

1.3.6. Sources de fission

1.4. Sources de neutrons

1.4.1. Sources de fission

1.4.2. Sources (α, n)

1.4.3. Accélérateurs

1.4.4. Réacteurs nucléaires

1.5. Emission accompagnant la désexcitation radioactive

1.5.1. Rayons X

1.5.2. Electrons Auger

2. Interaction des photons avec la matière

2.1. Diffusion élastique

- 2.1.1. Section efficace de la diffusion Thomson
- 2.1.2. Section efficace de la diffusion Rayleigh
- 2.1.3. Section efficace de la diffusion élastique par un atome (cohérence)

2.2. Diffusion Compton

- 2.2.1. Lois de conservation
- 2.2.2. Section efficace Klein Nishina et section efficace de transfert
- 2.2.3. Section efficace de la diffusion Compton par un atome (incohérence)

2.3. Effet Photoélectrique

- 2.3.1. Conservation de l'énergie
- 2.3.2. Section efficace

2.4. Création de paires et de triplets

- 2.4.1. Lois de conservation et calcul des seuils
- 2.4.2. Sections efficaces

2.5. Coefficients d'absorption massique

- 2.5.1. Variation avec l'énergie et le numéro atomique
- 2.5.2. Règles d'addition pour les molécules et mélanges.

3. Interaction des particules chargées avec la matière

3.1. Particules chargées lourdes

- 3.1.1. Théorie classique de l'ionisation. Diffusion de Rutherford et critère adiabatique de Bohr. Formule de Bohr
- 3.1.2. Théorie semi-classique de Fermi
- 3.1.3. Formule de Bethe
- 3.1.4. Cas relativiste
- 3.1.5. Pouvoir d'arrêt massique. Règle d'addition de Bragg.
- 3.1.6. Notions sur le parcours

3.2. Electrons

- 3.2.1. Section efficace de Møller
- 3.2.2. Pouvoir d'arrêt par ionisation
- 3.2.3. Cas relativiste
- 3.2.4. Bremsstrahlung (cas classique). Pouvoir d'arrêt par rayonnement.
- 3.2.5. Longueur d'absorption.

2^{ème} EPREUVE (15h00-17h00) : Physique Atomique ; Optique ; Lasers

- **1^{ère} partie : Physique atomique**

I. ATOMES A PLUSIEURS ELECTRONS

1. Modèle de Thomas-Fermi
2. Approximation du champ moyen
3. Approximation de Hartree et Hartree-Fock

II. ATOMES DANS UN CHAMP

1. Effet Stark
2. Effets Zeeman et Paschen-Bach
3. Résonance Paramagnétique électronique
4. Résonance Magnétique Nucléaire

III. TRANSITIONS ATOMIQUES

1. Probabilités de transition
2. Règles de sélection
3. Elargissement des raies

IV. COLLISIONS ATOMIQUES

1. Diffusion élastique
2. Processus inélastiques (ionisation, excitation, échange de charge)

V. MOLECULES DIATOMIQUES

1. Niveaux électroniques
2. Energies de vibration-rotation
3. Processus de dissociation

- **2^{ème} partie : Optique-Lasers**

I- PROPAGATION D'ONDES PLANES DANS UN MILIEU LINEAIRE, HOMOGENE ET ANISOTROPE

- I.1 Structure de l'onde plane dans le milieu anisotrope
- I.2 Relation de dispersion
- I.3 Equations aux indices
- I.4 Surface des indices et surface des vecteurs d'ondes
- I.5 Cas des milieux uniaxes

II- INTRODUCTION A L'OPTIQUE NON LINEAIRE

- II-1 Equations d'onde non linéaires
- II-2 Approximation des amplitudes lentement variables
- II-3 Susceptibilités électriques non linéaires

III- EFFETS OPTIQUES NON LINEAIRES DU SECOND ORDRE

- III-1 Relation de Manley-Rowe
- III-2 Propagation du second harmonique (interaction faible et forte)
- III-3 Processus paramétriques (amplification et oscillation)

IV- EFFETS OPTIQUES NON LINEAIRES DU TROISIEME ORDRE

- IV-1 Conjugaison de phase optique
- IV-2 Bistabilité optique
- IV-3 Diffusion Raman stimulée
- IV-4 Diffusion Brillouin stimulée

V- INTRODUCTION AUX APPLICATIONS

- V-1 Auto action de la lumière
- V-2 Auto focalisation et auto piégeage de la lumière
- V-3 Auto modulation de phase
- V-4 Propagation de solitons dans les fibres optiques

VI- RAPPELS ET GENERALITES SUR LES INTERACTIONS RAYONNEMENT-MATIERE

1. Introduction
2. Sources optiques
3. Interaction rayonnement matière

VII- **CAVITES RESONNANTES ET MODES PROPRES**

1. Cavités laser et stabilité
2. Modes propres de propagation dans une cavité laser, condition de résonance

VIII- **MILIEU AMPLIFICATEUR**

1. Absorption et émission de rayonnements
2. Coefficients d'absorption et probabilités de transitions
3. Sections efficaces
4. Formes de raie et élargissement spectral (homogène et inhomogène)
5. Excitation optique et Inversion de population

IX- **OSCILLATION LASER**

1. *Système laser*
2. *Théorie des bilans*
3. Conditions d'oscillation et amorçage
4. Différents types de lasers et classification

X- **5 : TRAITEMENT SEMI CLASSIQUE**

1. Equations de Maxwell-Block,
2. Régime stationnaire

XI- **REGIMES DE FONCTIONNEMENT DES LASERS**

1. Régimes relaxé
2. Fonctionnement déclenché, Q-switching et différents modes de déclenchement et de modulations (modèles, caractérisation et propriétés)
3. Fonctionnement en modes bloqués. Cas du laser à néodyme (mode locking par différentes méthodes, modélisation et cinétique de fonctionnement par absorbant saturable, caractérisation et propriétés)

III) Spécialité : Physique des Matériaux

1^{ère} EPREUVE (13h00-14h30) : Introduction à la physique du solide.

- I- *Symétrie cristalline*
 - *Eléments de symétrie*
 - *Théorie des groupes*
 - *Réseaux de Bravais*
 - *Etude de quelques structures simples et composées*
 - *Tenseurs physiques.*
- II- *Vibrations du réseau*
 - *Modes de vibrations dans les cristaux*
 - *Phonons et chaleur spécifique*
 - *Interaction électron-phonons.*
- III- *Structure et propriétés électroniques des solides*
 - *Structure de bandes : Approximation de Hartree-Fock*
 - *Calcul de bandes d'énergie*

2^{ème} EPREUVE (15h00-18h00) : Choisir trois (03) des quatre (04) sujets proposés

A) Physique des semi-conducteurs

- IV- *Structure de bandes*
- V- *Le semi-conducteurs à l'équilibre thermodynamique*
- VI- *Propriétés de transport de charge dans un semi-conducteur*
- VII- *Phénomènes de génération et de recombinaison*
- VIII- *Les jonctions et applications en électronique et optoélectronique*

B) Diélectriques

- I- *Les matériaux désordonnés (structure de bande)*
- II- *Mécanismes de transport de charge dans les isolants*
- III- *Mécanismes rupture diélectrique dans les isolants*
- IV- *Modélisation et Simulation numériques des courants transitoires*
- V- *Méthodes expérimentales d'analyses électrique et diélectrique*
- VI- *Applications de polymères et des composites dans les domaines de l'électronique et l'électrotechnique*

C) Métallurgie physique

- I- *Physico-Chimie métallurgiques et connaissances de base en sciences des matériaux*
- II- *Défauts, diffusion, équilibre et transformations de phases*
- III- *Relations Microstructure-propriétés mécaniques*
- IV- *Propriétés électriques et thermiques*
- V- *Propriétés magnétiques et optiques*

D) Acoustique : Ondes élastiques dans les fluides et les solides

- I- *Equations générales de l'acoustique*
- II- *Propagation des ondes acoustiques (planes et sphériques divergentes) dans les fluides parfaits (non dissipatifs)*
- III- *Propagation et génération d'ondes acoustiques dans un solide isotrope*
- IV- *Propagation des ondes acoustiques dans les fluides dissipatifs (9h) :*
- V- *Réflexion et Transmission des ondes élastiques*
- VI- *Propagation et génération d'ondes acoustiques dans un solide piézoélectrique:*
- VII- *Applications des ultrasons:*

IV) Spécialité : Physique Théorique

1^{ère} EPREUVE (13h00-14h30) : Physique du solide.

- **Physique du solide 1**

- **Structure cristalline**

Rappel des notions fondamentales de cristallographie - Eléments de symétrie et théorie des groupes - Tenseurs physiques et leurs transformations par changement d'axes - Réseau réciproque et Diffraction cristalline.

- **Vibrations cristallines et Propriétés Thermiques des solides**

Relation de dispersion pour les modes de vibrations dans l'approximation harmonique – Densité de modes – Energie vibratoire et sa quantification – capacité calorifique du réseau – terme anharmonique et Dilatation thermique.

- **Structure électronique des solides**

Electrons dans un potentiel périodique - Modèles des électrons libres, électrons faiblement liés et fortement liés – orbitales moléculaires – le cristal dans le modèle moléculaire – formation de bandes.

- **Physique du Solide 2**

- **Comportement diélectrique de la matière**

Rappel de la description macroscopique des milieux polarisés – Les différents types de polarisation (processus microscopique) – Relaxation diélectrique – Milieux diélectriques anisotropes et non linéaires – Interaction Ondes Electromagnétique/milieux diélectriques.

- **Milieux magnétiques et Supraconductivité**

- Aspects macroscopiques et microscopique des milieux aimantés – Milieux magnétiques anisotropes et non linéaires – Relaxation, résonance magnétique, ondes de spin.
- Supraconductivité : Approche électrodynamique (Equation de London, diamagnétisme parfait, Effet Meissner), Approche thermodynamique (température critique, transition de phase), Approche quantique (théorie BCS, effet Josephson).

- **Développements récents**

Diamagnétisme de Landau – Effet Hall quantique – Quelques aspects du magnétisme à champ magnétique fort – Mécanismes de conduction dans les polymères.

2^{ème} EPREUVE (15h00-18h00) : Physique quantique.

• **MECANIQUE QUANTIQUE APPROFONDIE 1**

- *Rappels de quelques notions de mécanique quantique de licence*
- Compléments sur la composition de moments cinétiques : Symboles $6j$, représentation intégrale des $6j$, lien avec les coefficients de Racah, cas particuliers.

- Compléments à la mécanique quantique à trois dimensions
- *Traitements en coordonnées sphériques*

- Méthodes d'approximation approfondies
- Perturbations stationnaires
- Perturbations dépendant du temps : méthode de résolution approchée et méthode de la représentation intermédiaire.
- Méthode variationnelle : détermination des états liés par la méthode variationnelle.

• **MECANIQUE QUANTIQUE APPROFONDIE 2**

○ **Les rotations en mécanique quantique**

- Opérateurs de rotation
- *Rotation des harmoniques sphériques*
- Opérateurs tensoriels irréductibles
- Théorème de Wigner-Eckart

○ **Les particules identiques**

- Opérateurs de permutation
- Postulat de symétrisation
- Spin isotopique

○ **Le formalisme de la seconde quantification**

- A- Systèmes de fermions en interaction
 - Etats occupés- Opérateurs de création et d'annihilation
 - Opérateurs à un corps
 - Opérateurs à deux corps
 - Théorème de Wick pour les systèmes de fermions
- B- Systèmes de bosons en interaction
 - Opérateurs de création et d'annihilation
 - Opérateur nombre de particules
 - Espace de Fock pour les systèmes de bosons