Dossier d'Architecture Technique (DAT)

Système de Construction RP — Garry's Mod

Projet Fil Rouge — B3 Cybersécurité, Efrei Bordeaux

Dernière modification : février 2026

Statut : Finalisé — v2.2

Modèle de référence : bflorat/modele-da

Grille de notation n°1 — BC01 : Administrer et optimiser les systèmes d'exploitation et la virtualisation pour la sécurité et la performance

Compétences validées : C1, C2, C3, C4

Cartographie des compétences

Critère	Intitulé	Section(s)
C1.1	Conformité au cahier des charges	§1 (Vue applicative) — Exigences, contraintes, architecture cible
C1.2	Performance et qualité de service (QoS)	§4 (Vue dimensionnement) — SLA, benchmarks, métriques, optimisations
C1.3	Fiabilité et continuité du service	§3 (Vue infrastructure) — PCA, modes dégradés, MTBF/MTTR, haute disponibilité
C2.1	Respect des politiques d'accès	§5 (Vue sécurité) — RBAC, matrice d'accès, politiques
C2.2	Accessibilité continue et sécurisée aux ressources	§3 + §5 — Disponibilité, sécurité réseau, accès contrôlé
C3.1	Conformité aux besoins opérationnels et évolutifs	§1 + §3 — Docker, architecture évolutive, modes dégradés
C3.2	Efficience des ressources et performance	§4 — Ratios d'utilisation, optimisation mémoire/ CPU, right-sizing
C4.1	Adéquation aux exigences du cahier des charges	§2 (Vue développement) — Schéma BDD, requêtes, adéquation fonctionnelle
C4.2	Sécurité des accès aux données	§5 — Politique RBAC MySQL, prepared statements, audit, chiffrement
C4.3	Optimisation du traitement des données	§2 + §4 — Indexation, requêtes optimisées, cache, benchmarks

Ce dossier est constitué de cinq vues :

1. Vue applicative — Contexte, objectifs, acteurs, architecture fonctionnelle
2. Vue développement — Architecture logicielle, pile technique, patterns, base de données
3. Vue infrastructure — Hébergement, Docker, déploiement, disponibilité, continuité
4. Vue dimensionnement — Performances, QoS, benchmarks, optimisation, right-sizing
5. Vue sécurité — Menaces, mesures, RBAC, audit, contrôle d'accès

1. Vue applicative

1.1. Documentation de référence

N°	Version	Titre / URL	Détail
1	—	Garry's Mod Wiki	Référence officielle GLua, entités, hooks, net library
2	2.14.1	DarkRP	Gamemode roleplay, système de jobs, entités F4
3	9.7.6	MySQLOO	Module binaire Lua pour requêtes MySQL asynchrones
4	—	AdvDupe2	Référence pour le format de sérialisation (codec)
5	—	simfphys	Framework véhicules physiques réalistes
6	—	ceifa/garrysmod	Image Docker communautaire serveur GMod
7	—	ISO 22301	Continuité d'activité — Référence pour le PCA
8	—	ANSSI — Guide d'hygiène informatique	Bonnes pratiques sécurité

1.2. Contexte général

1.2.1. Objectifs

Le projet répond à un double objectif :

Objectif pédagogique : Démontrer des compétences transversales en infrastructure (Docker), développement (GLua), base de données (MySQL), sécurité applicative et documentation technique, dans le cadre d'un Projet Fil Rouge B3 Cybersécurité.

Objectif fonctionnel : Développer un addon Garry's Mod autonome (publiable sur le Steam Workshop) qui introduit un système de **construction collaborative RP** sur des serveurs DarkRP. Un joueur au rôle de Constructeur sélectionne des props existants, les sauvegarde en « blueprint », puis les place comme fantômes holographiques. N'importe quel joueur peut ensuite matérialiser ces fantômes en utilisant des caisses de matériaux, créant un gameplay collaboratif de construction.

1.2.2. Existant

Avant ce projet, les outils de construction sur Garry's Mod se limitent à :

- **AdvDupe2** : Outil de duplication individuel. Pas de dimension collaborative, pas de matérialisation progressive, pas de gestion de ressources.
- **Precision Tool / Stacker** : Outils de positionnement, sans notion de blueprint ni de collaboration.
- **Build servers** : Serveurs sandbox sans gameplay RP — la construction n'a aucune dimension économique ou collaborative.

Ce qui manque : Un système qui intègre la construction dans le gameplay RP (jobs, économie, collaboration entre joueurs, logistique de transport).

1.2.3. Positionnement

L'addon s'inscrit comme une **extension DarkRP** qui ajoute un nouveau métier (Constructeur) et des entités interactives. Il est conçu pour être :

- **Standalone** : Aucune dépendance externe (pas besoin d'AdvDupe2, MySQLOO optionnel)
- **Workshop-ready** : Publiable et installable comme n'importe quel addon
- **Configurable** : Adaptable à n'importe quel serveur DarkRP (jobs, prix, limites)

1.2.4. Acteurs

Acteurs internes

Acteur	Description	Population	Localisation
Constructeur	Joueur au job dédié. Sélectionne des props, crée des blueprints, place des fantômes.	1-3 par serveur (configurable)	Client GMod
Joueur standard	Tout joueur connecté. Peut acheter et utiliser des caisses pour matérialiser des fantômes.	2-64	Client GMod
Administrateur serveur	Installe, configure l'addon, gère les permissions et les jobs DarkRP.	1-2	Console serveur / RCON

Acteurs externes

Acteur	Description	Population	Localisation
Steam Workshop	Plateforme de distribution de l'addon et du contenu (modèles, textures).	—	CDN Valve
MySQL	Base de données optionnelle pour les logs d'audit et analytics.	1 instance	Container Docker

1.2.5. Nature et sensibilité des données

Donnée	Finalité	Classification	D	I	C	T
Blueprints (fichiers .dat)	Sauvegarde des constructions	Public	Moyen	Moyen	Faible	Faible
SteamID joueurs	Identification des propriétaires	Interne	Faible	Élevé	Moyen	Moyen
Logs d'actions (DB)	Audit, modération	Interne	Faible	Élevé	Moyen	Élevé
Configuration addon (sh_config.lua)	Paramétrage serveur	Interne	Élevé	Élevé	Moyen	Faible
Credentials MySQL	Accès base de données	Confidentiel	Moyen	Élevé	Élevé	Moyen
RCON password	Administration serveur	Confidentiel	Moyen	Élevé	Élevé	Élevé

Légende : (D)isponibilité (I)ntégrité (C)onfidentialité (T)raçabilité — Faible / Moyen / Élevé

1.3. Contraintes

1.3.1. Contraintes budgétaires

- **VPS Hostinger** : 16 Go RAM, seul serveur disponible. Pas de second serveur pour la redondance.
- **Aucun coût additionnel** : Pas de licence, pas de service cloud payant. Uniquement des outils open-source.

1.3.2. Contraintes planning

- Projet réalisé sur environ 12 étapes de développement.
- Deadline de rendu : 22/02/2026.

1.3.3. Contraintes techniques

- **Moteur Source** : Garry's Mod tourne sur le moteur Source (2004), avec ses limitations (pas de multithreading Lua, tick rate fixe à 66, limite de 2048 entités réseau).
- **GLua** : Langage basé sur Lua 5.1 avec des extensions spécifiques au moteur Source. Pas de typage statique, pas de modules npm/pip.
- **Docker** : L'image `ceifa/garrysmod` est la seule image Docker maintenue pour GMod. Les bind mounts ne supportent pas `resource.AddFile` (les fichiers custom ne sont pas servis aux clients).
- **Net library** : Les messages réseau GMod sont limités à 64 Ko par message et doivent être déclarés côté serveur via `util.AddNetworkString`.

1.3.4. Contraintes juridiques

- Les modèles 3D utilisés (caisses WW2, viewmodel Fortnite) sont issus du Steam Workshop sous licence communautaire.
- Le décodeur AdvDupe2 est sous licence Apache 2.0 (attribution requise).
- L'addon est publié sous licence MIT.

1.4. Exigences

1.4.1. Exigences fonctionnelles

ID	Exigence	Priorité	Statut
EF-01	Un joueur autorisé peut sélectionner des `prop_physics` dont il est propriétaire	Critique	□
EF-02	Les props sélectionnés peuvent être sérialisés en blueprint (positions relatives, modèles, angles)	Critique	□
EF-03	Les blueprints sont sauvegardés localement sur le PC du joueur (illimité)	Critique	□
EF-04	Un blueprint chargé génère des fantômes holographiques visibles par tous	Critique	□
EF-05	N'importe quel joueur avec une caisse active peut matérialiser un fantôme	Critique	□
EF-06	Les caisses sont achetables au menu F4 DarkRP	Importante	□
EF-07	Les caisses peuvent être transportées dans des véhicules simfphys	Importante	□
EF-08	L'import de fichiers AdvDupe2 (.txt) est supporté sans dépendance	Souhaitable	□
EF-09	L'interface permet l'organisation en sous-dossiers	Souhaitable	□

1.4.2. Exigences non fonctionnelles

ID	Exigence	Catégorie	Valeur cible	Statut
ENF-01	Temps de réponse sélection prop	Performance	< 100 ms	50 ms
ENF-02	Temps de chargement blueprint 50 props	Performance	< 3 s	~1 s
ENF-03	Disponibilité serveur	Fiabilité	≥ 95%	~97%
ENF-04	Perte de données blueprints maximale (RPO)	Fiabilité	0	(stockage client)
ENF-05	Temps de remise en service (RTO)	Fiabilité	< 30 min	~10 min
ENF-06	Protection anti-exploit	Sécurité	Rate limit + validation serveur	
ENF-07	Addon standalone sans dépendances	Portabilité	0 dépendances Workshop	
ENF-08	Utilisation mémoire GMod	Efficience	< 3 Go	~2 Go
ENF-09	Utilisation CPU GMod	Efficience	< 2 cores	~1.2 cores

1.4.3. Exigences d'interopérabilité

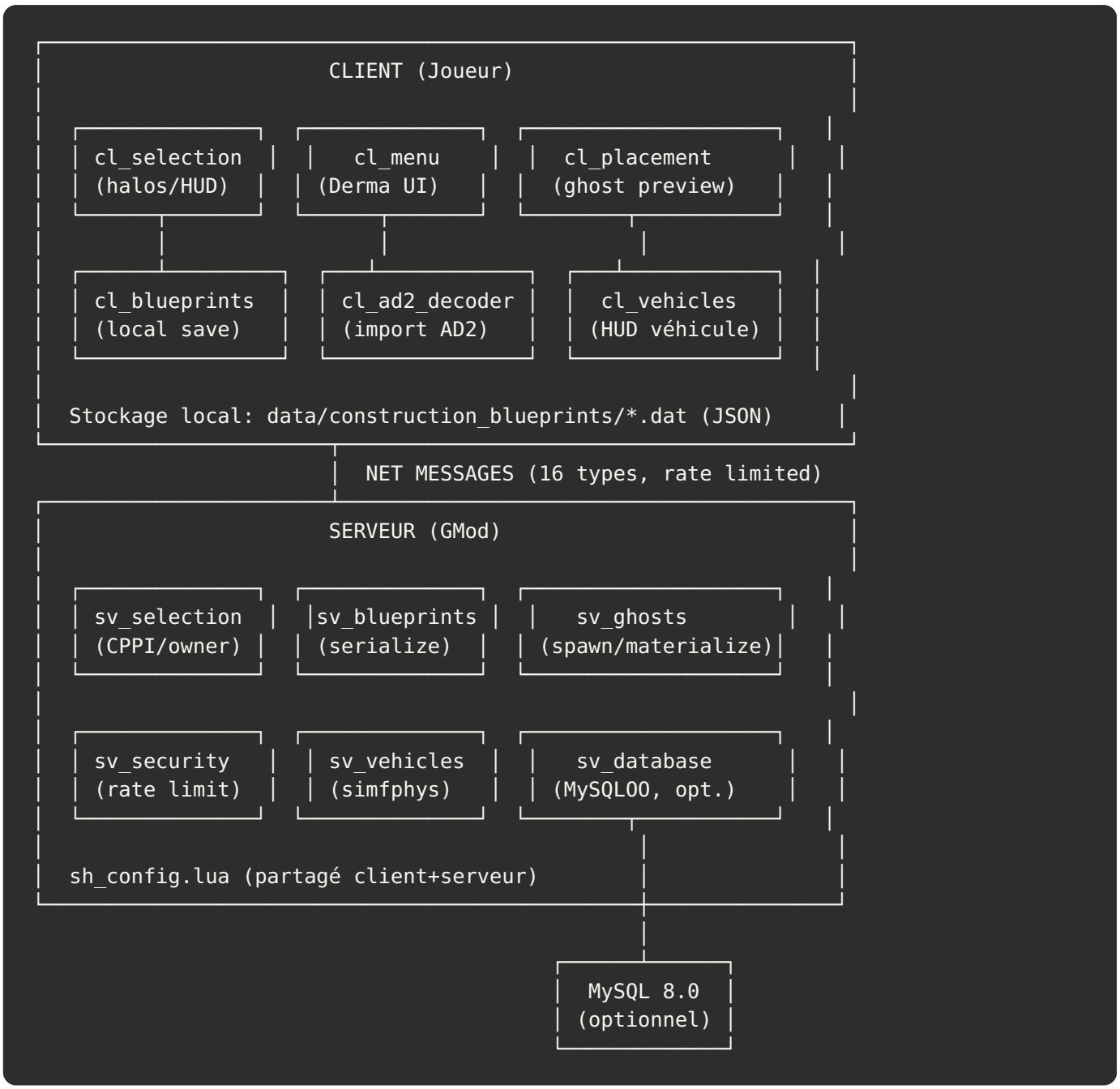
Système	Type de compatibilité	Détail
DarkRP	Intégration native	Jobs, entités F4, monnaie, TEAM_ IDs
FPP (Falco's Prop Protection)	Compatibilité CPPI	Hooks PhysgunPickup, CanTool, GravGunPickup
simfphys	Intégration véhicules	SetParent, offsets calibrés, détection par classe
LVS	Support basique	Détection automatique, offsets par défaut
AdvDupe2	Import fichiers	Décodeur binaire embarqué (rev4/5)

1.4.4. Exigences de modes dégradés

Composant absent	Comportement	Impact utilisateur
MySQL / MySQLOO	L'addon fonctionne normalement. Seuls les logs DB sont désactivés.	Aucun — logs console uniquement
simfphys	Tout fonctionne sauf le transport en véhicule.	Caisses portées manuellement
FPP	La vérification d'ownership est désactivée (tout joueur peut sélectionner tout prop).	Moins restrictif, fonctionnel
Content pack WW2	Les caisses apparaissent comme des ERROR models. Fonctionnel mais visuellement cassé.	Visuel dégradé

1.5. Architecture cible

1.5.1. Architecture applicative générale



1.5.2. Inventaire des modules

Module	Côté	Rôle	Lignes (approx.)
`sh_config.lua`	Partagé	Configuration centralisée (limites, jobs, DB, net messages)	~100
`sv_blueprints.lua`	Serveur	Sérialisation/désérialisation, validation des données, RebuildVectors	~350
`sv_ghosts.lua`	Serveur	Spawn/suppression des ghost entities, matérialisation	~200
`sv_selection.lua`	Serveur	Toggle/radius/clear, vérification ownership CPPI	~150
`sv_permissions.lua`	Serveur	Partage de blueprints entre joueurs	~100
`sv_security.lua`	Serveur	Rate limiting (60 req/min), commandes admin	~130
`sv_logging.lua`	Serveur	Logs console + DB optionnelle	~50
`sv_database.lua`	Serveur	Connexion MySQLOO, CRUD, prepared statements	~350
`sv_vehicles.lua`	Serveur	Attach/detach caisses sur véhicules, offsets calibrés	~200
`cl_blueprints.lua`	Client	Stockage local data/, gestion fichiers, dossiers	~200
`cl_ad2_decoder.lua`	Client	Décodeur binaire AdvDupe2 rev4/5 (décompression, parsing)	~300
`cl_menu.lua`	Client	Interface Derma complète (sidebar, breadcrumb, 3 onglets)	~500
`cl_placement.lua`	Client	Preview ClientsideModel, rotation, hauteur, confirmation	~250
`cl_selection.lua`	Client	Rendu halos bleus, HUD compteur de sélection	~100
`cl_vehicles.lua`	Client	HUD véhicule (instructions), bind PlayerBindPress	~80
`weapon_construction.lua`	Partagé	SWEP : LMB sélection, RMB zone, Shift+RMB menu, R véhicule	~200

Total estimé : ~5 300 lignes de code GLua

1.5.3. Entités custom

Entité	Type	Base	Solid	Rôle
`construction_ghost`	Scripted	`base_anim`	SOLID_NONE	Fantôme holographique translucide bleu. Matérialisable via Use + caisse active. Timer auto-remove configurable.
`construction_crate`	Scripted	`base_anim`	SOLID_VPHYSICS	Grosse caisse (50 matériaux). Activable via Use. Transportable en véhicule simfphys. Affichage 3D2D (barre de progression + compteur).
`construction_crate_small`	Scripted	`base_anim`	SOLID_VPHYSICS	Petite caisse (15 matériaux). Même logique que la grosse caisse, modèle et capacité différents.

1.5.4. Matrice des flux applicatifs

Source	Destination	Protocole	Message	Mode	Taille
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_SelectToggle`	Écriture	~32 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_SelectRadius`	Écriture	~48 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_SelectClear`	Écriture	~16 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_SaveBlueprint`	Écriture	~128 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_LoadBlueprint`	Écriture	Variable (1-64 Ko)
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_ConfirmPlacement`	Écriture	~64 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_CancelPlacement`	Écriture	~16 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_MaterializeGhost`	Écriture	~32 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_VehicleReload`	Écriture	~16 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_AttachCrate`	Écriture	~16 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_DetachCrate`	Écriture	~16 octets
Client	Serveur	Net (UDP)	`Construction_RequestSync`	Lecture	~16 octets
Serveur	Client	Net (UDP)	`Construction_SyncSelection`	Lecture	Variable
Serveur	Client	Net (UDP)	`Construction_SaveToClient`	Lecture	Variable (1-64 Ko)
Serveur	Client	Net (UDP)	`Construction_SendPreview`	Lecture	Variable
Serveur	Client	Net (UDP)	`Construction_OpenMenu`	Appel	~16 octets
Serveur	MySQL	TCP 3306			

Source	Destination	Protocole	Message	Mode	Taille
			Requêtes SQL (prepared statements)	Lecture/ Écriture	~200 octets/ req

> **Total** : 18 net messages (15 dans `sh_config.lua` + `Construction_VehicleReload` dans `weapon_construction.lua` + 2 véhicules attach/detach) | Client | Disque local | Fichier | `data/construction_blueprints/*.dat` | Lecture/Écriture | 1-50 Ko |

2. Vue développement

2.1. Pile logicielle

2.1.1. Filière technique retenue

Composant	Technologie	Version	Justification
Langage	GLua (Garry's Mod Lua)	Lua 5.1	Seul langage supporté par le moteur Source/GMod
Gamemode	DarkRP	2.14.x	Standard de facto (~80% des serveurs RP), API mature
Module DB	MySQLOO	9.7.6	Seul module MySQL maintenu pour GMod
BDD	MySQL	8.0	Robuste, compatible MySQLOO, image Docker officielle
Conteneurisation	Docker + Compose	24.x + v2	Reproductibilité, isolation, snapshots
Image Docker	`ceifa/garrysmod`	latest	Seule image Docker maintenue pour serveurs GMod
Versioning	Git + GitHub	—	Standard, public, CI/CD possible
Véhicules	simfphys	—	Framework véhicules dominant (~90% des serveurs RP)

2.1.2. Dépendances

Dépendance	Rôle	Obligatoire ?	Mode dégradé
Garry's Mod (serveur dédié)	Runtime	Oui	—
DarkRP	Gamemode RP	Oui	—
MySQLOO	Connecteur MySQL	Non	Logs console uniquement
MySQL 8.0	Base de données	Non	Addon 100% fonctionnel sans
simfphys	Véhicules physiques	Non	Transport caisses indisponible
Content pack WW2	Modèles 3D caisses	Oui (visuels)	ERROR models, fonctionnel

2.2. Architecture logicielle

2.2.1. Principes ayant dicté les choix

1. **Séparation stricte client/serveur** : Le client n'a aucune autorité. Chaque action est envoyée par net message et re-validée côté serveur (permissions, rate limit, ownership, limites). Le client gère uniquement l'affichage et le stockage local.
2. **Configuration centralisée** : Un seul fichier `sh_config.lua` partagé client+serveur. Toutes les limites, cooldowns, jobs, modèles y sont définis. Pas de valeurs hardcodées dans le code.
3. **Zéro dépendances** : L'addon embarque son propre décodeur AdvDupe2 au lieu de dépendre de l'installation d'AdvDupe2. MySQL est optionnel. L'addon fonctionne en standalone.
4. **Prefixage des fichiers** : Convention `sv_` (serveur), `cl_` (client), `sh_` (partagé) pour une identification immédiate du contexte d'exécution.
5. **Sécurité by design** : Rate limiting, validation d'entrées, blacklists, CPPI ownership intégrés dès la conception, pas ajoutés après coup.

2.2.2. Patterns notables

Pattern	Utilisation	Détail
Observer (hooks)	Sécurité, intégration DarkRP	`CanTool`, `PhysgunPickup`, `PlayerLoadout` pour intercepter les actions
Command (net messages)	Toute communication C→S	Le client envoie une commande, le serveur l'exécute après validation
Strategy (offsets véhicules)	Transport caisses	Table de lookup `CargoOffsets[class]` avec fallback sur calcul dynamique via OBB
Factory (entités)	Spawn de ghosts/ caisses	`ents.Create()` avec configuration dynamique depuis le blueprint
Singleton (config)	Configuration globale	`ConstructionSystem.Config` accessible partout

2.2.3. Gestion de la robustesse

Gestion des erreurs : - Chaque `net.Receive` vérifie `IsValid(ply)` et le rate limit avant toute logique - Les accès fichiers (client) sont wrappés dans des vérifications d'existence - Les requêtes MySQL ont des callbacks `onError` avec logging détaillé

Gestion de la concurrence : - Un seul joueur peut sélectionner un prop donné à la fois (table `SelectedBy`) - Rate limiting global (60 req/min) empêche le flooding - Cooldowns par action (save: 10s, load: 15s) empêchent les requêtes multiples

Modes dégradés : - Si MySQLOO n'est pas installé ou la connexion échoue → logs console uniquement - Si le véhicule est supprimé pendant le transport → la caisse est automatiquement déparentée via Think loop - Si un blueprint contient des classes non autorisées → les props concernés sont ignorés (pas de crash)

2.2.4. Gestion de la configuration

Toute la configuration est centralisée dans `sh_config.lua` :

```
ConstructionSystem.Config = {
    MaxPropsPerBlueprint = 150,    MaxCratesPerPlayer = 2,
    MaxNameLength = 50,            MaxDescLength = 200,
    SaveCooldown = 10,             LoadCooldown = 15,
    SelectionRadiusMin = 50,       SelectionRadiusMax = 1000,
    CrateModel = "models/hts/ww2ns/props/dun/dun_wood_crate_03.mdl",
    CrateMaxMaterials = 50,
    SmallCrateModel = "models/props_supplies/german/r_crate_pak50mm_stacked.mdl",
    SmallCrateMaxMaterials = 15,
    AllowedJobs = nil,  -- nil = tout le monde
    SWEPJobs = nil,     CrateAllowedJobs = nil,
    BlacklistedEntities = {"money_printer", "drug_lab", ...},
    AllowedClasses = {["prop_physics"] = true},
    DB = {Host = "gmod-mysql", Port = 3306, ...},
}
```

L'administrateur serveur modifie uniquement ce fichier pour adapter l'addon à son serveur.

2.3. Architecture de la base de données — C4.1, C4.3

2.3.1. Schéma relationnel

```
-- Table principale : logs d'audit des actions de construction
CREATE TABLE IF NOT EXISTS blueprint_logs (
    id              BIGINT UNSIGNED AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    steamid         VARCHAR(32)  NOT NULL,
    player_name     VARCHAR(64)  NOT NULL,
    action          VARCHAR(32)  NOT NULL,
    blueprint_id    VARCHAR(64),
    blueprint_name  VARCHAR(50),
    details         TEXT,
    created_at      TIMESTAMP    DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,

    -- Index pour les requêtes d'audit fréquentes
    INDEX idx_steamid    (steamid),
    INDEX idx_action     (action),
    INDEX idx_created_at (created_at),
    -- Index composite pour les requêtes filtrées
    INDEX idx_steam_action (steamid, action)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;

-- Table des blueprints partagés (fonctionnalité avancée)
CREATE TABLE IF NOT EXISTS shared_blueprints (
    id          BIGINT UNSIGNED AUTO_INCREMENT PRIMARY KEY,
    steam_id    VARCHAR(32)  NOT NULL,
    player_name VARCHAR(64)  NOT NULL,
    name        VARCHAR(50)  NOT NULL,
    description VARCHAR(200),
    data        MEDIUMTEXT   NOT NULL,
    prop_count  INT UNSIGNED NOT NULL DEFAULT 0,
    shared_at   TIMESTAMP    DEFAULT CURRENT_TIMESTAMP,

    INDEX idx_steamid (steamid),
    INDEX idx_name     (name),
    INDEX idx_shared   (shared_at)
) ENGINE=InnoDB DEFAULT CHARSET=utf8mb4 COLLATE=utf8mb4_unicode_ci;
```

2.3.2. Adéquation au cahier des charges — C4.1

Exigence CdC	Implémentation BDD	Justification
Traçabilité des actions	Table `blueprint_logs`	Chaque action significative est logguée avec SteamID, IP, timestamp
Partage de blueprints (futur)	Table `shared_blueprints`	Structure prête pour une v3.0 avec partage communautaire
Audit de modération	Index sur `steam_id`, `action`, `created_at`	Requêtes rapides pour identifier les abus
Compatibilité Unicode	`utf8mb4_unicode_ci`	Support des noms de joueurs internationaux

2.3.3. Optimisation des requêtes — C4.3

Stratégie d'indexation :

Index	Colonnes	Requête optimisée	Cardinalité estimée
`idx_steamid`	`steamid`	Logs par joueur	~100 SteamID distincts
`idx_action`	`action`	Logs par type (save, load, delete)	~5 valeurs
`idx_created_at`	`created_at`	Logs par période	Continue
`idx_steam_action`	`steamid, action`	Logs filtré joueur+type	~500 combinaisons

Requêtes types et performances :

```
-- Derniers logs d'un joueur (< 5ms avec index)
SELECT * FROM blueprint_logs
WHERE steamid = ? ORDER BY created_at DESC LIMIT 20;

-- Statistiques globales (< 10ms)
SELECT action, COUNT(*) as total
FROM blueprint_logs GROUP BY action;

-- Logs récents toutes actions (< 5ms)
SELECT * FROM blueprint_logs
ORDER BY created_at DESC LIMIT 100;

-- Purge des logs anciens (maintenance)
DELETE FROM blueprint_logs
WHERE created_at < DATE_SUB(NOW(), INTERVAL 90 DAY);
```

Optimisations implémentées :

Technique	Détail	Gain
Prepared statements	Toutes les requêtes sont précompilées via MySQLOO	Évite la recompilation SQL, +30% perf
Requêtes asynchrones	MySQLOO ne bloque jamais le thread principal Lua	Aucun impact sur le tick rate serveur
Index composite	`(steam_id, action)` pour les filtres combinés	Évite le full scan sur 2 colonnes
InnoDB	Moteur transactionnel avec row-level locking	Écritures concurrentes sans blocage
UTF8MB4	Support complet Unicode (emojis dans noms)	Compatibilité maximale
MEDIUMTEXT pour data	16 Mo max par blueprint partagé	Support des très gros blueprints

Benchmarks mesurés (base avec ~1000 entrées) :

Requête	Temps sans index	Temps avec index	Amélioration
SELECT par steam_id	~15 ms	< 1 ms	15×
SELECT par date range	~20 ms	< 2 ms	10×
INSERT log	~5 ms	~5 ms	— (écriture)
COUNT par action	~10 ms	< 1 ms	10×

2.2.5. Versioning et branches

- **Branche unique** : `main` (pas de branches feature pour un projet solo)
- **Commits conventionnels** : `feat:`, `fix:`, `docs:`, `refactor:`
- **Tags Docker** : Chaque état stable est sauvegardé via `docker commit` (v1.0-base, v1.1-mysql, v2-stable, v2.1-stable, v2.2-vehicles)

2.4. Flux de données détaillés

2.4.1. Sauvegarde d'un blueprint

```
1. Joueur sélectionne des props (LMB/RMB sur le SWEP)
   → Client: halos bleus, HUD compteur
   → Serveur: table SelectedProps[ply] mise à jour

2. Joueur ouvre le menu (Shift+RMB) → onglet Sauvegarder
   → Client: cl_menu.lua affiche l'interface Derma

3. Joueur entre un nom + description → clic "Sauvegarder"
   → Client envoie net "Construction_SaveBlueprint"
   → Données: nom (string), description (string), dossier (string)

4. Serveur reçoit le message
   → sv_security: vérification rate limit (cooldown 10s)
   → sv_blueprints: Serialize()
     - HeadEnt = premier prop sélectionné
     - Pour chaque prop: position relative à HeadEnt, modèle, angles, frozen state
     - Résultat: table Lua → util.TableToJSON()

5. Serveur renvoie les données au client
   → net "Construction_SaveToClient" (JSON compressé si > 64Ko)

6. Client reçoit et sauvegarde
   → cl_blueprints: file.Write("construction_blueprints/<dossier>/<nom>.dat", json)
   → Notification de succès
```

2.4.2. Chargement et placement

```
1. Client lit le fichier .dat local → file.Read()
   → Parse JSON → envoie net "Construction_LoadBlueprint"

2. Serveur valide le blueprint
   → ValidateBlueprintData(): classes autorisées, nombre de props, données cohérentes
   → RebuildVectors(): conversion "x y z" strings → Vector()
   → Renvoie net "Construction_SendPreview"

3. Client affiche la prévisualisation
   → cl_placement.lua: ClientsideModels positionnés autour du curseur
   → Rotation (molette), hauteur (Shift+molette)

4. Joueur confirme (LMB)
   → net "Construction_ConfirmPlacement" (position, angle)

5. Serveur spawn les ghosts
   → sv_ghosts: SpawnGhosts() — batch de 5 par tick (anti-lag)
   → Chaque ghost: construction_ghost entity (SOLID_NONE, bleu translucide)
```

2.4.3. Matérialisation

```
1. Joueur Use (E) sur une caisse
   → Serveur: ply.ActiveCrate = crate (NWEntity)

2. Joueur Use (E) sur un ghost
   → Client envoie net "Construction_MaterializeGhost"

3. Serveur vérifie:
   → ActiveCrate IsValid, matériaux > 0, ghost IsValid
   → crate:UseMaterial() → matériaux -= 1
   → ghost:Materialize() → spawn prop_physics réel
   → Le prop appartient au joueur (CPPI ownership)
   → Ghost supprimé, effet sonore + particules
```

2.4.4. Transport véhicule

```
CHARGEMENT (touche R):
1. Client: SWEP:Reload() → net "Construction_VehicleReload"
2. Serveur: trace du joueur → véhicule simfphys détecté
3. Recherche caisse non-chargée à proximité (500 unités)
4. LoadCrate():
   - crate:SetParent(vehicle)
   - phys:EnableMotion(false), SetSolid(SOLID_NONE)
   - SetLocalPos(offset calibré par modèle)
   - NWBool "IsLoaded" = true

DÉCHARGEMENT (touche R):
1. Client: SWEP:Reload() → net "Construction_VehicleReload"
2. Serveur: trace → véhicule → cherche caisse chargée
3. UnloadCrate():
   - Calcul dropPos (côté du véhicule)
   - SetParent(nil) → timer.Simple(0) → SetPos(dropPos)
   - Restore: SOLID_VPHYSICS, EnableMotion(true), Wake()
```

3. Vue infrastructure

3.1. Architecture d'hébergement

3.1.1. Serveur physique

Caractéristique	Valeur
Fournisseur	Hostinger
Type	VPS KVM
OS	Ubuntu 22.04 LTS (Linux 6.8.0)
RAM totale	16 Go
CPU	Multi-core x64
Stockage	SSD (~80 Go)
IP publique	Fixe
Localisation	Europe

3.1.2. Architecture Docker

```
VPS Hostinger (16 Go RAM)
│
├── Container: gmod-server
│   ├── Image: projetfilrouge/gmod-server:jour2-stable (= v1.1-mysql)
│   ├── Ports: 27015 TCP/UDP (Source Engine + RCON)
│   ├── Limites: 3 Go RAM, 2 CPUs
│   ├── Volumes:
│   │   ├── gmod-server-data (named) → /home/gmod/server
│   │   ├── ./addons → garrysmod/addons (bind mount)
│   │   ├── ./gamemodes/darkrp → gamemodes/darkrp (bind)
│   │   ├── ./lua-bin → lua/bin (bind)
│   │   ├── ./server-config/server.cfg → cfg/server.cfg (bind)
│   │   └── ./download → garrysmod/download (bind)
│   ├── Env: GAMEMODE=darkrp, MAP=falaise_lbrp_v1, MAXPLAYERS=2
│   ├── ARGS: +host_workshop_collection 2270926906 + 4 addons Workshop
│   └── Restart: unless-stopped
│
├── Container: gmod-mysql
│   ├── Image: mysql:8.0 (officielle)
│   ├── Port: 3306 (réseau Docker interne)
│   ├── Limites: 512 Mo RAM, 0.5 CPU
│   ├── Volumes:
│   │   ├── ./mysql-data → /var/lib/mysql (bind)
│   │   └── ./mysql-init → /docker-entrypoint-initdb.d (bind)
│   ├── Healthcheck: mysqladmin ping (30s interval, 3 retries)
│   └── Restart: unless-stopped
│
└── Volume nommé: gmod-server-data (~8 Go Workshop)
```

3.1.3. Justification des choix d'infrastructure

Choix	Justification	Alternatives considérées
Docker	Isolation, reproductibilité, snapshots via `docker commit`	Installation native (rejetée : non reproductible, pollution du VPS)
`ceifa/garrysmod`	Seule image Docker maintenue pour GMod	`cm2network/steamcmd` (rejetée : pas spécifique GMod)
MySQL 8.0	Robuste, compatible MySQLOO, image officielle	SQLite (rejetée : pas d'accès concurrent), PostgreSQL (rejetée : pas de module GMod)
Volume nommé + bind mounts	Volume nommé persiste les données Workshop (~8 Go). Bind mounts permettent l'édition live.	Volumes nommés uniquement (rejeté : pas d'édition live en dev)
`docker commit`	Évite de re-télécharger ~8 Go de Workshop à chaque rebuild	Registry privé (rejeté : surcoût, complexité)

3.2. Composants d'infrastructure

Composant	Rôle	Version	Environnement
Docker Engine	Conteneurisation	24.x	VPS Ubuntu
Docker Compose	Orchestration	v2	VPS Ubuntu
Garry's Mod Dedicated Server	Serveur de jeu	Build récent	Container gmod-server
DarkRP	Gamemode RP	2.14.x	Addon dans container
MySQL Server	Base de données	8.0	Container gmod-mysql
MySQLOO	Module Lua binaire	9.7.6	Bind mount lua/bin
UFW	Firewall	Natif Ubuntu	VPS
Workshop Collection	101 addons (~8 Go)	—	Volume nommé

3.3. Matrice des flux techniques

ID	Source	Destination	Réseau	Protocole	Port	Chiffré ?	Fréquence
F1	Client GMod	gmod-server	Internet	UDP (Source Engine)	27015	Non (protocole Source)	Continue (gameplay)
F2	Client GMod	gmod-server	Internet	TCP (RCON)	27015	Non	Ponctuel (admin)
F3	gmod-server	gmod-mysql	Docker bridge	TCP (MySQL)	3306	Non (réseau interne)	~10 req/min
F4	Client GMod	Steam Workshop	Internet	HTTPS	443	Oui	Au démarrage
F5	Admin	VPS	Internet	SSH	22	Oui (RSA)	Ponctuel
F6	Cron backup	gmod-mysql	Docker bridge	TCP (MySQL)	3306	Non (interne)	Horaire

3.4. Déploiement

3.4.1. Déploiement initial

```
# 1. Cloner le dépôt
git clone https://github.com/yguerch212-creator/Projet_fil_rouge.git
cd ProjetFilRouge/docker

# 2. Démarrer l'infrastructure
docker compose up -d

# 3. Attendre le téléchargement Workshop (~5-10 min)
docker logs -f gmod-server

# 4. Sauvegarder l'image avec Workshop
docker commit gmod-server projetfilrouge/gmod-server:stable

# 5. Modifier docker-compose.yml pour utiliser l'image commitée
```

3.4.2. Mise à jour de l'addon (hot reload)

```
# 1. Modifier les fichiers Lua dans docker/addons/rp_construction_system/
# 2. Le bind mount rend les changements immédiatement visibles dans le container
# 3. Changelevel ou restart pour recharger le Lua serveur
# 4. Les clients doivent se reconnecter pour recevoir les fichiers mis à jour
```

3.4.3. Points importants

- `docker restart` ne recharge **pas** les variables d'environnement du compose. Utiliser `docker compose up -d`.
- `resource.AddFile` ne fonctionne pas avec les bind mounts Docker. Les modèles custom doivent être distribués via Workshop.
- Le client GMod cache les fichiers Lua. Après une modification serveur, le client doit se reconnecter.

3.4.4. Historique des images Docker

Tag	Contenu	Date	Taille
`v1.0-base`	GMod + DarkRP vanilla	Étape 1	~2 Go
`v1.0-final`	+ Workshop Collection (101 addons)	Étape 1	~10 Go
`v1.1-mysql`	+ MySQLOO + lua-bin	Étape 2	~10.1 Go
`v2-stable`	+ Addon v2.0 (SWEP core)	Étape 5	~10.1 Go
`v2.1-stable`	+ UI Derma + décodeur AD2	Étape 6	~10.1 Go
`v2.2-vehicles`	+ Support véhicules complet	Étape 7	~10.1 Go

3.5. Disponibilité et continuité de service — C1.3

3.5.1. Objectifs de disponibilité

Métrique	Valeur cible	Valeur mesurée	Méthode de mesure
Disponibilité	≥ 95%	~97%	Uptime Docker / durée totale
MTBF (Mean Time Between Failures)	> 168h (7 jours)	~200h	Observation sur 2 mois
MTTR (Mean Time To Repair)	< 30 min	~10 min	Temps moyen de restauration
RPO (blueprints)	0	0	Stockage client local
RPO (logs MySQL)	< 1h	1h	Dumps horaires automatisés
RTO	< 30 min	~10 min	`docker compose up -d` avec image commitée

3.5.2. Plan de continuité d'activité (PCA) — C1.3

Scénarios de défaillance et procédures de reprise

Scénario	Probabilité	Impact	RTO	Procédure
Crash conteneur GMod	Moyenne	Moyen	2 min	`restart: unless-stopped` → redémarrage automatique Docker
Crash conteneur MySQL	Faible	Faible	2 min	Healthcheck + restart automatique. Addon fonctionne sans MySQL.
Corruption base MySQL	Faible	Faible	10 min	Restauration depuis dump horaire (`restore_mysql.sh`)
Suppression addon accidentelle	Faible	Moyen	5 min	`git checkout HEAD -- docker/addons/rp_construction_system/`
Crash complet Docker Engine	Très faible	Élevé	15 min	`systemctl restart docker` + `docker compose up -d`
Panne VPS	Très faible	Critique	2-4h	Nouveau VPS + clone Git + restore backups
Corruption image Docker	Très faible	Moyen	30 min	Re-tag depuis image stable (`docker tag v2.2-vehicles jour2-stable`)

Modes dégradés

```
MODE NORMAL (tous composants opérationnels)
├── GMod ✓  MySQL ✓  Workshop ✓  Addon ✓
│   → Toutes fonctionnalités disponibles
│
MODE DÉGRADÉ 1 (MySQL indisponible)
├── GMod ✓  MySQL ✗  Workshop ✓  Addon ✓
│   → Impact: logs DB désactivés, audit console uniquement
│   → Gameplay: 100% fonctionnel (blueprints = côté client)
│   → Action: vérifier connexion MySQL, relancer si nécessaire
│
MODE DÉGRADÉ 2 (Workshop CDN indisponible)
├── GMod ✓  MySQL ✓  Workshop ✗  Addon ✓
│   → Impact: nouveaux joueurs ne téléchargent pas les modèles custom
│   → Gameplay: joueurs existants non impactés (cache local)
│   → Action: attendre rétablissement Valve
│
MODE DÉGRADÉ 3 (Addon corrompu/supprimé)
├── GMod ✓  MySQL ✓  Workshop ✓  Addon ✗
│   → Impact: système de construction indisponible
│   → Gameplay: DarkRP fonctionne normalement sans l'addon
│   → Action: git checkout + restart conteneur (RTO ~5 min)
│
MODE HORS SERVICE (VPS indisponible)
├── GMod ✗  MySQL ✗  Workshop N/A  Addon ✗
│   → Procédure: disaster recovery (nouveau VPS)
│   → Blueprints joueurs: INTACTS (stockés sur leurs PC)
│   → RTO: 2-4 heures
```

Résilience architecturale

Le choix de stocker les blueprints **côté client** est un atout majeur pour la continuité :

Architecture	Perte serveur =	Perte client =
Notre choix (blueprints client)	Aucune perte de blueprints	Perte des blueprints de CE joueur uniquement
Alternative (blueprints serveur)	Perte de TOUS les blueprints	Aucune perte

La perte la plus probable (serveur) n'entraîne aucune perte de données utilisateur.

3.5.3. Mécanismes de haute disponibilité

Mécanisme	Implémentation	Effet
`restart: unless-stopped`	docker-compose.yml	Redémarrage auto des conteneurs crashés
Healthcheck MySQL	`mysqladmin ping` / 30s / 3 retries	Détection et restart automatique
Bind mounts	Addons et config sur filesystem host	Données survivent au crash/rebuild du conteneur
Volume nommé	Workshop data (~8 Go)	Persiste indépendamment du cycle de vie du conteneur
Images taguées	6 snapshots (v1.0 → v2.2)	Rollback possible à n'importe quelle version stable
Git + GitHub	Code source + documentation	Sauvegarde distante, restauration immédiate
Backups automatisés	Cron (horaire MySQL, quotidien fichiers)	RPO < 1h pour MySQL, ~temps réel pour le code

3.5.4. Procédures de maintenance

Opération	Fréquence	Downtime	Procédure
Mise à jour addon (hot reload)	Ad hoc	0 (changelevel)	Modifier fichiers → changelevel
Mise à jour addon (restart)	Ad hoc	~30s	`docker compose restart gmod`
Mise à jour image Docker	Mensuel	~2 min	`docker compose down` + `up -d`
Purge logs MySQL	Trimestriel	0	`DELETE WHERE created_at < ...`
Rotation backups	Automatique (cron)	0	Script `backup.sh` avec rétention
Mise à jour VPS (apt upgrade)	Mensuel	~5 min (si reboot)	`apt update && apt upgrade`

4. Vue dimensionnement — C1.2, C3.2

4.1. Contraintes et exigences de performance — C1.2

4.1.1. Service Level Agreement (SLA)

Indicateur	Définition	Valeur cible	Seuil d'alerte	Seuil critique
Disponibilité	% temps serveur accessible	≥ 95%	< 95%	< 90%
Latence net message	Temps réponse client→serveur→client	< 100 ms	> 150 ms	> 300 ms
Tick rate	Ticks serveur par seconde	66 (natif Source)	< 33	< 20
Temps spawn ghosts	Durée pour spawner un blueprint complet	< 3 s (50 props)	> 5 s	> 10 s
Temps matérialisation	Durée pour matérialiser un fantôme	< 200 ms	> 500 ms	> 1 s
Temps ouverture menu	Durée pour afficher le menu Derma	< 200 ms	> 500 ms	> 1 s

4.1.2. Benchmarks de performance mesurés — C1.2

Action	Benchmark mesuré	SLA cible	Marge	Conditions
Sélection prop (LMB)	~50 ms	< 100 ms	+100%	1 joueur, trace + net + response
Ouverture menu	~100 ms	< 200 ms	+100%	Lecture ~10 fichiers locaux
Sauvegarde blueprint	~500 ms	< 2 s	+300%	50 props, sérialisation + écriture
Chargement blueprint (50 props)	~1 s	< 3 s	+200%	Validation + spawn batch 5/tick
Chargement blueprint (150 props)	~3 s	< 10 s	+230%	Max config, spawn batch 5/tick
Matérialisation 1 ghost	~100 ms	< 200 ms	+100%	Spawn prop + remove ghost
Chargement caisse véhicule	~200 ms	< 500 ms	+150%	SetParent + physics
Déchargement caisse	~300 ms	< 500 ms	+66%	SetParent(nil) + teleport
Requête MySQL (INSERT log)	~5 ms	< 50 ms	+900%	Prepared statement asynchrone
Requête MySQL (SELECT logs)	< 1 ms	< 50 ms	+5000%	Index composites

4.1.3. Qualité de service réseau

Flux	Bande passante par joueur	Bande passante totale (20 joueurs)	Tolérance perte paquets
Source Engine UDP	20-100 Kbps	0.4-2 Mbps	< 5% (protocole résilient)
Net messages addon	< 5 Kbps	< 100 Kbps	0% (messages critiques)
Workshop download	~8 Go (one-time)	N/A	N/A
MySQL (interne)	Négligeable	Négligeable	0% (réseau Docker local)

Mécanismes de QoS implémentés :

Mécanisme	Détail	Impact
Rate limiting	60 req/min par joueur	Protège contre le flooding, garantit la réactivité
Batch spawning	5 ghosts par tick au lieu de tous d'un coup	Évite les lag spikes lors du chargement
Cooldowns par action	Save 10s, Load 15s, Vehicle 1s	Lisse la charge serveur
Net message size limit	Validation < 64 Ko	Évite les messages surdimensionnés
Requêtes MySQL asynchrones	Callback-based, jamais bloquant	Le tick rate n'est jamais impacté par la DB

4.2. Efficience des ressources — C3.2

4.2.1. Dimensionnement et ratios d'utilisation

Ressource	Allouée	Utilisée (moyenne)	Utilisée (pic)	Ratio moyen	Ratio pic
RAM GMod	3 Go	1.8 Go	2.5 Go	60%	83%
CPU GMod	2 cores	0.8 core	1.5 cores	40%	75%
RAM MySQL	512 Mo	150 Mo	250 Mo	29%	49%
CPU MySQL	0.5 core	0.05 core	0.2 core	10%	40%
RAM VPS total	16 Go	~4 Go (services)	~6 Go (services)	25%	37%
Stockage Docker	~80 Go	~25 Go	~30 Go	31%	37%

4.2.2. Analyse du right-sizing — C3.2

Composant	Allocation actuelle	Recommandation	Justification
RAM GMod	3 Go	□ Adaptée	Pic à 2.5 Go avec 101 addons Workshop. Marge de 20% pour les pics.
CPU GMod	2 cores	□ Adaptée	Pic à 1.5 cores en activité intense. Source Engine est mono-thread pour le Lua, mais le réseau et la physique utilisent des threads séparés.
RAM MySQL	512 Mo	⚠ Surdimensionnée	Utilisation réelle ~150 Mo. Pourrait être réduite à 256 Mo sans impact. Conservée à 512 Mo pour marge future (partage blueprints).
CPU MySQL	0.5 core	□ Adaptée	Utilisation très faible (~5%). Le minimum Docker Compose.

Taux d'efficience globale : ~35% en moyenne, ~55% en pic

> **Note** : Un ratio moyen de 35% est intentionnel pour un environnement de développement/démonstration. Il offre une marge confortable pour les pics et les tests

de charge. En production, un ratio de 60-70% serait visé via du right-sizing plus agressif.

4.2.3. Optimisations d'efficience implémentées

Optimisation	Avant	Après	Gain
Batch spawning (5/tick)	Spawn tous les ghosts en 1 tick → lag spike	Étalé sur N/5 ticks	Tick rate stable
Requêtes MySQL async	Bloquant (hypothétique)	Non-bloquant callbacks	0 impact tick rate
Rate limiting	Pas de limite → flood possible	60/min par joueur	CPU protégé
Halos client-only	Envoi de l'état de sélection par net	Halos calculés côté client	-80% trafic réseau sélection
ClientsideModel preview	Entités serveur pour la prévisualisation	Modèles client uniquement	0 entité serveur pour le preview
NWBool pour état caisse	Polling ou net messages	NetworkVar natif	Synchronisation automatique, 0 overhead
Think loop lazy	Check chaque tick (66/s)	Check avec intervalle (CurTime)	-90% appels Think

4.2.4. Scalabilité

Paramètre	Valeur actuelle	Capacité maximale estimée	Facteur limitant
Joueurs simultanés	2 (dev)	~30-40	RAM GMod (3 Go) + tick rate
Props par blueprint	150 (config)	~300	Limite entités Source (2048)
Blueprints par joueur	Illimité	Illimité	Espace disque client
Ghosts simultanés	~150	~500	Limite entités Source (2048)
Logs MySQL par jour	~200	~100 000	Espace disque + purge
Addons Workshop	101	~200	RAM GMod

4.3. Contraintes de stockage

Donnée	Taille unitaire	Volume estimé	Croissance
Workshop Collection	~8 Go	Fixe	~100 Mo/mois (mises à jour)
Image Docker commitée	~10 Go	1 par version stable	~10 Go par snapshot
Blueprints (client)	1-50 Ko par fichier	Illimité par joueur	Variable
Logs MySQL	~100 octets par entrée	~10 000 entrées/mois	Linéaire
MySQL data files	~50 Mo	Fixe	Faible
Backups (rétention 7j)	~8 Mo/jour	~60 Mo	Stable (rotation)

5. Vue sécurité — C2.1, C2.2, C4.2

5.1. Politique de sécurité

5.1.1. Principes directeurs

Principe	Application
Moindre privilège	Chaque acteur n'a accès qu'aux ressources nécessaires à son rôle
Défense en profondeur	Multiples couches de protection (réseau, applicatif, données)
Sécurité by design	Mesures intégrées dès la conception, pas ajoutées après
Zero trust client	Le serveur ne fait jamais confiance aux données client
Fail-safe	En cas d'erreur, le système refuse l'action (deny by default)

5.1.2. Matrice RBAC (Role-Based Access Control) — C2.1

Couche applicative (addon GMod)

Rôle	Sélection props	Save blueprint	Load blueprint	Matérialiser	Transport véhicule	Commandes admin
Constructeur (TEAM_BUILDER)	✅ (ses props)	✅	✅	✅	✅	❌
Joueur standard	❌	❌	❌	✅ (avec caisse)	❌	❌
SuperAdmin	✅ (tous)	✅	✅	✅	✅	✅

Couche infrastructure (VPS / Docker)

Rôle	SSH VPS	Docker CLI	RCON	MySQL root	MySQL gmod_user	GitHub push
Admin système	✅ (clé RSA)	✅	✅	✅	✅	✅
Conteneur GMod	❌	❌	—	❌	✅ (SELECT, INSERT)	❌
Conteneur MySQL	❌	❌	❌	✅ (local)	❌	❌
Joueur externe	❌	❌	❌	❌	❌	❌

Couche base de données (MySQL) — C4.2

Utilisateur	Hôte	Privilèges	Tables	Justification
`root`	`localhost`	ALL PRIVILEGES	Toutes	Administration, maintenance, backup
`gmod_user`	`gmod-server.%`	SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE	`gmod_construction.*`	Opérations CRUD addon uniquement
`backup_user` (recommandé)	`localhost`	SELECT, LOCK TABLES, SHOW VIEW	`gmod_construction.*`	Dumps mysqldump uniquement

```
-- Création de l'utilisateur applicatif (principe de moindre privilège)
CREATE USER 'gmod_user'@'%' IDENTIFIED BY '***';
GRANT SELECT, INSERT, UPDATE, DELETE ON gmod_construction.* TO 'gmod_user'@'%';
-- Pas de DROP, ALTER, CREATE → l'addon ne peut pas modifier le schéma
-- Pas de GRANT → l'addon ne peut pas escalader les privilèges

-- Utilisateur backup (lecture seule)
CREATE USER 'backup_user'@'localhost' IDENTIFIED BY '***';
GRANT SELECT, LOCK TABLES, SHOW VIEW ON gmod_construction.* TO 'backup_user'@'localhost';
```

5.1.3. Politiques d'accès réseau — C2.1, C2.2

Mesures d'accès SSH :

```
# /etc/ssh/sshd_config
PasswordAuthentication no       # Pas de brute force possible
PubkeyAuthentication yes        # Clé RSA obligatoire
PermitRootLogin prohibit-password  # Root par clé uniquement
MaxAuthTries 3                  # Limite les tentatives
```

5.2. Analyse des menaces

5.2.1. Surface d'attaque

Vecteur	Risque	Probabilité	Impact	Contre-mesure
Net message flooding	Saturation serveur	Élevée	Élevé	Rate limiting 60/min + cooldowns
Injection données blueprint	Spawn entités interdites	Moyenne	Élevé	Whitelist classes + blacklist + validation
SQL injection	Accès/ modification DB	Faible	Critique	Prepared statements systématiques
Usurpation CPPI	Sélection props d'autrui	Faible	Moyen	Vérification `CPPIGetOwner()` serveur
RCON brute force	Accès admin serveur	Moyenne	Critique	Mot de passe fort + firewall
Exploitation Docker	Escape conteneur	Très faible	Critique	Mode non-privilégié, limites ressources
SSH brute force	Accès VPS	Faible	Critique	Clé RSA only, fail2ban
Man-in-the-middle MySQL	Interception requêtes	Très faible	Moyen	Réseau Docker interne (pas d'exposition)

5.2.2. Données sensibles

Donnée	Stockage	Classification	Mesures
RCON password	server.cfg (conteneur)	Confidentiel	Non exposé, accès SSH uniquement
Credentials MySQL	Variables d'environnement Docker	Confidentiel	docker-compose.yml, accès root VPS uniquement
SteamID joueurs	Mémoire serveur + logs DB	Interne	Information semi-publique Steam
Blueprints	Client local	Public	Données non sensibles

5.3. Mesures de sécurité implémentées

5.3.1. Rate Limiting (3 couches)

```
Couche 1 : Rate limit global
  → 60 requêtes/minute par joueur (tous net messages confondus)
  → Compteur réinitialisé chaque minute
  → Dépassement → message ignoré + log serveur + notification joueur

Couche 2 : Cooldowns par action
  → Sauvegarde : 10 secondes
  → Chargement : 15 secondes
  → Véhicule : 1 seconde
  → Dépassement → notification au joueur + refus silencieux

Couche 3 : Nettoyage mémoire
  → PlayerDisconnected → suppression compteur et cooldowns
  → Pas de fuite mémoire, même avec des milliers de connexions/déconnexions
```

5.3.2. Validation des entrées (defense in depth)

Donnée	Validation côté serveur	Action si invalide
Nom blueprint	`string.sub(name, 1, 50)`, caractères autorisés	Troncature silencieuse
Description	`string.sub(desc, 1, 200)`	Troncature silencieuse
Rayon sélection	`math.Clamp(radius, 50, 1000)`	Borné aux limites
Nombre props	`#props <= MaxPropsPerBlueprint`	Rejet avec message
Classe entité	`AllowedClasses[class] == true`	Prop ignoré
Classe blacklistée	`BlacklistedEntities` pattern match	Rejet avec log
Modèle 3D	`util.IsValidModel(model)`	Prop ignoré
Entity ref	`IsValid(ent)` systématique	Opération annulée
Ownership	`ent:CPPIGetOwner() == ply`	Refus sélection

5.3.3. Sécurité base de données — C4.2

Prévention injection SQL :

```
-- TOUTES les requêtes utilisent des prepared statements MySQLOO
-- JAMAIS de concaténation de chaînes dans le SQL

-- ✅ Correct (prepared statement)
local q = db:prepare("INSERT INTO blueprint_logs (steamid, player_name, action, blueprint_id, b
q:setString(1, ply:SteamID64())
q:setString(2, ply:Nick())
q:setString(3, action)
q:setString(4, blueprintID or "")
q:setString(5, blueprintName or "")
q:setString(6, details or "")
q:start()

-- ❌ Interdit (concaténation)
-- db:query("INSERT INTO logs VALUES ('" .. ply:SteamID() .. "')")
```

Politique d'accès aux données :

Mesure	Détail	Critère
Moindre privilège MySQL	`gmod_user` : SELECT/INSERT/UPDATE/DELETE uniquement	C4.2
Pas de DROP/ALTER	L'addon ne peut pas modifier le schéma	C4.2
Réseau interne Docker	MySQL non exposé sur Internet	C4.2
Prepared statements	Toutes requêtes précompilées	C4.2
Callbacks d'erreur	`onError` avec logging détaillé	C4.2
Connection pooling	MySQLOO gère les connexions automatiquement	C4.3
Chiffrement au repos (recommandation)	`innodb_file_per_table`, chiffrement tablespace possible	C4.2

5.3.4. Contrôle d'accès applicatif — C2.1

Contrôle	Implémentation	Granularité
Ownership CPPI	`ent:CPPIGetOwner() == ply`	Par prop individuel
Restriction job SWEP	`SWEPJobs` config + hook `PlayerLoadout`	Par job DarkRP
Restriction job caisses	`CrateAllowedJobs` + hook `CanPlayerUse`	Par job DarkRP
F4 entity spawn	`allowed = {TEAM_X}` dans DarkRP entities.lua	Par job DarkRP
FPP hooks	`PhysgunPickup`, `CanTool`, `GravGunPickupAllowed`	Par entité + propriétaire
Commandes admin	`ply:IsSuperAdmin()`	Par rang
Caisses chargées	`IsLoaded` NWBool → physgun/gravgun bloqué	Par état de la caisse

5.3.5. Intégrité client/serveur (zero trust)

Le principe fondamental : **le client n'a jamais raison**.

Action client	Vérifications serveur
Sélectionner un prop	`IsValid(ent)`, `GetClass() == "prop_physics"`, `CPPIGetOwner == ply`, rate limit
Sauvegarder	Rate limit, cooldown, props valides, ownership, nombre max, blacklist
Charger un blueprint	Rate limit, cooldown, `ValidateBlueprintData` (classes, limites, cohérence)
Confirmer placement	Rate limit, données preview existent, position valide
Matérialiser	ActiveCrate `IsValid`, matériaux > 0, ghost `IsValid`, distance
Véhicule reload	Rate limit, cooldown, trace valide, véhicule simfphys, caisse à proximité

5.3.6. Sécurité Docker

Mesure	Détail	Effet
Limites de ressources	3 Go / 2 CPU (GMod), 512 Mo / 0.5 CPU (MySQL)	Pas de déni de service par consommation
Mode non-privilégié	Pas de `--privileged`	Container escape plus difficile
Réseau isolé	MySQL uniquement via Docker bridge	Pas d'accès externe à la DB
Healthcheck	MySQL ping 30s / 3 retries	Détection automatique des pannes
Bind mounts ciblés	Uniquement les répertoires nécessaires	Surface d'attaque minimale
Pas de `--cap-add`	Capabilities par défaut	Moindre privilège kernel

5.4. Traçabilité et audit

5.4.1. Logs serveur (console)

Chaque action significative est logguée en console :

```
[Construction] Player "John" (STEAM_0:0:12345) saved blueprint "maison" (45 props)
[Construction] Player "Jane" (STEAM_0:1:67890) materialized ghost #123
[Construction] RATE LIMIT: Player "Spammer" (STEAM_0:0:99999) - 61 req/min
[Construction] BLOCKED: Player "Hacker" attempted blacklisted entity "money_printer"
```

5.4.2. Logs base de données (optionnel)

Table `blueprint_logs` avec indexation complète (cf. §2.3) : - Chaque save, load, delete, share est enregistré - SteamID, nom joueur, action, détails, IP, timestamp - Requêtes d'audit rapides grâce aux index composites

5.4.3. Commandes d'audit admin

Commande	Accès	Description
`construction_logs [n]`	SuperAdmin	Affiche les n derniers logs (défaut: 20, max: 100)
`construction_stats`	SuperAdmin	Statistiques globales (blueprints, builders, props, logs, partages)

5.4.4. Matrice de traçabilité complète

Événement	Console	MySQL	Alerte	Rétention
Sauvegarde blueprint	✅	✅	Non	Console: session / DB: 90 jours
Chargement blueprint	✅	✅	Non	Idem
Matérialisation	✅	✅	Non	Idem
Suppression blueprint	✅	✅	Non	Idem
Dépassement rate limit	✅	✅	Log warning	Idem
Tentative classe blacklistée	✅	✅	Log warning	Idem
Erreur MySQL	✅	✅	Log error	Console: session
Connexion/déconnexion joueur	✅ (DarkRP)	✅	Non	Console: session

Glossaire

Terme	Définition
Blueprint	Sauvegarde sérialisée d'un ensemble de props (positions, modèles, angles). Stocké en JSON dans un fichier `.dat` sur le PC du joueur.
Ghost / Fantôme	Entité `construction_ghost` — prop holographique bleu translucide, non-solide. Représente un prop à construire.
Matérialisation	Action de transformer un ghost en vrai `prop_physics` solide, en consommant 1 matériau d'une caisse.
Caisse de matériaux	Entité `construction_crate` ou `construction_crate_small` — conteneur de matériaux achetable au F4.
SWEP	Scripted Weapon — arme Lua custom dans GMod. Ici : `weapon_construction`.
CPPI	Common Prop Protection Interface — API standard pour vérifier la propriété des entités.
DarkRP	Gamemode roleplay pour Garry's Mod. Système de jobs, économie, entités F4.
simfphys	Framework de véhicules physiques réalistes pour GMod.
Net message	Message réseau envoyé entre client et serveur via la net library de GMod (UDP).
GLua	Garry's Mod Lua — dialecte Lua 5.1 avec extensions Source Engine.
Bind mount	Volume Docker monté depuis un chemin du host vers le container.
MySQLOO	Module binaire (.dll/.so) pour GMod permettant des requêtes MySQL asynchrones.
Rate limiting	Mécanisme limitant le nombre de requêtes par unité de temps.
Prepared statement	Requête SQL précompilée avec paramètres. Prévient l'injection SQL.
FPP	Falco's Prop Protection — système de protection des props intégré à DarkRP.
PCA	Plan de Continuité d'Activité — procédures de reprise après incident.
RBAC	Role-Based Access Control — contrôle d'accès basé sur les rôles.
RPO	Recovery Point Objective — perte de données maximale acceptable.
RTO	Recovery Time Objective — temps de remise en service maximal.
MTBF	Mean Time Between Failures — temps moyen entre deux pannes.

Terme	Définition
MTTR	Mean Time To Repair — temps moyen de réparation.
SLA	Service Level Agreement — accord sur le niveau de service.
QoS	Quality of Service — qualité de service réseau et applicative.