



## AVIS DE SOUTENANCE DE THESE

Le Doyen de la Faculté des Sciences Dhar El Mahraz –Fès – annonce que

Mr **MAOUHOUBI Ibrahim**

Soutiendra : le **Samedi 21/10/2023 à 10H00**

Lieu : **FSDM – Centre Visioconférence**

Une thèse intitulée :

**Contribution to the study of optoelectronic properties of inhomogeneous quantum disk under external excitations for photonics applications**

En vue d'obtenir le **Doctorat**

**FD : Sciences des Matériaux et Procédés Industriels**

**Spécialité : Sciences des matériaux pour l'énergie et l'environnement**

Devant le jury composé comme suit :

Nom et prénom	Etablissement	Grade	Qualité
Pr JORIO Anouar	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Président
Pr EL GHAZI Haddou	École Nationale Supérieure d'Arts et Métiers, U.H. II, Casablanca	PH	Rapporteur
Pr RAHMANI Khalid	Faculté Polydisciplinaire, Béni Mellal	PH	Rapporteur
Pr SALI Ahmed	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PH	Rapporteur
Pr KASSIBA Abdelhadi	University of Maine Le Mans, France	PES	Examineur
Pr BOUZIANE Khalid	Université Internationale, Rabat	PES	Examineur
Pr EL GANAOUI Mohammed	Université de Lorraine, France	PES	Examineur
Pr ZORKANI Izeddine	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Co-directeur de thèse
Pr OUAZZANI TAYEBI HASSANI Abdallah	Faculté des Sciences Dhar El Mahraz, Fès	PES	Directeur de thèse



## Résumé :

Cette étude examine les propriétés optoélectroniques et physiques d'une impureté donneur située dans une structure point quantique en forme de disque inhomogène fabriquée à partir de matériaux GaAs/GaAlAs sous un potentiel de confinement fini, parabolique et infini. Elle explore l'impact des facteurs externes tels que les champs magnétiques et électriques, la fonction diélectrique spatiale, la masse effective dépendante de la position, la non-parabolicité de la bande de conduction, la pression hydrostatique, la température et prend en compte les dimensions de la nanostructure. Dans cette étude, nous introduisons l'Hamiltonien dans l'approximation de la masse effective. Nous utilisons la Méthode des Éléments Finis (FEM), la Méthode des Différences Finies (FDM), et employons également la méthode variationnelle pour résoudre l'équation de Schrödinger en utilisant la fonction d'essai. Initialement, notre recherche se concentre sur l'analyse de l'impact des champs magnétiques et de la non-parabolicité de la bande de conduction sur les propriétés optoelectronique des semi-conducteurs à nanomatériaux. De plus, nous étudions l'influence des dimensions du point quantique, de la pression hydrostatique et de la position de l'impureté sur l'énergie de liaison et la susceptibilité diamagnétique. Nos résultats indiquent que la réactivité de la magnétisation diminue avec l'augmentation des dimensions de la nanostructure à travers différentes formes de points quantiques. La correction de la non-parabolicité améliore les propriétés diamagnétiques, en particulier dans les points quantiques plus grands et moins confinés. Notamment, HgS présente des avantages plus marqués en raison de sa bande interdite distincte par rapport à GaAs et Si. Des facteurs externes tels que la pression hydrostatique et le champ magnétique contribuent également à la réduction de la réponse diamagnétique et de l'énergie de corrélation, notamment dans les nanostructures plus grandes et lorsque les défauts d'impureté sont proches du centre du disque. Ensuite, nous explorons l'impact de la fonction d'écran diélectrique et de la température sur les propriétés optoelectronique. Nous analysons l'influence des champs électriques latérale, de la masse effective dépendante de la position et de la position de l'impureté sur différents aspects, y compris l'énergie de liaison, la séparation électron-impureté et la susceptibilité diamagnétique. Notre étude examine les effets de la fonction d'écran diélectrique, de la température, des attributs du champ électrique et de la masse effective dépendante de la position. Notamment, la température et la fonction de d'écran diélectrique impactent la réponse de la magnétisation et l'énergie de corrélation, tandis que les caractéristiques du champ électrique influencent diverses propriétés. De plus, la direction du champ électrique joue un rôle crucial. Ces résultats approfondissent notre compréhension du comportement des semi-conducteurs et ont des implications pour l'amélioration des panneaux photovoltaïques. Ensuite, nous menons une étude théorique sur l'énergie de liaison et la réponse diamagnétique. Le disque présente un potentiel de confinement parabolique radial et un potentiel infini axial, tenant compte des effets simultanés des champs électromagnétiques. Les calculs numériques mentionnent que l'inclusion de  $V_p$  introduit d'autres changements dans les propriétés des matériaux. Ces idées améliorent notre compréhension du comportement des nanomatériaux sous l'effet d'effets externes, en particulier en termes d'énergie de liaison et de réponse diamagnétique, offrant une impulsion pour de futures recherches théoriques. Poursuivant notre étude, nous plongeons dans les propriétés optoelectronique au sein d'un disque quantique mince hétérogène en coeur/coquille GaAs/AlGaAs sous l'effet de champ électrique orienté latéralement, mettant en évidence leur impact sur l'énergie d'ionisation et l'effet Stark, la polarisabilité et le moment dipolaire. Ces facteurs peuvent être ajustés en modifiant les dimensions et les angles de champ, influençant le comportement du système. Nous explorons également l'interaction des champs externes et des tailles des disques quantiques, affectant la susceptibilité de magnétisation, la polarisabilité et le moment électrique, fournissant des idées pour améliorer les dispositifs photoniques à base de GaAs. Enfin, nous nous concentrons sur les propriétés optiques des structures de disques quantiques en noyau/enveloppe GaAs/AlGaAs. Avec de champ électrique latérale appliqué, nous analysons la position de l'impureté, les dimensions et les effets des champs électriques sur les transitions électroniques, la force d'oscillation, l'absorption optique et l'indice de réfraction. Ces résultats offrent une voie pour adapter les caractéristiques optiques, révolutionnant l'optoelectronique, l'énergie et la technologie de détection grâce aux effets des impuretés et des champs électriques dans les semi-conducteurs nanostructurés.

## Mots-clés:

Propriétés optoelectroniques ; Fonction de dépistage diélectrique ; Masse effective dépendante de la position ; Pression hydrostatique ; Température ; Non-parabolicité ; Énergie de liaison ; Susceptibilité diamagnétique ; Direction du champ électrique ; Potentiel de confinement parabolique radial ; Champs électromagnétiques ; Décalage Stark ; Polarisation ; Moment dipolaire ; Dispositifs photoniques à base de GaAs ; Propriétés optiques



## CONTRIBUTION TO THE STUDY OF OPTOELECTRONIC PROPERTIES OF INHOMOGENEOUS QUANTUM DISK UNDER EXTERNAL EXCITATIONS FOR PHOTONICS APPLICATIONS

### Abstract:

This study investigates the optoelectronic and physics properties of an off-center donor impurity located in an inhomogeneous quantum dot disk-shaped structure made out of GaAs/GaAlAs under finite, parabolic and infinite confining potential. It explores the impact of external factors, such as magnetic, electric fields, various spatial dielectrics screening functions models, position dependent effective mass, hydrostatic pressure, temperature, and considers nanostructure dimensions. In this study, we introduce the Hamiltonian within the effective mass approximation. We utilize the Finite Element Method (FEM), Finite Difference Method (FDM), and also employ the variational technique to solve the Schrödinger equation using trial wave function. Initially, our research focuses on analyzing how magnetic fields and non-parabolicity of the conduction band affects the optoelectronic properties of nanomaterials semiconductors. Additionally, we investigate the influence of quantum dot dimensions, hydrostatic pressure, and impurity location on the binding energy and diamagnetic susceptibility. Our findings indicate that the responsiveness of magnetization decreases with growing nanostructure dimensions across various quantum dot shapes. Correcting for non-parabolicity enhances diamagnetic properties, especially in larger, less confined quantum dots. Notably, HgS exhibits more pronounced benefits due to its distinct bandgap compared to GaAs and Si. External factors such as hydrostatic pressure and z-magnetic-field further contribute to the reduction in diamagnetic response and correlation energy, particularly in larger nanostructures and when impurity defects are in proximity to the nanodisk's center. secondly, we explore the impact of dielectric screening and temperature. we analyze the influence of lateral electric field, PDEM, and impurity positioning on various aspects including binding energy, electron-defect separation, and diamagnetic susceptibility. Our study considers the effects of DSF, temperature, electric field attributes, and PDEM. Notably, temperature and DSF impact magnetization response and correlation energy, while electric field characteristics influence diverse properties. Furthermore, the electric field direction plays a crucial role. These findings develop our understanding of semiconductor behavior and have implications for enhancing photovoltaic panels. Moving forward, we conduct a theoretical investigation into the binding energy and diamagnetic response. The disk features a radial parabolic confinement potential and an axial infinite potential, accounting for the simultaneous effects of electromagnetic fields. Numerical calculations mention that the inclusion of  $V_p$  introduces further changes to material properties. These insights enhance our comprehension of nanomaterial behavior under external effects, particularly in terms of binding energy and diamagnetic response, offering motivation for future theoretical investigations. Continuing our investigation, we delve into optoelectronic properties within a GaAs Core/Shell inhomogeneous thin quantum disk (ITQDisk) under lateral-oriented electric fields, highlighting their impact on ionization energy and Stark-shift, polarizability and dipole moment. These factors can be tuned by adjusting dimensions and field angles, influencing system behavior. We also explore the interplay of external fields and quantum disk sizes, affecting magnetization susceptibility, polarizability, and electric moment, providing insights for enhancing GaAs-based photonic devices. Lastly, we focus on the optical properties of GaAs/AlGaAs core/shell quantum dot disk structures. With applied lateral electric fields, we analyze impurity position, dimensions, and electric fields' effects on electronic transitions, oscillator strength, optical absorption, and refractive index. These findings offer a path to adapt optical characteristics, revolutionizing optoelectronics, energy, and sensing tech through impurity and electric field effects in nanostructured semiconductors.

### Keywords:

Optoelectronic properties; Dielectric screening function; Position-dependent effective mass; Hydrostatic pressure; Temperature; Non-parabolicity; Binding energy; Diamagnetic susceptibility; Electric field direction; Radial parabolic confinement potential; Electromagnetic fields; Stark-shift; Polarizability; Dipole moment; GaAs-based photonic devices; Optical properties