

**École Nationale Supérieure d'Informatique et d'Analyse des Systèmes**  
Centre d'Études Doctorales en Sciences des Technologies de l'Information et de l'Ingénieur

## **AVIS DE SOUTENANCE DE THÈSE DE DOCTORAT**

**Monsieur Hamza BOUALAME**

Soutiendra publiquement sa thèse de Doctorat en Informatique

**Le Samedi 22 Février 2025 à 11h00 au Grand Amphi à l'ENSIAS**

**Intitulé de la thèse**

### **Contribution to the Conception and Development of Decoding Algorithms for Error-Correcting Codes**

**Président :**

Pr. Abdellatif KOBANE, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Directeur de thèse :**

Pr. Mostafa BELKASMI, PES, ENSIAS, Université Mohammed V de Rabat

**Co-Encadrant de thèse:**

Pr. Idriss CHANA, PES, EST, Université Moulay Ismail, Meknès

**Rapporteurs :**

Pr. Mohamed ET-TOLBA, PES, Institut National des Postes et Télécommunications, Rabat

Pr. Moulay Lahcen HASNAOUI, PES, FSE, Université Mohammed V de Rabat

Pr. Abdessalam AIT MADI, PES, ENSA, Université Ibn Tofail, Kénitra

**Examineur :**

Pr. Said NOUH, PES, Faculté des Sciences Ben M'sik, Université Hassan II, Casablanca

**Résumé :** Dans cette thèse, notre attention se concentre principalement sur le développement de nouvelles techniques de décodage pour un sous-ensemble de codes cycliques puissants, à savoir les codes de résidus quadratiques (QR). Ces codes offrent une structure mathématique riche et des propriétés avantageuses. Cependant, leur potentiel d'application est limité par des défis de décodage, principalement dus à la complexité redoutable du processus de décodage. Dans ce contexte, Nous avons, en premier lieu, proposé un algorithme de décodage Hard In Hard Out (HIHO) uniforme basé sur une simple méthode quasi-algébrique. Son principe est l'identification directement les positions des erreurs en se basant uniquement sur la valeur des syndromes et les racines de code, évitant le besoin de calculs complexes et offrant une voie prometteuse pour faciliter la correction des erreurs. Ensuite, nous avons proposé un second algorithme de décodage de type HIHO utilisant un ensemble de permutations léger (LPD). Ce dernier est basé sur les automorphismes des codes QR, visant à piéger les  $t$  erreurs, quels que soient leurs positions, dans la partie redondance et à les corriger toutes. Ensuite, pour améliorer davantage le LPD, nous avons introduit l'ILPD. Ce décodeur réduit efficacement l'espace de recherche de permutations tout en préservant la même performance de correction. Nous nous sommes intéressés aussi au décodage de type SIHO (entrée souple et sortie dure) en proposant un nouvel algorithme de décodage pour les codes cycliques. Cet algorithme de décodage novateur repose sur le concept de fiabilité des symboles dans le mot reçu, combinant l'algorithme génétique compact avec des paramètres spécifiques pour les codes cycliques.

**Mots-clés :** Codes de correction d'erreur, Codes cycliques, Code de résidus quadratiques, Décodage par permutation, Groupe d'automorphisme, Décodage dure, Décodage souple, Algorithme génétique compact.

**Abstract:** In this thesis, our primary focus lies in developing new decoding techniques for a particularly powerful subset of cyclic codes, namely, quadratic residue (QR). These codes provide a rich mathematical structure and advantageous properties. However, the potential for applications is constrained by decoding challenges, primarily arising from the redoubtable complexity of the decoding process. In this context, we have proposed a uniform Hard-in Hard-out (HIHO) decoding algorithm based on a simplified quasi-algebraic method. The latter directly identifies error locations based only on the value of the syndromes and code roots. It avoids complex calculations and provides a promising way to facilitate error correction. Then, we proposed another HIHO decoding algorithm for QR codes using a light permutation set (LPD). This algorithm is based on the automorphisms of QR codes that trap any set of  $t$  errors within the redundancy part and correct them all, whatever their configuration. Then, to further enhance the LPD, we introduced the improved Permutation Decoding (ILPD). This decoder effectively reduces the permutation search space while preserving performance. Then, we propose a new soft-input hard-output (SIHO) decoding algorithm for cyclic codes. This novel decoding algorithm is based on symbol reliability in the received word. This approach combines the compact genetic algorithm with specific parameters for cyclic codes.

**Keywords:** Error-correcting codes, Cyclic codes, Quadratic residue codes, Permutation Decoding, Automorphisms group, Hard decoding, Soft decoding, compact genetic algorithm.