

Rapport Technique - Card Collection DApp

1. Introduction

Ce projet consiste en une DApp de marche decentralise de cartes de collection numeriques. Les utilisateurs peuvent collectionner et echanger des cartes representees sous forme de NFTs sur la blockchain Ethereum.

2. Choix techniques

Blockchain : Ethereum

Ethereum a ete retenu pour son ecosysteme mature, le standard ERC-721 bien etabli et la disponibilite d'outils comme Hardhat et OpenZeppelin.

Framework : Hardhat

Hardhat offre un environnement de developpement complet avec compilation, tests et deploiement integres. Le plugin toolbox fournit les outils de test (Chai, Mocha) et d'interaction (Ethers.js).

Bibliotheques : OpenZeppelin

Les contrats OpenZeppelin sont audites et securises. Nous utilisons :

- ERC721 et ERC721URIStorage pour les NFTs
- Ownable pour le controle d'accès
- ReentrancyGuard pour la protection contre les attaques de reentrancy

Stockage : IPFS via Pinata

Les metadonnees des cartes sont stockees sur IPFS pour garantir leur perennite et leur decentralisation.

3. Architecture des contrats

CardNFT.sol

Contrat principal gerant les tokens ERC-721.

Structures de donnees :

- Enum **Rarity** : Commune, Rare, Epique, Legendaire
- Enum **CardType** : Guerrier, Mage, Creature, Artefact
- Struct **Card** : attributs complets de chaque carte

Fonctions principales :

- **mint()** : creation d'une carte (owner only)
- **transferCard()** : transfert avec verification des contraintes
- **getCard()** : lecture des attributs

CardMarketplace.sol

Contrat gerant les echanges entre utilisateurs.

Structure **Trade** : proposeur, receveur, tokens concernes, statut, timestamps.

Fonctions principales :

- **proposeTrade()** : proposition d'echange
- **acceptTrade()** : acceptation par le receveur
- **cancelTrade()** : annulation par l'une des parties

4. Respect des contraintes

Tokenisation des ressources

Les cartes sont des tokens ERC-721 avec 4 niveaux de rarete et valeurs associees :

- Commune : 10
- Rare : 50
- Epique : 200
- Legendaire : 1000

Echanges de tokens

Le systeme de proposition/acceptation permet les echanges directs. La regle de conversion impose un ratio maximum de 1:5 entre les valeurs des cartes.

```
uint256 public constant MAX_EXCHANGE_RATIO = 5;
```

Limites de possession

Chaque utilisateur est limite a 4 cartes :

```
uint256 public constant MAX_CARDS_PER_USER = 4;
```

Verification dans les fonctions **mint()** et **transferCard()**.

Contraintes temporelles

Cooldown de 5 minutes entre transactions :

```
uint256 public constant TRANSACTION_COOLDOWN = 5 minutes;
```

Lock de 10 minutes apres acquisition :

```
uint256 public constant ACQUISITION_LOCK = 10 minutes;
```

IPFS

Les metadonnees sont stockees sur IPFS. L'URI est passee lors du mint et stockee via `_setTokenURI()`.

Format des metadonnees :

```
{
  "name": "string",
  "type": "string",
  "rarity": "string",
  "value": "uint",
  "power": "uint",
  "defense": "uint",
  "previousOwners": ["address"],
  "createdAt": "timestamp",
  "lastTransferAt": "timestamp"
}
```

Tests unitaires

Couverture des tests :

- CardNFT : deploiement, mint, limites, cooldown, lock, transferts
- CardMarketplace : deploiement, propositions, ratio, acceptation, annulation, expiration

Execution : `npx hardhat test`

5. Securite

Patterns implementes

- **Checks-Effects-Interactions** : verifications avant modifications d'etat
- **ReentrancyGuard** : protection contre les appels recursifs
- **Ownable** : restriction des fonctions administratives

Validations

- Verification de propriete des tokens avant transfert
- Controle des limites de possession
- Validation du ratio d'echange
- Verification des contraintes temporelles

6. Frontend

Application React avec :

- Connexion MetaMask
- Affichage de la collection personnelle
- Interface de proposition d'echange
- Panel d'administration pour le mint

Services :

- `wallet.js` : gestion de la connexion wallet
- `contracts.js` : interaction avec les smart contracts

7. Deploiement

Testnet Sepolia

| Contrat | Adresse |
|-----------------|--|
| CardNFT | 0x8de801AE67Fb1E7Ed0Ac9E843a5c802413AE6d95 |
| CardMarketplace | 0xB72D7BA1524d6757B8b050fB57bfeb0Fcbf06A5C |

8. Conclusion

Le projet repond a l'ensemble des contraintes du cahier des charges : tokenisation ERC-721, systeme d'echange avec regles de conversion, limites de possession, contraintes temporelles, stockage IPFS et tests unitaires. L'architecture separee en deux contrats permet une meilleure maintenabilite et une evolution independante de la logique NFT et marketplace.