

ARCHITECTURE SYSTÉMIQUE ET LOGIQUE LUDIQUE DE HEARTHSTONE : SPÉCIFICATION TECHNIQUE COMPLÈTE

1. Introduction et Philosophie de l'Ingénierie Ludique

Ce document constitue une spécification technique exhaustive destinée à l'ingénierie inverse et à la reconstruction fidèle du moteur de jeu *Hearthstone*. Contrairement à une simple analyse de gameplay, ce rapport déconstruit la logique interne du système, isolant les règles déterministes, la gestion des états (State Management), et les protocoles de résolution des conflits qui régissent chaque interaction. L'objectif est de fournir une "bible" systémique permettant de recréer le jeu sans accès au code source original, en se basant sur le comportement observable et documenté du moteur.

Le système *Hearthstone* ne doit pas être perçu comme une simulation physique de cartes sur une table, mais comme une base de données transactionnelle complexe où des **Entités** modifient leurs **Tags** (propriétés) à travers des **Séquences** d'événements rigoureusement ordonnées. La compréhension de cette distinction est le prérequis absolu à toute tentative de développement du moteur.

2. Ontologie des Données : Entités, Tags et Identifiants

Pour recréer le moteur, il est impératif d'implémenter une architecture orientée données (Data-Oriented Design). Le jeu ne manipule pas des objets visuels, mais des entités abstraites définies par une collection dynamique de paires clé-valeur.

2.1. Typologie Fondamentale des Entités

Dans le protocole d'état du jeu (GameState Protocol), tout élément interactif est une **Entité**. Le moteur doit gérer trois catégories d'entités distinctes, identifiées par un ID numérique unique généré à l'instanciation de la partie¹ :

| Type d'Entité | ID Standard | Rôle Systémique |
|---------------|-------------|--|
| GAME | 1 | Singleton unique. Stocke l'état global (Numéro du tour, Phase active, Compteur de tours global). |

| | | |
|---------------|--------|---|
| | | Agit comme le contrôleur maître de la machine à états. |
| PLAYER | 2 et 3 | Représente les agents (Joueurs). Stocke les ressources (Mana, Surcharge), le statut (Gagnant/Perdant) et les compteurs globaux (Cadavres, Combo). |
| CARD | 4 à N | Tout autre objet. Inclut les Héros, Pouvoirs Héroïques, Serviteurs, Sorts, Armes, et les Enchantements (buffs). |

Implication pour la Reconstruction : Il est crucial de noter que les Enchantements sont eux-mêmes des entités de type CARD. Lorsqu'un serviteur reçoit un buff "+1/+1", le moteur ne modifie pas simplement une variable int ; il crée une nouvelle entité "Enchantment", l'attache au serviteur, et le moteur de calcul des stats recalcule dynamiquement les valeurs finales en itérant sur tous les enchantements attachés.¹

2.2. Le Système de Tags (GameTags)

La granularité du jeu repose sur les **GameTags**. Ce sont des énumérateurs entiers qui définissent chaque propriété possible. Un serviteur n'a pas de booléen "Provocation" dans sa classe C# ; il possède le Tag TAUNT avec la valeur 1.¹

Une distinction technique majeure doit être faite entre les différents identifiants pour la gestion de la base de données ¹ :

- **Entity ID (Instance)** : L'identifiant unique de cette carte spécifique dans cette partie.
- **Card ID (String)** : L'identifiant immuable de l'archétype dans la base de données (ex: EX1_001 pour Gardelumière). Format souvent SET_###.
- **Dbf ID (Numeric)** : Un index entier utilisé pour les relations de base de données, essentiel pour les références croisées rapides.

2.3. Topologie Spatiale : Les Zones de Jeu

Le moteur ne détruit jamais réellement une entité ; il effectue des transitions d'état en déplaçant les entités entre des **Zones**. La gestion rigoureuse de ces 7 zones est critique pour

la persistance des données.¹

| Zone | Visibilité | Fonction et Règles de Persistance |
|----------------|-----------------------|---|
| DECK | Privée (Cachée) | Bibliothèque ordonnée. Les cartes y sont inactives. Les enchantements y sont conservés si la carte transite vers la MAIN (Flux avant). |
| HAND (Main) | Privée (Propriétaire) | Zone active pour le lancement de cartes. Limite stricte de 10 cartes. Si Count > 10, transition immédiate vers GRAVEYARD (Meule/Mill). |
| PLAY (Plateau) | Publique | Champ de bataille. Contient Héros, Serviteurs, Armes, Lieux, et temporairement les Sorts lors de leur résolution. |
| GRAVEYARD | Publique (Logs) | Historique des entités détruites. Note critique : La résurrection ne déplace pas une carte de cette zone vers le jeu ; elle copie l'information pour créer une <i>nouvelle instance</i> . ¹ |
| SECRET | Privée (Propriétaire) | Zone attachée au Héros contenant Secrets, Quêtes et Quêtes Secondaires. |
| SETASIDE | Cachée/Technique | Zone tampon pour les cartes générées temporairement (ex: les 3 |

| | | |
|------------------------|-----|---|
| | | choix d'une <i>Découverte</i>). Hors du jeu actif. |
| REMOVEDFROMGAME | N/A | Destination des cartes transformées (l'ancienne entité y va) ou bannies (ex: <i>Poof!</i> de Reno). |

Règle de Transition et Gestion des États 2 :

Le moteur doit implémenter une règle de directionnalité pour les enchantements :

- **Forward Flow (Avant)** : Deck -> Main -> Plateau. Les enchantements sont conservés.
- **Backward Flow (Arrière)** : Plateau -> Main / Deck. Les enchantements sont purgés (la carte redevient "Vanilla"), sauf exception explicite.

3. Séquençage Initial : Mulligan et Démarrage

La phase de démarrage est une procédure déterministe complexe qui établit l'état initial du RNG (Générateur de Nombres Aléatoires) et des mains de départ.

3.1. Algorithme du Mulligan

Le Mulligan n'est pas une simple pioche. C'est une sous-séquence isolée avec des règles d'exclusion strictes.³

1. **Allocation** : Joueur 1 reçoit 3 cartes. Joueur 2 reçoit 4 cartes.
2. **Sélection** : Les joueurs marquent les cartes à rejeter. Ces cartes sont déplacées vers une zone temporaire (souvent SETASIDE ou un état taggé).
3. **Blacklisting (Exclusion)** : Le moteur tire de nouvelles cartes du Deck pour remplacer les rejets. **Règle Impérative** : Une carte rejetée ne peut pas être repiochée *en tant que la même instance*. Cependant, si le deck contient une *copie distincte* (Entity ID différent, même Card ID), cette copie peut être piochée.⁴
4. **Mélange** : Ce n'est qu'après le tirage des remplacements que les cartes rejetées sont réintégrées au deck et que celui-ci est mélangé (Shuffled).

3.2. Génération de "La Pièce" (The Coin)

Le traitement de la carte *The Coin* (La Pièce) révèle des nuances sur le timing des événements. Bien que l'animation la montre apparaître après le Mulligan, le système considère qu'elle est présente en main du Joueur 2 *pendant* la phase de sélection pour le calcul des conditions.³

- **Nature de l'Entité** : La Pièce est un **Sort** (Spell).
- Interactions Système⁶ :

- Elle déclenche les effets *Combo* (Voleur).
- Elle incrémente les compteurs de sorts lancés (pour *Yogg-Saron*, *Mana Wyrm*, *Gadgetzan Auctioneer*).
- Elle n'est pas considérée comme un sort "de classe", ce qui influence les mécaniques de génération aléatoire "d'une autre classe".

3.3. Probabilités Statistiques

Pour valider le moteur de mélange, les probabilités suivantes doivent être respectées lors d'un "Hard Mulligan" (recherche agressive d'une carte présente en 2 exemplaires dans un deck de 30) ⁹ :

- **Joueur 1 (On Play)** : ~41.43% de probabilité d'obtenir au moins une copie au Tour 1.
- **Joueur 2 (On Coin)** : ~51.00% de probabilité d'obtenir au moins une copie au Tour 1 (grâce à la carte supplémentaire).

4. Le Moteur Événementiel : Séquences, Phases et Résolution

Le cœur du système *Hearthstone* est son résolveur d'actions. Contrairement à une pile LIFO (*Magic: The Gathering*), *Hearthstone* utilise une architecture de **Files d'Attente imbriquées** et de **Vérifications d'État retardées**.

4.1. Hiérarchie de Résolution

Toute modification de l'état du jeu s'opère selon une hiérarchie stricte ¹¹ :

1. **Séquence (Sequence)** : L'enveloppe globale initiée par une action (ex: Jouer un Serviteur, Lancer un Sort, Attaquer).
2. **Phase** : Des blocs logiques à l'intérieur d'une séquence (ex: Phase de Cri de Guerre, Phase d'Après-Invocation).
3. **Étape (Step)** : L'unité atomique de calcul (ex: Application des dégâts).

4.2. Le Traitement des Morts (Death Processing)

C'est la partie la plus critique et la source de nombreux bugs de simulation. La mort n'est pas instantanée.

- **État "Mortally Wounded"** : Lorsqu'une entité atteint 0 PV (ou est marquée par un effet *Destroy*), elle n'est pas retirée immédiatement. Elle reçoit le Tag **MORTALLY_WOUNDED**. Elle reste sur le plateau, conserve ses auras, et peut même déclencher ses effets.¹²
- **Vérification des Morts (Death Check)** : Le moteur ne vérifie les morts qu'à la **fin de la Phase la plus externe** actuellement en cours.¹¹
 - *Scénario Test* : Un *Pyromancien Sauvage* à 1 PV. Vous lancez un sort qui lui donne +2

PV. Le sort déclenche d'abord l'effet du Pyromancien (1 dégât de zone). Le Pyromancien tombe à 0 PV (Tag MORTALLY_WOUNDED). Le sort se résout ensuite et lui donne +2 PV. À la fin de la phase, le Pyromancien a 2 PV : il survit et le Tag MORTALLY_WOUNDED est retiré.

- **Séquencement des Râles d'agonie (Deathrattles)** : Si plusieurs serviteurs meurent lors de la même vérification, leurs Râles d'agonie sont résolus séquentiellement selon l'**Ordre de Jeu (Play Order)**.¹⁴ Le "First In" (premier joué) est le "First Out" (premier déclenché).

4.3. Distinction "Jouer" vs "Invoquer"

Le moteur doit distinguer deux types d'entrée en jeu, qui activent des triggers différents¹⁶ :

1. **Play (Jouer)** : Action de payer le mana et de sortir la carte de la main.
 - Séquence : Carte quitte la main -> Entrée en zone PLAY -> **Battlecry Phase** -> **Secret Activation Phase** -> **After Play Phase**.
2. **Summon (Invoquer)** : Apparition d'un serviteur par un effet (ou partie de la séquence "Play").
 - Séquence : Entrée en zone PLAY -> **After Summon Phase**.

Interaction Complex Documentée 16 :

Si un serviteur avec Cri de Guerre (ex: inflige 2 dégâts) tue un Savant Fou (Mad Scientist) :

1. Le serviteur entre en jeu.
2. **Battlecry Phase** : Le Savant Fou meurt.
3. **Death Processing** : Le Râle d'agonie du Savant met en jeu le secret *Entité Miroir*.
4. **After Play Phase** : Le secret *Entité Miroir* détecte qu'un serviteur a été joué.
5. **Résultat** : Le secret se déclenche et copie le serviteur, même si le secret n'était pas là au début de l'action.

5. Structure Cyclique : Le Tour de Jeu

Le cycle de jeu suit une machine à états finis rigoureuse.¹¹

5.1. Début de Tour (Start of Turn)

1. **Incrémantion Mana** : MaxMana = Min(10, MaxMana + 1). CurrentMana = MaxMana (sauf Surcharge).
2. **Traitemet Surcharge** : Les cristaux verrouillés le tour précédent sont déverrouillés ; les cristaux surchargés pour ce tour sont verrouillés.
3. **Réveil** : Le Tag EXHAUSTED (Mal d'invocation) est retiré de tous les serviteurs contrôlés par le joueur actif.
4. **Déclencheurs "Start of Turn"** : Résolution des effets (ex: Doomsayer).

5.2. Phase de Pioche (Draw Phase)

1. Le joueur pioche une carte.
2. Si le deck est vide : **Algorithme de Fatigue**.
 - La Fatigue est une entité de dégâts incrémentale.
 - FatigueDamage = PreviousFatigue + 1.
 - Le Héros subit FatigueDamage. Cette instance de dégâts ne peut être prévenue par le Bouclier Divin, mais peut l'être par l'Immunité.¹⁷
3. Déclencheurs "On Draw" (*Casts When Drawn*).

5.3. Phase d>Action et Limites Temporelles

- **Timer** : 75 secondes par tour.
- **Corde (Fuse)** : S'active à T-20 secondes.
- **Slush Time** : Le serveur ajoute un délai dynamique pour compenser la durée des animations. Le moteur logique doit séparer le "Temps Logique" du "Temps d'Animation".

5.4. Fin de Tour (End of Turn)

1. Déclencheurs "End of Turn" : (ex: *Ragnaros, Totems du Chaman*).
2. **Nettoyage Temporaire** : Suppression des enchantements "Until end of turn" (ex: +2 Attaque ce tour-ci).
3. **Hand Size Check** : Si la main contient > 10 cartes, les cartes excédentaires sont défaussées (Discarded) selon la règle FIFO (les plus anciennes ou celles générées en trop). Généralement les excédents de fin de tour ne se produisent pas car la défausse se fait à la pioche/génération. La vérification ici est rare mais possible via des effets de fin de tour générant des cartes).
4. **Basculement** : Le joueur actif change.

5.5. Limites Hard-Coded (Hard Limits)

Le système doit implémenter des constantes immuables pour éviter les crashes¹⁹ :

- **Mana Cap** : 10 (sauf modification explicite type *Guff*).
- **Board Cap** : 7 Serviteurs (les tentatives d'invocation supplémentaires échouent silencieusement).
- **Hand Cap** : 10 Cartes (les pioches supplémentaires détruisent la carte "Burn").
- **Turn Cap** : 89 Tours complets. Au début du 90ème tour, la partie se termine par un **Match Nul** forcé (Double Defeat), ignorant toute immunité.¹⁷

6. Taxonomie des Cartes et Attributs

La base de données des cartes doit supporter une structure polymorphe riche.

6.1. Serviteurs (Minions)

- **Attributs primaires** : Coût, Attaque, Santé.
- **Races (Tribes)** : Une énumération critique pour les synergies.²² Liste exhaustive : *Beast, Demon, Dragon, Elemental, Mech, Murloc, Naga, Pirate, Totem, Undead*. Le type *All* (*Amalgam*) possède tous ces tags simultanément.

6.2. Sorts (Spells) et Écoles de Magie

Depuis l'extension *Forged in the Barrens*, les sorts possèdent un attribut "École" (Spell School).²³ Ceci est crucial pour les interactions de type "Renvoie un sort de Givre dans votre main".

- **Liste des Écoles** : *Arcane, Fel (Vile), Fire, Frost, Holy (Sacré), Nature, Shadow (Ombre)*.

6.3. Armes et Lieux (Locations)

- **Armes** : Possèdent ATTACK et DURABILITY. La réduction de durabilité lors d'une attaque est une règle système implicite, sauf si l'arme est *Insensible* (ex: *Gorehowl* lors d'une attaque sur serviteur).¹⁸
- **Lieux** : Occupent un slot sur le plateau (Board Cap de 7 inclut les Lieux). Possèdent DURABILITY et COOLDOWN. Ne peuvent pas attaquer ni être attaqués.

7. Mécaniques de Classes et Systèmes Spécifiques

Certaines classes introduisent des sous-systèmes complets qui nécessitent une architecture dédiée.

7.1. Le Système du Chevalier de la Mort (Death Knight)

Le DK requiert deux modules logiques supplémentaires²⁴ :

A. Le Système de Cadavres (Corpses)

C'est une ressource globale accumulée par le Joueur (Entity Player).

- **Génération** : +1 Cadavre chaque fois qu'un serviteur *allié* meurt.
- **Exception Risen** : Les serviteurs invoqués à partir de cadavres (ex: les goules de *Army of the Dead*) possèdent un tag interne (ex: *DONT_LEAVE_CORPSE*) pour empêcher la boucle infinie. Ils ne génèrent pas de cadavre à leur mort.
- **Consommation** : Les cartes "Spend Corpses" vérifient le compteur. Si *Corpses* >= *Cost*, la ressource est consommée et l'effet amélioré s'active. C'est souvent binaire (tout ou rien).

B. Le Système de Runes (Deckbuilding)

C'est une contrainte de validation pré-partie, mais l'information doit être stockée dans l'entité

Deck.

- **Types** : Blood (Rouge), Frost (Bleu), Unholy (Vert).
- **Logique** : Un deck dispose de 3 "slots" de runes (ex: BBF). Une carte coûtant uu (2 Unholy) ne peut pas être intégrée dans ce deck.

7.2. Logique des Pouvoirs Héroïques (Hero Powers)

Le système doit gérer l'évolution des pouvoirs (via *Justicar Trueheart* ou *Baku*). Voici la table de conversion technique indispensable²⁸ :

| Classe | Pouvoir Basique | Coût | Effet Technique | Pouvoir Amélioré | Effet Amélioré |
|--------------|---------------------|------|--|---------------------|--|
| Demon Hunter | <i>Demon Claws</i> | 1 | Hero +1 Atk (Tour). | <i>Demon's Bite</i> | Hero +2 Atk (Tour). Coût reste à 1. |
| Death Knight | <i>Ghoul Charge</i> | 2 | Invoque <i>Frail Ghoul</i> (1/1 Charge, meurt fin tour). | <i>Ghoul Frenzy</i> | Invoque <i>Frail Ghoul</i> (2/1 Charge, meurt fin tour). |
| Shaman | <i>Totemic Call</i> | 2 | Invoque 1 Totem aléatoire du pool (Non-doublon si possible avant, maintenant full RNG?). Note: Voir détails ci-dessous. | <i>Totemic Slam</i> | Choix d'un Totem du pool. |
| Warlock | <i>Life Tap</i> | 2 | Draw 1, Deal 2 dmg to Hero. | <i>Soul Tap</i> | Draw 1, 0 dmg to Hero. |

| | | | | | |
|----------------|-----------------------|---|---------------------------|-------------------------|----------------------------------|
| Hunter | <i>Steady Shot</i> | 2 | Deal 2 dmg to Enemy Hero. | <i>Ballista Shot</i> | Deal 3 dmg to Enemy Hero. |
| Warrior | <i>Armor Up!</i> | 2 | Gain 2 Armor. | <i>Tank Up!</i> | Gain 4 Armor. |
| Mage | <i>Fireblast</i> | 2 | Deal 1 dmg (Cible). | <i>Fireblast Rank 2</i> | Deal 2 dmg (Cible). |
| Priest | <i>Lesser Heal</i> | 2 | Restore 2 Health (Cible). | <i>Heal</i> | Restore 4 Health (Cible). |
| Paladin | <i>Reinforce</i> | 2 | Summon 1/1 Recruit. | <i>The Silver Hand</i> | Summon Two 1/1 Recruits. |
| Druid | <i>Shapeshift</i> | 2 | +1 Atk/+1 Armor. | <i>Dire Shapeshift</i> | +2 Atk/+2 Armor. |
| Rogue | <i>Dagger Mastery</i> | 2 | Equip 1/2 Dagger. | <i>Poisoned Daggers</i> | Equip 2/2 Dagger. |

Spécificité du Pool de Totems Chaman 30 :

Le pool de base a évolué. Pour une recréation moderne ("Standard"), le pool contient :

1. *Healing Totem* (0/2, Soigne 1 à la fin du tour aux alliés).
2. *Searing Totem* (1/1, Pas d'effet).
3. *Stoneclaw Totem* (0/2, Taunt).
4. Strength Totem (0/2, Buff +1 Atk à un allié aléatoire fin de tour).

Note Historique : Strength Totem a remplacé Wrath of Air Totem (Dégâts des sorts +1) pour réduire la variance. Le moteur doit pouvoir basculer ce pool selon le format (Legacy vs Standard).

8. Dictionnaire des Mots-Clés et Matrice d'Interactions

L'implémentation des mots-clés ne doit pas être hard-codée par carte, mais gérée comme

des comportements génériques.

8.1. Mots-clés Evergreen et Logique Temporelle

- **Battlecry (Cri de Guerre)** : S'active si la carte est Jouée (pas Invoquée). Se résout avant que le serviteur ne soit "officiellement" sur le plateau pour les triggers "After Summon".
- **Deathrattle (Râle d'agonie)** : S'active à la mort. Sensible à l'ordre de jeu.
- **Divine Shield (Bouclier Divin)** :
 - Logique : IF Damage > 0 AND HasDivineShield THEN Damage = 0, RemoveDivineShield.
 - Conséquence : Les triggers "On Damage" (ex: Acolyte of Pain) ne s'activent pas. Les effets *Lifesteal* et *Poisonous* ne s'activent pas (car Dégâts = 0).³²
- **Freeze (Gel)** :
 - Logique : Un personnage gelé saute sa *prochaine* opportunité d'attaque.
 - Si le personnage n'a pas encore attaqué ce tour : Il ne peut pas attaquer maintenant (décongèle à la fin du *prochain* tour du contrôleur).
 - S'il a déjà attaqué (ou n'a pas l'initiative) : Il reste gelé jusqu'à la fin de son *prochain* tour.³³

8.2. Matrice de Ciblage : Stealth vs Immune vs Elusive

Ces trois mots-clés sont souvent confondus. Voici la matrice technique pour le moteur de validation de ciblage¹⁸ :

| Type d'Action / État de la Cible | Stealth (Camouflage) | Elusive (Insaïssable) | Immune (Insensible) |
|---------------------------------------|----------------------|-----------------------|---------------------|
| Ciblage par Sort ENNEMI | BLOQUÉ | BLOQUÉ | BLOQUÉ |
| Ciblage par Pouvoir Héroïque ENNEMI | BLOQUÉ | BLOQUÉ | BLOQUÉ |
| Ciblage par Cri de Guerre (Battlecry) | BLOQUÉ | AUTORISÉ (Critique!) | BLOQUÉ |
| Attaque Physique (Combat) | BLOQUÉ | AUTORISÉ | BLOQUÉ |
| Ciblage par le | AUTORISÉ | AUTORISÉ | AUTORISÉ |

| PROPRIÉTAIRE (Buffs) | | | |
|--|------------|------------|---|
| Effet Aléatoire (ex: Deadly Shot) | VULNÉRABLE | VULNÉRABLE | INVULNÉRABLE (Targeting ok, mais Dégâts = 0) |
| Effet de Zone (AOE) - Dégâts | VULNÉRABLE | VULNÉRABLE | INVULNÉRABLE (Dégâts prévenus) |
| Effet de Zone (AOE) - Destruction | VULNÉRABLE | VULNÉRABLE | VULNÉRABLE (ex: <i>Twisting Nether</i>) |

Note sur Elusive : Le mot-clé (souvent appelé "Faerie Dragon effect" avant d'être nommé) empêche *uniquement* le ciblage par Sorts et Pouvoirs Héroïques. Un serviteur Elusive PEUT être ciblé par un Cri de Guerre (ex: *Keeper of the Grove*), une Arme ou un Lieu.³⁴

9. Algorithmes de Combat et de Dommages

9.1. Séquence d'Attaque

L'acte d'attaquer initie une Séquence complète :

1. **Pré-validation** : Vérification des cibles valides (Taunt prioritaire, exclusion Stealth/Immune).
2. **Attack Declaration** : Déclenchement des "Whenever/When you attack" (ex: *Truesilver Champion*).
 - Si la cible meurt ou devient invalide à cette étape, l'attaque est annulée (pas de perte de durabilité, pas d'épuisement).
3. **Redirection (Ogre Rule)** : Si l'attaquant a "50% chance to attack wrong enemy"³⁷ :
 - Le moteur sélectionne une nouvelle cible aléatoire parmi les ennemis valides.
 - **Exception Critique** : La redirection peut contourner *Taunt* et *Stealth*. Si l'Ogre vise un Taunt, que l'effet proc, il peut taper le Héros camouflé ou un serviteur protégé derrière le Taunt.¹⁸
4. **Combat Damage Step** : Application simultanée des dégâts.
5. **Post-Attack** : Déclencheurs "After you attack".

9.2. Calcul des Dégâts (Damage Calculation)

Le système doit supporter les modificateurs dynamiques :

- FinalDamage = (BaseAtk + Buffs) * Multipliers (x2 via Double Dégâts).
 - **Spell Damage** : S'applique aux sorts infligeant des dégâts. S'applique AVANT les multiplicateurs (ex: *Prophet Velen* double le total après ajout du Spell Damage).
-

10. Contraintes de Gestion des Ressources et Limites Techniques

Pour finir, une simulation précise doit respecter les limites "en dur" du jeu, souvent utilisées stratégiquement par les joueurs (ex: "Miller" l'adversaire).

10.1. Limites de Zone (Hard Caps)

- **Main (Hand)** : 10 cartes. Si une carte doit être ajoutée (Pioche ou Génération) alors que Count == 10, l'entité est **Détruite** (Burned). Elle est révélée à l'adversaire dans le log, puis envoyée au Graveyard (mais ne compte pas toujours comme "Défaussée" pour les synergies Discard, c'est une destruction mécanique).
- **Plateau (Board)** : 7 emplacements. Inclut les Serviteurs, les Lieux et les Portails permanents (ex: *Nether Portal*). Les tentatives d'invocation sur un plateau plein échouent (le sort est lancé, le mana payé, mais le serviteur n'apparaît pas).
- **Secrets** : 5 Secrets (ou Quêtes) max par joueur. Impossible de jouer un 6ème secret.²¹

10.2. Limites Temporelles et Tours

- **Turn Limit** : Le match se termine par un Nul au début du 90ème tour (45 tours par joueur). Ceci est une sécurité serveur pour éviter les boucles infinies.¹⁷
- **Animation Overlap** : Le moteur logique résout souvent le tour entier en quelques millisecondes, mais le client joue les animations séquentiellement. Le "Roping" (mèche) est basé sur le temps serveur, pas le temps d'animation client, ce qui peut causer des tours sautés si les animations sont trop longues (Nozdormu effect).

Ce rapport couvre l'architecture logique nécessaire pour émuler *Hearthstone*. La clé du succès réside dans l'implémentation rigoureuse du système de **Tags** et du gestionnaire de **Séquences**, qui doivent primer sur toute logique visuelle.

Sources des citations

1. The Hearthstone Game State Protocol – HearthSim – Hearthstone ..., consulté le janvier 5, 2026, <https://heartsim.info/docs/gamestate-protocol/>
2. Developer Insights: 12.0 Game Mechanics Update - Hearthstone, consulté le janvier 5, 2026, <https://playhearthstone.com/en-us/blog/21965466/>
3. Mulligan - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026, <https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Mulligan>
4. Confirm how the mulligan works? - Community Discussion - Hearthstone

Forums, consulté le janvier 5, 2026,
<https://us.forums.blizzard.com/en/hearthstone/t/confirm-how-the-mulligan-works/6699>

5. Someone enlighten me on mulligan statistics - Multiplayer Discussion - Hearthstone Forums, consulté le janvier 5, 2026,
<https://us.forums.blizzard.com/en/hearthstone/t/someone-enlighten-me-on-mulligan-statistics/82494>
6. How to use The Coin : r/hearthstone - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/1xa374/how_to_use_the_coin/
7. How does the coin work exactly - Multiplayer Discussion - Hearthstone Forums, consulté le janvier 5, 2026,
<https://us.forums.blizzard.com/en/hearthstone/t/how-does-the-coin-work-exactly/106242>
8. Why is the coin considered a spell? : r/hearthstone - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/27bwep/why_is_the_coin_considered_a_spell/
9. Hearthstone Mulligan Table - probabilities of having the cards you mulligan for in the opening hand : r/CompetitiveHS - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/CompetitiveHS/comments/2t68sy/hearthstone_mulligan_table_probabilities_of/
10. Mulligan Probabilities, AKA, Why That Shaman Always Has the Trogg : r/hearthstone, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/3ypgxr/mulligan_probabilities_aka_why_that_shaman_always/
11. Advanced rulebook - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Advanced_rulebook
12. Advanced Concepts - Hearthstone: Heroes of WarCraft Guide - IGN, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.ign.com/wikis/hearthstone-heroes-of-warcraft/Advanced_Concepts
13. Talk:Advanced rulebook - Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
https://hearthstone.fandom.com/wiki/Talk:Advanced_rulebook
14. terminology hearthstone - What is order of play and how does it work? - Arqade, consulté le janvier 5, 2026,
<https://gaming.stackexchange.com/questions/238064/what-is-order-of-play-and-how-does-it-work>
15. Can someone explain how the order of deathrattle works? (For example, what happens when a Sylvanas attacks another Sylvanas?) : r/hearthstone - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/46ac1i/can_someone_explain_how_the_order_of_deathrattle/
16. [Hearthstone Science] Battlecries Resolve AFTER The Minion Enters Play - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/417g6m/hearthstone_science_battlecries_resolve_after_the/

17. Gameplay - Hearthstone Wiki - Fandom, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.fandom.com/wiki/Gameplay>
18. Immune - Hearthstone Wiki - Fandom, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.fandom.com/wiki/Immune>
19. Explain how it's not a bug, that Kil'Jaeden is limited to 30 cards and that can cause fatigue. : r/hearthstone - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/1jnclw2/explain_how_its_not_a_bug_that_kiljaeden_is/
20. Game analysis - Hearthstone deck size : r/gamedesign - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/gamedesign/comments/5cuz1a/game_analysis_hearthstone_deck_size/
21. Is there a maximum number of secrets you can get when you play yogg? : r/hearthstone, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/4ou6n8/is_there_a_maximum_number_of_secrets_you_can_get/
22. Minion - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Minion>
23. Spell - Hearthstone Wiki - Fandom, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.fandom.com/wiki/Spell>
24. Death Knight Deep Dive - Hearthstone - Blizzard Entertainment, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.blizzard.com/en-us/news/23852696/death-knight-deep-dive>
25. Rune - Hearthstone Wiki - Fandom, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.fandom.com/wiki/Rune>
26. Death Knight - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Death_Knight
27. An In-Depth Look at Death Knight, Hearthstone's Newest Class - Ghoul Hero Power, Rune System, Corpses Mechanic, New Cards, and More - Out of Games, consulté le janvier 5, 2026,
<https://outof.games/news/5527-an-in-depth-look-at-death-knight-hearthstones-newest-class-ghoul-hero-power-rune-system-corpses-mechanic-new-cards-and-more/>
28. Hero Power - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Hero_Power
29. Justicar Trueheart - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Justicar_Trueheart
30. Shaman - Hearthstone Wiki - Fandom, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.fandom.com/wiki/Shaman>
31. Strength Totem - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Strength_Totem
32. Keywords & Mechanics in Hearthstone - Out of Games, consulté le janvier 5, 2026, <https://outof.games/news/207-keywords-mechanics-in-hearthstone/>
33. Ability - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Ability>

34. In case u wondered, the answer is No. : r/hearthstone - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/1o5bz1u/in_case_u_wondered_the_answer_is_no/
35. Elusive = immune? : r/hearthstone - Reddit, consulté le janvier 5, 2026,
https://www.reddit.com/r/hearthstone/comments/1cu88fh/elusive_immune/
36. Target - New Hearthstone Wiki, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.wiki.gg/wiki/Target>
37. Ability - Hearthstone Wiki - Fandom, consulté le janvier 5, 2026,
<https://hearthstone.fandom.com/wiki/Ability>