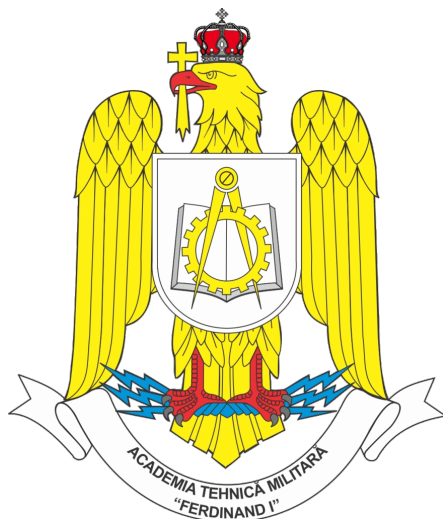


România
Ministerul Apărării Naționale
Academia Tehnică Militară „Ferdinand I”

Facultatea de Sisteme Informatică și Securitate Cibernetică
Calculatoare și sisteme informatice pentru apărare și securitate națională



Unelte software bazate pe mecanisme de inteligență artificială aplicată în criptografie

Specificația Cerințelor Software pentru platforma software de unelte AI în criptografie

Disciplina: Ingineria Programării

Profesor Coordonator
Prof. Dr. Ing. Mihai Togan

Student
Sd.Sg.Maj. Moldovan Andrei

București
4 Ianuarie 2026

Control Document

Titlu	Specificația Cerințelor Software pentru platforma software de unelte AI în criptografie
Data	4 Ianuarie 2026
Status	Draft
Versiune	1.0
Pregătit pentru	Academia Tehnică Militară „Ferdinand I”
Referință	SRS_AI_CRYPTO_V1.0_Jan_2026

Disclaimer

Acest document este pregătit în scopuri academice pentru proiectul de curs la disciplina Ingineria Programării. Documentul conține specificațiile detaliate ale cerințelor software pentru Unelte software bazate pe mecanisme de inteligență artificială aplicată în criptografie.

Cuprins

Glosar	5
1 Introducere	6
1.1 Scopul Documentului	6
1.2 Convenții Document	6
1.3 Audiență Intenționată	6
1.4 Cadrul Proiectului	7
1.4.1 În Cadrul Proiectului	7
1.4.2 În Afara Domeniului Proiectului	7
2 Descriere Generală	8
2.1 Perspectiva Produsului	8
2.2 Funcționalitățile Produsului	8
2.3 Caracteristici Utilizatori	9
2.4 Mediul de Operare	9
3 Cerințe Funcționale	11
3.1 Identity și Access Management (IAM)	11
3.1.1 Autentificare și Autorizare	11
3.2 Orchestrare Multi-Agent	11
3.2.1 Orchestrator	11
3.3 Agent Verificare Parole	12
3.3.1 Password Intelligence	12
3.4 Agent Verificare Primalitate	12
3.4.1 Prime Factorization	12
3.5 Agent Specialist Teorie	13
3.5.1 RAG pentru Criptografie	13
3.6 Agent Executor Comenzi	14
3.6.1 Operații Criptografice	14
3.7 Agent Selector Alegeri	14
3.7.1 NLP Intent Classification	14
3.8 Agent Detectare Criosisteme	15
3.8.1 Cryptosystem Detection	15
3.9 Management Date și Conversații	15
3.9.1 Data Persistence	15
3.10 Administrare și Audit	16
3.10.1 System Administration	16
3.11 Interfață Utilizator	16
3.11.1 UI și UX	16
4 Cerințe Non-Funcționale	18
4.1 Performanță	18
4.1.1 Timp de Răspuns	18
4.2 Scalabilitate	18
4.2.1 Horizontal Scaling	18
4.3 Fiabilitate	19

4.3.1	Availability și Recovery	19
4.4	Observabilitate	19
4.4.1	Monitoring și Logging	19
5	Cerințe de Securitate	21
5.1	Transport Security	21
5.1.1	TLS și mTLS	21
5.2	Data Security	21
5.2.1	Protecția Datelor	21
5.3	Input Validation și Injection Prevention	21
5.3.1	Validare și Sanitizare	21
5.4	Access Control	22
5.4.1	Autorizare și Rate Limiting	22
5.5	Security Headers	22
5.5.1	HTTP Security	22
5.6	Audit și Incident Response	23
5.6.1	Logging și Forensics	23
6	Cerințe AI/ML	24
6.1	Model Specification	24
6.1.1	Modele ML Utilizate	24
6.2	Data Management	24
6.2.1	Gestiunea Datelor ML	24
6.3	Guardrails și Safety	24
6.3.1	Protecție și Siguranță ML	24
6.4	Model Lifecycle (MLOps)	25
6.4.1	Management și Deployment Modele	25
6.5	Ethics și Transparency	25
6.5.1	Transparență AI	25
7	Cerințe de Infrastructură și DevOps	26
7.1	Containerizare și Orchestrare	26
7.1.1	Kubernetes	26
7.2	CI/CD Pipeline	26
7.2.1	Automatizare Build și Deploy	26
7.3	Deployment și Portability	27
7.3.1	Portabilitate și Instalare	27
7.4	Operational Readiness	27
7.4.1	Producție	27
8	Cerințe de Conformitate	28
8.1	Security Standards	28
8.1.1	Conformitate Securitate	28
8.2	Data Protection	28
8.2.1	GDPR Compliance	28
8.3	Licensing și Open Source	28
8.3.1	Complianță Licențe	28

9	Anexă	29
9.1	Diagrame UML	29
9.1.1	Arhitectură generală	29
9.1.2	Cazuri de utilizare	30
9.1.3	Flux secvențial cerere-răspuns	30
9.1.4	Flux asincron pentru operații heavy	31
9.1.5	Ciclul de viață al job-urilor	32
9.1.6	Agent Verificare Parole	32
9.1.7	Agent Verificare Primalitate	33
9.1.8	Agent Specialist Teorie (RAG)	33
9.1.9	Agent Executor Comenzi	34
9.1.10	Agent Choice Maker (clasificare)	34
9.1.11	Agent Choice Maker (generare întrebări)	34
9.1.12	Agent Detectare Criptosisteme	35
9.2	Arhitectura pe Niveluri	35

Glosar

Termen	Definiție
API	Application Programming Interface
RAG	Retrieval-Augmented Generation
RBAC	Role-Based Access Control
SRS	Software Requirements Specification
JWT	JSON Web Token
MFA	Multi-Factor Authentication
TLS	Transport Layer Security
mTLS	Mutual TLS
LLM	Large Language Model
ML	Machine Learning
PQC	Post-Quantum Cryptography
HIBP	Have I Been Pwned
YAFU	Yet Another Factorization Utility
CSP	Content Security Policy
CSRF	Cross-Site Request Forgery
XSS	Cross-Site Scripting
TTL	Time to Live
K8s	Kubernetes
Docker	Containerization Platform
GDPR	General Data Protection Regulation
SIEM	Security Information and Event Management

1 Introducere

1.1 Scopul Documentului

Acest document SRS oferă o descriere completă a platformei software de unelte AI în criptografie, un sistem de inteligență criptografică de următoarea generație, bazat pe o arhitectură multi-agent autonomă. Platforma orchestrează agenți AI specializați pentru analiza securității parolelor, factorizare numere prime, asistență teoretică în criptografie, operațiuni criptografice și detecție de criptosisteme cu scor de încredere.

Platforma facilitează:

- Evaluarea securității parolelor folosind ansambluri ML
- Verificarea primalității și factorizarea numerelor mari
- Asistență teoretică în criptografie prin RAG
- Execuția de operațiuni criptografice (simetrice, asimetrice, PQC)
- Detectarea automată a criptosistemelor din ciphertext

Acest SRS va servi drept bază pentru fazele ulterioare de proiectare, dezvoltare și testare ale sistemului.

1.2 Convenții Document

Acest document urmează convențiile RFC 2119 cu următoarele traduceri în limba română:

Termen	Descriere
TREBUIE	Indică o cerință obligatorie care trebuie implementată.
AR TREBUI	Indică o cerință recomandată.
POATE	Indică o cerință opțională.

Cerințele sunt categorisite astfel:

Număr Cerință	Descriere
FR-XXX-NNN	Cerințe Funcționale
NFR-XXX-NNN	Cerințe Non-Funcționale
SR-XXX-NNN	Cerințe de Securitate
ML-XXX-NNN	Cerințe AI/ML
INF-XXX-NNN	Cerințe de Infrastructură
CMP-XXX-NNN	Cerințe de Conformitate

1.3 Audiență Intenționată

Acest document este destinat următoarelor persoane:

Persoană	Rol
Academia Tehnică Militară	Conducerea instituției care va evalua proiectul
Profesor Coordonator	Evaluare și îndrumare tehnică
Comisia de Licență	Evaluarea finală a proiectului

1.4 Cadrul Proiectului

1.4.1 În Cadrul Proiectului

Platforma software de unelte AI în criptografie include următoarele componente principale:

1. Modul de Identity și Access Management (IAM)
2. Orchestrator Multi-Agent
3. Agenți Specializați (6 agenți)
4. Sistem Notificări și Conversații
5. Interfață Web React și CLI

1.4.2 În Afara Domeniului Proiectului

Următoarele aspecte sunt excluse explicit din acest proiect:

1. Sistem de plăți sau monetizare
2. Aplicație mobilă nativă (iOS/Android)
3. Integrare cu sisteme externe de învățământ
4. Sistem de management al utilizatorilor la scară enterprise
5. Suport pentru mai multe limbi (doar engleză)

2 Descriere Generală

2.1 Perspectiva Produsului

Platforma software de unelte AI în criptografie este dezvoltată ca proiect de licență la Academia Tehnică Militară „Ferdinand I”. Sistemul operează ca o aplicație web centralizată, accesibilă prin browsere standard și CLI, fără a necesita instalarea de software client.

2.2 Funcționalitățile Produsului

Platforma software de unelte AI în criptografie oferă următoarele funcționalități majore:

1. Autentificare și Managementul Accesului

- Autentificare securizată cu email și parolă
- Sistem RBAC cu 3 roluri (Anonymous, User, Admin)
- Suport MFA pentru admini
- Token-uri JWT cu rotație automată

2. Orchestrare Multi-Agent

- Detectare automată a intenției utilizatorului
- Routing inteligent către agenții potriviți
- Execuție paralelă pentru operații independente
- Agregare răspunsuri multiple

3. Verificare Parole (Password Checker)

- Evaluare ML cu PassGPT, zxcvbn, PassStrengthAI
- Verificare HIBP (k-anonymity)
- Scor unificat 0-100
- Recomandări acționabile

4. Verificare Primalitate (Prime Checker)

- Test Miller-Rabin deterministic
- Factorizare cu YAFU și FactorDB
- Cache LRU în memorie și persistent

5. Specialist Teorie (Theory Specialist)

- RAG pentru criptografie cu ChromaDB
- Ingestie PDF, Markdown, Text
- Reranking cu cross-encoder
- Istoric conversații cu context

6. Executor Comenzi (Command Executor)

- Operații crypto: AES, RSA, HMAC, PQC
- Hashing: SHA-256/384/512, SHA3, BLAKE2
- Encoding: Base64, Hex
- Implementare în Rust pentru siguranță

7. Selector Alegeri (Choice Maker)

- NLP pentru clasificare intenții
- Extracție entități cu SecureBERT 2.0
- 10+ clase de intenție

8. Detectare Criptosisteme

- Integrare CyberChef Magic
- Euristici dcode-like
- Scor de încredere 0-1

2.3 Caracteristici Utilizatori

Platforma deservește următoarele categorii de utilizatori:

Rol	Caracteristici și Nevoi
Anonymous	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizatori neautentificați • Acces limitat la operații demo • Nevoi: Testare funcționalități de bază
User	<ul style="list-style-type: none"> • Utilizatori înregistrați • Competențe IT: medii-avansate • Nevoi: Acces complet la toate agenții, istoric conversații
Admin	<ul style="list-style-type: none"> • Administratori sistem • Competențe IT: avansate • Nevoi: Management utilizatori, configurări globale, audit, monitorizare

2.4 Mediul de Operare

Platforma va opera în următorul mediu:

1. Mediu Tehnic

- Aplicație web accesibilă prin browsere moderne
- CLI pentru power users
- Design responsive
- Hosting: on-premise sau cloud (AWS/GCP/Azure)

2. Mediu Hardware

- Server(e) cu capacitate de procesare adecvată pentru 100+ utilizatori
- Stocare: minimum 100GB pentru baze de date și modele ML

- Backup automat

3. Mediu Software

- Containerizare: Docker + Docker Compose
- Orchestrare: Kubernetes (producție)
- Limbaje: Go, Rust, Python, TypeScript
- Baze de date: PostgreSQL 16, Redis 7, ChromaDB, BoltDB
- Frontend: React
- Observabilitate: Prometheus + Grafana

3 Cerințe Funcționale

Această secțiune detaliază cerințele funcționale ale platformei software de unelte AI în criptografie, organizate pe module majore.

3.1 Identity și Access Management (IAM)

3.1.1 Autentificare și Autorizare

ID	Cerință
FR-IAM-001	Sistemul TREBUIE să permită înregistrarea utilizatorilor cu email, parolă și confirmare email.
FR-IAM-002	Sistemul TREBUIE să implementeze autentificare prin email/parolă cu rate limiting (max 5 încercări/minut).
FR-IAM-003	Sistemul TREBUIE să suporte MFA (TOTP RFC 6238) pentru rolul Admin.
FR-IAM-004	Sistemul AR TREBUI să suporte WebAuthn/FIDO2 pentru passwordless authentication.
FR-IAM-005	Sistemul TREBUIE să emită token-uri JWT (access: 15min, refresh: 7 zile) cu rotație automată.
FR-IAM-006	Sistemul TREBUIE să permită generarea și revocarea de API keys cu scope-uri configurabile.
FR-IAM-007	Sistemul TREBUIE să implementeze RBAC cu 3 roluri predefinite: Anonymous, User, Admin.
FR-IAM-008	Sistemul TREBUIE să permită resetarea parolei prin email cu token unic (TTL: 1 oră).
FR-IAM-009	Sistemul AR TREBUI să suporte OAuth2/OIDC pentru autentificare externă (GitHub, Google).
FR-IAM-010	Sistemul TREBUIE să invalideze toate sesiunile active la schimbarea parolei.

3.2 Orchestrare Multi-Agent

3.2.1 Orchestrator

ID	Cerință
FR-ORC-001	Orchestratorul TREBUIE să detecteze intenția utilizatorului folosind agentul Choice Maker.
FR-ORC-002	Orchestratorul TREBUIE să ruteze cererile către agentul/agenții potriviți pe baza intenției detectate.
FR-ORC-003	Orchestratorul TREBUIE să suporte execuție paralelă pentru operații independente.
FR-ORC-004	Orchestratorul TREBUIE să agregaze răspunsurile de la mai mulți agenți într-un răspuns unificat.
FR-ORC-005	Orchestratorul TREBUIE să implementeze timeout configurabil per agent (default: 30s).

ID	Cerință
FR-ORC-006	Orchestratorul TREBUIE să implementeze circuit breaker pentru agenți cu probleme.
FR-ORC-007	Orchestratorul TREBUIE să expună health endpoints pentru fiecare serviciu gestionat.
FR-ORC-008	Orchestratorul AR TREBUI să ofere fallback logic când agenții sunt indisponibili.
FR-ORC-009	Orchestratorul TREBUIE să suporte selectarea dinamică a provider-ului LLM per cerere.
FR-ORC-010	Orchestratorul AR TREBUI să permită configurarea priorităților de rutare per agent.

3.3 Agent Verificare Parole

3.3.1 Password Intelligence

ID	Cerință
FR-PWD-001	Agentul TREBUIE să calculeze scorul de securitate unificat (0-100) din ansamblu ML.
FR-PWD-002	Agentul TREBUIE să integreze PassGPT pentru analiza probabilistică a parolelor.
FR-PWD-003	Agentul TREBUIE să integreze zxcvbn pentru evaluarea heuristică.
FR-PWD-004	Agentul TREBUIE să verifice parola contra bazei HIBP (k-anonymity).
FR-PWD-005	Agentul AR TREBUI să integreze PassStrengthAI (CNN) pentru evaluare suplimentară.
FR-PWD-006	Agentul TREBUIE să returneze recomandări acționabile pentru îmbunătățirea parolei.
FR-PWD-007	Agentul TREBUIE să dezactiveze automat PassGPT pentru parole ≤ 10 caractere.
FR-PWD-008	Agentul AR TREBUI să aplice penalizări pentru parole scurte (≤ 8 caractere).
FR-PWD-009	Agentul TREBUIE să limiteze lungimea parolei acceptate la 128 caractere.
FR-PWD-010	Agentul NU TREBUIE să stocheze sau să logheze parola în clar.

3.4 Agent Verificare Primalitate

3.4.1 Prime Factorization

ID	Cerință
FR-PRM-001	Agentul TREBUIE să verifice primalitatea numerelor folosind Miller-Rabin deterministic pentru numere $\leq 2^{64}$.

ID	Cerință
FR-PRM-002	Agentul TREBUIE să integreze YAFU pentru factorizare avansată.
FR-PRM-003	Agentul TREBUIE să utilizeze FactorDB ca fallback pentru numere mari.
FR-PRM-004	Agentul TREBUIE să implementeze cache LRU in-memory + persistent BoltDB.
FR-PRM-005	Agentul TREBUIE să returneze factorii primi și metoda folosită.
FR-PRM-006	Agentul TREBUIE să limiteze numărul maxim de cifre acceptate (default: 1000).
FR-PRM-007	Agentul TREBUIE să implementeze timeout-uri per backend (YAFU: 5s primality, 8s factor).
FR-PRM-008	Agentul AR TREBUI să raporteze timpul de calcul în răspuns.
FR-PRM-009	Agentul TREBUIE să expună endpoint /history pentru ultimele rezultate.
FR-PRM-010	Agentul TREBUIE să gestioneze concurența YAFU cu semaphore (default: 2).

3.5 Agent Specialist Teorie

3.5.1 RAG pentru Criptografie

ID	Cerință
FR-RAG-001	Agentul TREBUIE să suporte ingestia documentelor PDF, Markdown și Text.
FR-RAG-002	Agentul TREBUIE să stocheze embeddings în ChromaDB cu persistență.
FR-RAG-003	Agentul TREBUIE să utilizeze FastEmbed (BAAI/bge-small-en-v1.5) pentru vectorizare.
FR-RAG-004	Agentul TREBUIE să implementeze reranking cu cross-encoder (BAAI/bge-reranker-base).
FR-RAG-005	Agentul TREBUIE să mențină istoricul conversațiilor cu context tracking.
FR-RAG-006	Agentul TREBUIE să returneze surse (citări) pentru fiecare răspuns generat.
FR-RAG-007	Agentul AR TREBUI să suporte hybrid retrieval (vector + BM25).
FR-RAG-008	Agentul TREBUIE să suporte multiple LLM providers (Ollama, OpenAI, Gemini).
FR-RAG-009	Agentul TREBUIE să permită auto-ingestia documentelor noi din folder monitorizat.
FR-RAG-010	Agentul AR TREBUI să permită selectarea direct_rag pentru bypass LLM.

3.6 Agent Executor Comenzi

3.6.1 Operații Criptografice

ID	Cerință
FR-CMD-001	Agentul TREBUIE să suporte operații de encoding: Base64, Hex.
FR-CMD-002	Agentul TREBUIE să suporte hashing: SHA-256/384/512, SHA3, BLAKE2, MD5, HMAC.
FR-CMD-003	Agentul TREBUIE să suporte criptare simetrică AES-CBC + HMAC (Encrypt-then-MAC).
FR-CMD-004	Agentul TREBUIE să suporte criptare asimetrică RSA cu OAEP padding.
FR-CMD-005	Agentul TREBUIE să suporte semnături post-quantum (ML-DSA/Dilithium, Falcon).
FR-CMD-006	Agentul TREBUIE să valideze toate inputurile contra injection attacks.
FR-CMD-007	Agentul TREBUIE să redacteze secretele din logs/erori.
FR-CMD-008	Agentul TREBUIE să returneze comanda OpenSSL executată (scop educațional).
FR-CMD-009	Agentul TREBUIE să implementeze timeout per operație (default: 30s).
FR-CMD-010	Agentul TREBUIE să raporteze disponibilitatea PQC provider la /pqc/health.

3.7 Agent Selector Alegeri

3.7.1 NLP Intent Classification

ID	Cerință
FR-NLP-001	Agentul TREBUIE să clasifice intenția utilizatorului cu confidence score.
FR-NLP-002	Agentul TREBUIE să extragă entități relevante (numere, algoritmi, parole, chei).
FR-NLP-003	Agentul TREBUIE să utilizeze SecureBERT 2.0 pentru clasificare.
FR-NLP-004	Agentul TREBUIE să suporte minim 10 clase de intenție (encrypt, decrypt, hash, etc.).
FR-NLP-005	Agentul TREBUIE să returneze threshold de confidence configurabil.
FR-NLP-006	Agentul AR TREBUI să detecteze cereri ambigue și să solicite clarificare.
FR-NLP-007	Agentul TREBUIE să proceseze cereri în limba engleză.

ID	Cerință
FR-NLP-008	Agentul POATE să suporte input multilingv cu traducere automată.

3.8 Agent Detectare Criptosisteme

3.8.1 Cryptosystem Detection

ID	Cerință
FR-CRY-001	Agentul TREBUIE să detecteze tipul de criptosistem din cipher-text.
FR-CRY-002	Agentul TREBUIE să integreze CyberChef Magic detector.
FR-CRY-003	Agentul AR TREBUI să integreze euristici inspirate din dcode.fr.
FR-CRY-004	Agentul TREBUIE să agregheze rezultatele de la mai mulți detectori.
FR-CRY-005	Agentul TREBUIE să returneze scor de încredere (0-1) pentru fiecare detecție.
FR-CRY-006	Agentul TREBUIE să returneze top N candidați ordonați după scor (N configurabil).

3.9 Management Date și Conversații

3.9.1 Data Persistence

ID	Cerință
FR-DAT-001	Sistemul TREBUIE să stocheze istoricul conversațiilor per utilizator.
FR-DAT-002	Sistemul TREBUIE să permită reluarea conversațiilor anterioare.
FR-DAT-003	Sistemul TREBUIE să permită exportul rezultatelor în JSON.
FR-DAT-004	Sistemul AR TREBUI să permită exportul rapoartelor în PDF.
FR-DAT-005	Sistemul TREBUIE să implementeze TTL configurabil pentru cache (default: 1h).
FR-DAT-006	Sistemul TREBUIE să permită ștergerea datelor utilizatorului la cerere (GDPR).
FR-DAT-007	Sistemul TREBUIE să anonimizeze datele în log-uri.
FR-DAT-008	Sistemul AR TREBUI să implementeze backup automat al bazelor de date.
FR-DAT-009	Sistemul TREBUIE să definească retention policy pentru date (default: 90 zile).

ID	Cerință
FR-DAT-010	Sistemul AR TREBUI să permită exportul metadatelor conversațiilor.

3.10 Administrare și Audit

3.10.1 System Administration

ID	Cerință
FR-ADM-001	Sistemul TREBUIE să logheze toate acțiunile administrative în audit log.
FR-ADM-002	Sistemul TREBUIE să înregistreze timestamp, user ID, acțiune, resursa afectată, IP.
FR-ADM-003	Sistemul TREBUIE să ofere UI de administrare pentru utilizatori și roluri.
FR-ADM-004	Sistemul TREBUIE să ofere dashboard pentru management API keys.
FR-ADM-005	Sistemul TREBUIE să implementeze rate limiting configurabil per endpoint.
FR-ADM-006	Sistemul TREBUIE să implementeze quota per utilizator/API key.
FR-ADM-007	Sistemul AR TREBUI să alerteze la pattern-uri anormale (brute force, anomalii).
FR-ADM-008	Sistemul TREBUIE să permită configurări centralizate per mediu (dev/staging/prod).
FR-ADM-009	Sistemul TREBUIE să păstreze audit log-ul minim 5 ani.
FR-ADM-010	Sistemul AR TREBUI să ofere export audit log în format SIEM-compatible.

3.11 Interfață Utilizator

3.11.1 UI și UX

ID	Cerință
FR-UI-001	Interfața web TREBUIE să ofere input conversațional pentru cereri.
FR-UI-002	Interfața TREBUIE să afișeze rezultatele într-un format structurat și lizibil.
FR-UI-003	Interfața TREBUIE să afișeze sursele (citări) pentru răspunsurile RAG.
FR-UI-004	Interfața TREBUIE să permită navigarea între conversații anterioare.
FR-UI-005	Interfața TREBUIE să fie responsive pentru desktop, tabletă și mobil.
FR-UI-006	Interfața AR TREBUI să ofere mod întunecat (dark mode).

ID	Cerință
FR-UI-007	Interfața TREBUIE să afișeze status de loading pentru operații async.
FR-UI-008	Interfața TREBUIE să afișeze erori într-un mod user-friendly.
FR-UI-009	CLI-ul TREBUIE să ofere acces la toate funcționalitățile core.
FR-UI-010	CLI-ul AR TREBUI să suporte output în format JSON pentru scripting.

4 Cerințe Non-Funcționale

4.1 Performanță

4.1.1 Timp de Răspuns

ID	Cerință
NFR-PRF-001	Endpoint-urile lightweight (health, status) TREBUIE să răspundă în p95 ; 100ms.
NFR-PRF-002	Clasificarea intenției (Choice Maker) TREBUIE să se finalizeze în p95 ; 500ms.
NFR-PRF-003	Evaluarea parolei TREBUIE să se finalizeze în p95 ; 2s.
NFR-PRF-004	Verificarea primalității pentru numere ; 64 biți TREBUIE să fie ; 100ms.
NFR-PRF-005	Operațiile criptografice standard TREBUIE să se finalizeze în ; 1s.
NFR-PRF-006	Generarea RAG TREBUIE să returneze răspuns în p95 ; 10s (dependent de LLM).
NFR-PRF-007	Sistemul TREBUIE să suporte minim 100 de cereri concurente.
NFR-PRF-008	Sistemul AR TREBUI să suporte minim 500 de utilizatori concurenți activi.
NFR-PRF-009	Cache-ul TREBUIE să reducă latența pentru cereri repetitive cu minim 80%.
NFR-PRF-010	Operațiile heavy (factorizare, RAG extins) TREBUIE să fie async cu polling.

4.2 Scalabilitate

4.2.1 Horizontal Scaling

ID	Cerință
NFR-SCL-001	Arhitectura TREBUIE să permită scalare orizontală pentru toți agenții.
NFR-SCL-002	Sistemul TREBUIE să funcționeze corect cu minim 2 replici per agent critic.
NFR-SCL-003	Baza de date TREBUIE să suporte connection pooling eficient.
NFR-SCL-004	Sistemul AR TREBUI să implementeze auto-scaling pe bază de load în K8s.
NFR-SCL-005	Sistemul TREBUIE să gestioneze backpressure la cereri excesive.

4.3 Fiabilitate

4.3.1 Availability și Recovery

ID	Cerință
NFR-REL-001	Disponibilitatea target pentru orchestrator și backend: $\geq 99.5\%$.
NFR-REL-002	Disponibilitatea target pentru agenți individuali: $\geq 99\%$.
NFR-REL-003	Sistemul TREBUIE să implementeze retry cu exponential backoff pentru dependențe externe.
NFR-REL-004	Sistemul TREBUIE să implementeze circuit breaker cu threshold configurabil.
NFR-REL-005	Sistemul TREBUIE să funcționeze în mod degradat când agenți non-critici sunt indisponibili.
NFR-REL-006	MTBF target pentru servicii critice: ≥ 720 ore.
NFR-REL-007	MTTR target: ≤ 30 minute.
NFR-REL-008	Backup-urile bazelor de date TREBUIE să fie automate și testate periodic.
NFR-REL-009	RTO (Recovery Time Objective): ≤ 4 ore.
NFR-REL-010	RPO (Recovery Point Objective): ≤ 1 oră.

4.4 Observabilitate

4.4.1 Monitoring și Logging

ID	Cerință
NFR-OBS-001	Toate serviciile TREBUIE să expună metrice Prometheus pe /metrics.
NFR-OBS-002	Sistemul TREBUIE să colecteze metrice RED (Rate, Errors, Duration).
NFR-OBS-003	Sistemul TREBUIE să colecteze metrice USE (Utilization, Saturation, Errors).
NFR-OBS-004	Toate serviciile TREBUIE să emită loguri structurate (JSON).
NFR-OBS-005	Log-urile TREBUIE să includă: timestamp, level, service, trace_id, message.
NFR-OBS-006	Sistemul AR TREBUI să implementeze distributed tracing (OpenTelemetry).
NFR-OBS-007	Sistemul TREBUIE să ofere dashboards Grafana pentru monitorizare.

ID	Cerință
NFR-OBS-008	Sistemul TREBUIE să configureze alerting pentru metrici critice.
NFR-OBS-009	Alertele critice TREBUIE să fie notificate în 5 minute de la incident.
NFR-OBS-010	Sistemul AR TREBUI să implementeze anomaly detection pentru pattern-uri neobișnuite.

5 Cerințe de Securitate

5.1 Transport Security

5.1.1 TLS și mTLS

ID	Cerință
SR-TLS-001	Toate comunicațiile externe TREBUIE să utilizeze TLS 1.2+.
SR-TLS-002	Comunicațiile inter-servicii în producție TREBUIE să utilizeze mTLS.
SR-TLS-003	Certificatele TREBUIE să aibă minimum 2048-bit RSA sau ECDSA P-256.
SR-TLS-004	Sistemul TREBUIE să implementeze certificate rotation automată.
SR-TLS-005	Sistemul TREBUIE să forțeze HSTS cu max-age ≥ 1 an.

5.2 Data Security

5.2.1 Protecția Datelor

ID	Cerință
SR-DAT-001	Datele sensibile at-rest TREBUIE să fie criptate (AES-256-GCM).
SR-DAT-002	Parolele TREBUIE să fie hashuite cu bcrypt/Argon2 (cost ≥ 12).
SR-DAT-003	API keys TREBUIE să fie stocate hashuite, afișate o singură dată.
SR-DAT-004	Secretele NU TREBUIE să fie stocate în cod sau imagini container.
SR-DAT-005	Sistemul TREBUIE să utilizeze secrets management (Vault/K8s Secrets).
SR-DAT-006	Log-urile NU TREBUIE să conțină date sensibile în clar.
SR-DAT-007	Baza de date TREBUIE să fie accesibilă doar din rețeaua internă.

5.3 Input Validation și Injection Prevention

5.3.1 Validare și Sanitizare

ID	Cerință
SR-INJ-001	Sistemul TREBUIE să prevină SQL Injection prin parametrizare.

ID	Cerință
SR-INJ-002	Sistemul TREBUIE să prevină Command Injection prin validare strictă.
SR-INJ-003	Sistemul TREBUIE să prevină XSS prin sanitizare input și output encoding.
SR-INJ-004	Sistemul TREBUIE să prevină CSRF prin token-uri per sesiune.
SR-INJ-005	Sistemul TREBUIE să prevină Path Traversal cu validare și sandboxing.
SR-INJ-006	Sistemul TREBUIE să implementeze allowlist pentru algoritmi și operațiuni.
SR-INJ-007	Sistemul TREBUIE să valideze toate inputurile server-side.
SR-INJ-008	Sistemul TREBUIE să implementeze request size limits (default: 1MB).

5.4 Access Control

5.4.1 Autorizare și Rate Limiting

ID	Cerință
SR-ACC-001	Sistemul TREBUIE să implementeze principiul privilegiilor minime.
SR-ACC-002	Sistemul TREBUIE să verifice autorizarea pentru fiecare cerere.
SR-ACC-003	Sistemul TREBUIE să implementeze rate limiting per IP și per user.
SR-ACC-004	Sistemul TREBUIE să blocheze conturile după 5 încercări eșuate (30 min).
SR-ACC-005	Sistemul AR TREBUI să implementeze IP reputation și blacklisting.
SR-ACC-006	Sistemul AR TREBUI să detecteze și să blocheze brute force attacks.

5.5 Security Headers

5.5.1 HTTP Security

ID	Cerință
SR-HDR-001	Sistemul TREBUIE să seteze Content-Security-Policy restrictiv.
SR-HDR-002	Sistemul TREBUIE să seteze X-Frame-Options: DENY.
SR-HDR-003	Sistemul TREBUIE să seteze X-Content-Type-Options: nosniff.

ID	Cerință
SR-HDR-004	Sistemul TREBUIE să seteze Referrer-Policy: strict-origin-when-cross-origin.
SR-HDR-005	Sistemul TREBUIE să configureze CORS restrictiv (nu wildcard în producție).

5.6 Audit și Incident Response

5.6.1 Logging și Forensics

ID	Cerință
SR-AUD-001	Sistemul TREBUIE să logheze toate accesele la resurse sensibile.
SR-AUD-002	Sistemul TREBUIE să logheze toate operațiunile administrative.
SR-AUD-003	Sistemul TREBUIE să păstreze audit logs imutabile pentru investigații.
SR-AUD-004	Sistemul AR TREBUI să alerteze la comportament suspect (anomalii).
SR-AUD-005	Sistemul TREBUIE să permită investigație și forensics post-incident.
SR-AUD-006	Sistemul AR TREBUI să ofere export pentru SIEM integration.

6 Cerințe AI/ML

6.1 Model Specification

6.1.1 Modele ML Utilizate

ID	Cerință
ML-MOD-001	PassGPT TREBUIE să utilizeze model pre-antrenat (javirandor/passgpt-10characters).
ML-MOD-002	SecureBERT TREBUIE să utilizeze versiunea 2.0 pentru clasificare.
ML-MOD-003	Embedding model pentru RAG TREBUIE să fie BAAI/bge-small-en-v1.5.
ML-MOD-004	Reranker TREBUIE să fie BAAI/bge-reranker-base (ONNX).
ML-MOD-005	Toate modelele TREBUIE să aibă checksum verificat la încărcare.
ML-MOD-006	Modelele TREBUIE să fie versionate și etichetate în registry.

6.2 Data Management

6.2.1 Gestiunea Datelor ML

ID	Cerință
ML-DAT-001	Documentele ingestate TREBUIE să fie clasificate și etichetate.
ML-DAT-002	Sistemul TREBUIE să păstreze metadata pentru fiecare document.
ML-DAT-003	Sistemul AR TREBUI să permită actualizarea incrementală a vectorilor.
ML-DAT-004	Sistemul TREBUIE să permită ștergerea selectivă din vector store.
ML-DAT-005	Dataset-urile de antrenament TREBUIE să fie documentate și versionate.

6.3 Guardrails și Safety

6.3.1 Protecție și Siguranță ML

ID	Cerință
ML-GRD-001	Sistemul TREBUIE să valideze inputul înainte de procesare ML.
ML-GRD-002	Sistemul TREBUIE să limiteze lungimea inputului acceptat (context window).

ID	Cerință
ML-GRD-003	Sistemul TREBUIE să filtreze output-urile pentru conținut harmful.
ML-GRD-004	Sistemul TREBUIE să implementeze limită de acțiuni per sesiune.
ML-GRD-005	Sistemul AR TREBUI să detecteze și să blocheze prompt injection attempts.
ML-GRD-006	Sistemul NU TREBUIE să expună informații sensibile prin model outputs.

6.4 Model Lifecycle (MLOps)

6.4.1 Management și Deployment Modele

ID	Cerință
ML-OPS-001	Sistemul TREBUIE să suporte blue-green deployment pentru modele.
ML-OPS-002	Sistemul TREBUIE să monitorizeze drift-ul modelelor.
ML-OPS-003	Sistemul AR TREBUI să implementeze A/B testing pentru modele noi.
ML-OPS-004	Sistemul TREBUIE să permită rollback rapid la versiunea anterioară.
ML-OPS-005	Sistemul TREBUIE să păstreze metrice de performanță per versiune model.

6.5 Ethics și Transparency

6.5.1 Transparență AI

ID	Cerință
ML-ETH-001	Sistemul TREBUIE să informeze utilizatorii că răspunsurile sunt generate de AI.
ML-ETH-002	Sistemul TREBUIE să ofere confidence scores pentru predicții.
ML-ETH-003	Sistemul AR TREBUI să documenteze limitările cunoscute ale modelelor.
ML-ETH-004	Sistemul NU TREBUIE să pretindă certitudine pentru rezultate probabilistice.

7 Cerințe de Infrastructură și DevOps

7.1 Containerizare și Orchestrare

7.1.1 Kubernetes

ID	Cerință
INF-K8S-001	Sistemul TREBUIE să ruleze în Kubernetes cu namespace segregation.
INF-K8S-002	Sistemul TREBUIE să definească resource limits pentru toate container-ele.
INF-K8S-003	Sistemul TREBUIE să implementeze network policies pentru izolare.
INF-K8S-004	Sistemul TREBUIE să utilizeze non-root containers.
INF-K8S-005	Sistemul TREBUIE să implementeze pod security standards.
INF-K8S-006	Sistemul AR TREBUI să utilizeze service mesh (Istio/Linkerd).
INF-K8S-007	Sistemul TREBUIE să implementeze health checks (liveness/readiness).
INF-K8S-008	Sistemul AR TREBUI să suporte horizontal pod autoscaling.

7.2 CI/CD Pipeline

7.2.1 Automatizare Build și Deploy

ID	Cerință
INF-CIC-001	Pipeline TREBUIE să execute build automat la fiecare commit.
INF-CIC-002	Pipeline TREBUIE să execute unit tests cu coverage $\geq 70\%$.
INF-CIC-003	Pipeline TREBUIE să execute static analysis (linters).
INF-CIC-004	Pipeline TREBUIE să execute security scanning (Trivy, Snyk).
INF-CIC-005	Pipeline TREBUIE să execute integration tests.
INF-CIC-006	Pipeline AR TREBUI să execute SAST și DAST.
INF-CIC-007	Pipeline TREBUIE să genereze și să publice imagini cu tag semantic.
INF-CIC-008	Pipeline TREBUIE să implementeze deployment automat în staging.

ID	Cerință
INF-CIC-009	Pipeline AR TREBUI să suporte canary deployments în producție.
INF-CIC-010	Pipeline TREBUIE să permită rollback rapid (î 5 minute).

7.3 Deployment și Portability

7.3.1 Portabilitate și Instalare

ID	Cerință
INF-DEP-001	Sistemul TREBUIE să suporte deployment on-premise.
INF-DEP-002	Sistemul AR TREBUI să suporte deployment în cloud (AWS/GCP/Azure).
INF-DEP-003	Sistemul TREBUIE să funcționeze pe Linux (Ubuntu 22.04+, Debian 12+).
INF-DEP-004	Sistemul AR TREBUI să suporte air-gapped deployment.
INF-DEP-005	Configurația TREBUIE să fie externalizată prin env vars/ConfigMaps.
INF-DEP-006	Sistemul TREBUIE să ofere documentație completă pentru deployment.

7.4 Operational Readiness

7.4.1 Producție

ID	Cerință
INF-OPS-001	Sistemul TREBUIE să aibă runbook-uri pentru incident response și operațiuni critice.
INF-OPS-002	Procedurile de backup și restore TREBUIE să fie documentate și testate periodic.
INF-OPS-003	Sistemul TREBUIE să aibă plan de disaster recovery cu RTO/RPO validate.
INF-OPS-004	Audit log-urile TREBUIE să fie protejate împotriva modificării și accesate doar cu roluri dedicate.
INF-OPS-005	Release-urile TREBUIE să treacă prin quality gates (teste, scanări, verificări de securitate).
INF-OPS-006	Sistemul TREBUIE să efectueze audit de securitate periodic (cel puțin anual sau per release major).
INF-OPS-007	Alertele critice TREBUIE să fie rutate către un canal de on-call.

8 Cerințe de Conformitate

8.1 Security Standards

8.1.1 Conformitate Securitate

ID	Cerință
CMP-SEC-001	Sistemul TREBUIE să respecte OWASP Top 10 (2021).
CMP-SEC-002	Sistemul AR TREBUI să respecte CIS Benchmarks pentru containerizare.
CMP-SEC-003	Sistemul AR TREBUI să respecte NIST Cybersecurity Framework.
CMP-SEC-004	Operațiunile criptografice AR TREBUI să respecte NIST SP 800-57.
CMP-SEC-005	Post-quantum crypto AR TREBUI să respecte NIST PQC standards.

8.2 Data Protection

8.2.1 GDPR Compliance

ID	Cerință
CMP-GDP-001	Sistemul TREBUIE să permită exercitarea dreptului la ștergere (Art. 17 GDPR).
CMP-GDP-002	Sistemul TREBUIE să permită exportul datelor personale (Art. 20 GDPR).
CMP-GDP-003	Sistemul TREBUIE să documenteze fluxurile de date personale.
CMP-GDP-004	Sistemul TREBUIE să minimizeze colectarea datelor (Art. 5 GDPR).
CMP-GDP-005	Sistemul AR TREBUI să implementeze pseudonimizare unde posibil.

8.3 Licensing și Open Source

8.3.1 Compliantă Licențe

ID	Cerință
CMP-LIC-001	Proiectul TREBUIE să fie licențiat sub MIT License.
CMP-LIC-002	Sistemul TREBUIE să documenteze toate dependențele și licențele lor.
CMP-LIC-003	Sistemul NU TREBUIE să includă dependențe cu licențe incompatibile.

9 Anexă

Această anexă conține diagramele UML care ilustrează arhitectura și funcționalitățile platformei software de unelte AI în criptografie.

9.1 Diagrame UML

9.1.1 Arhitectură generală

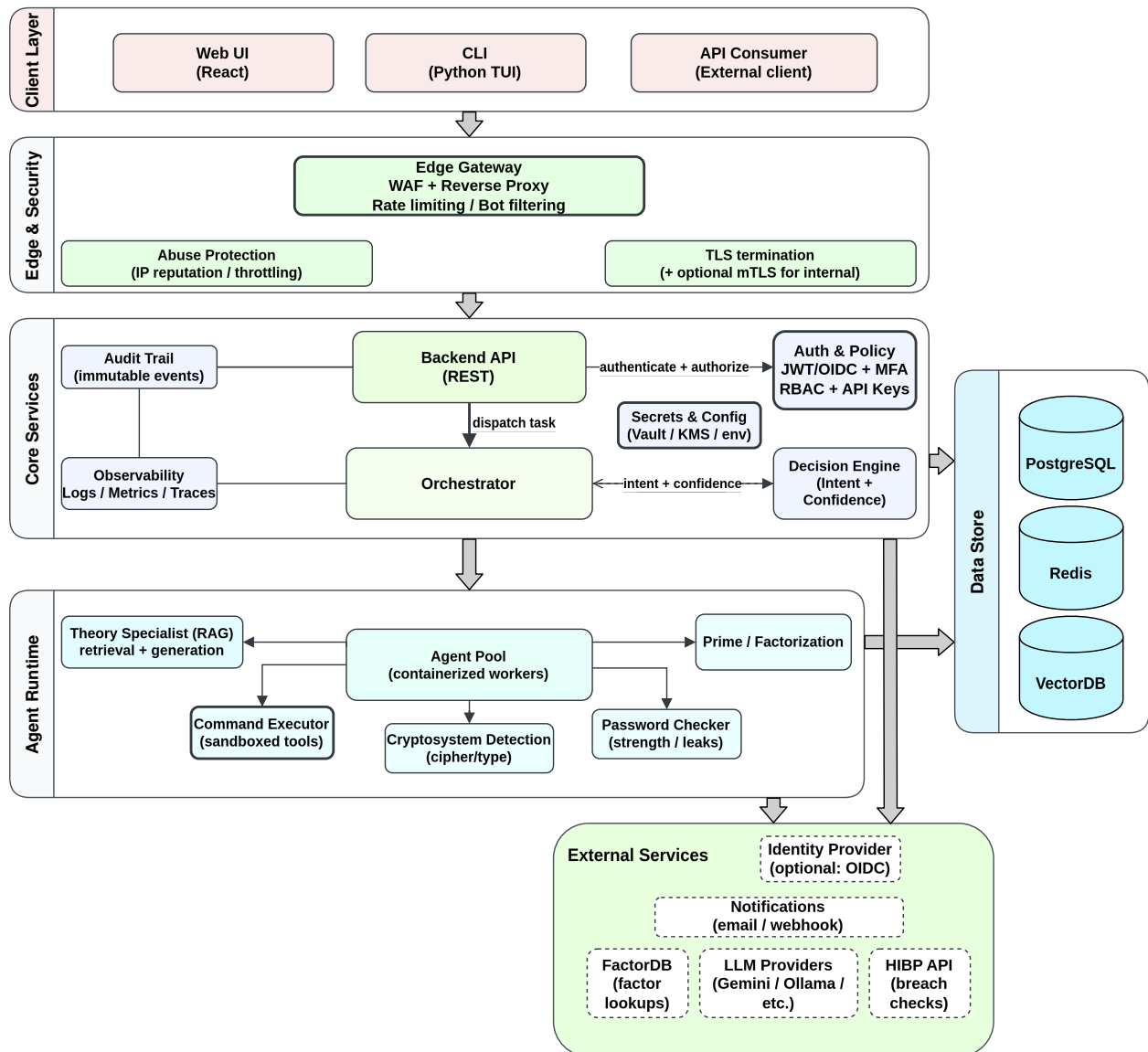


Figura 1: Arhitectura generală a platformei

9.1.2 Cazuri de utilizare

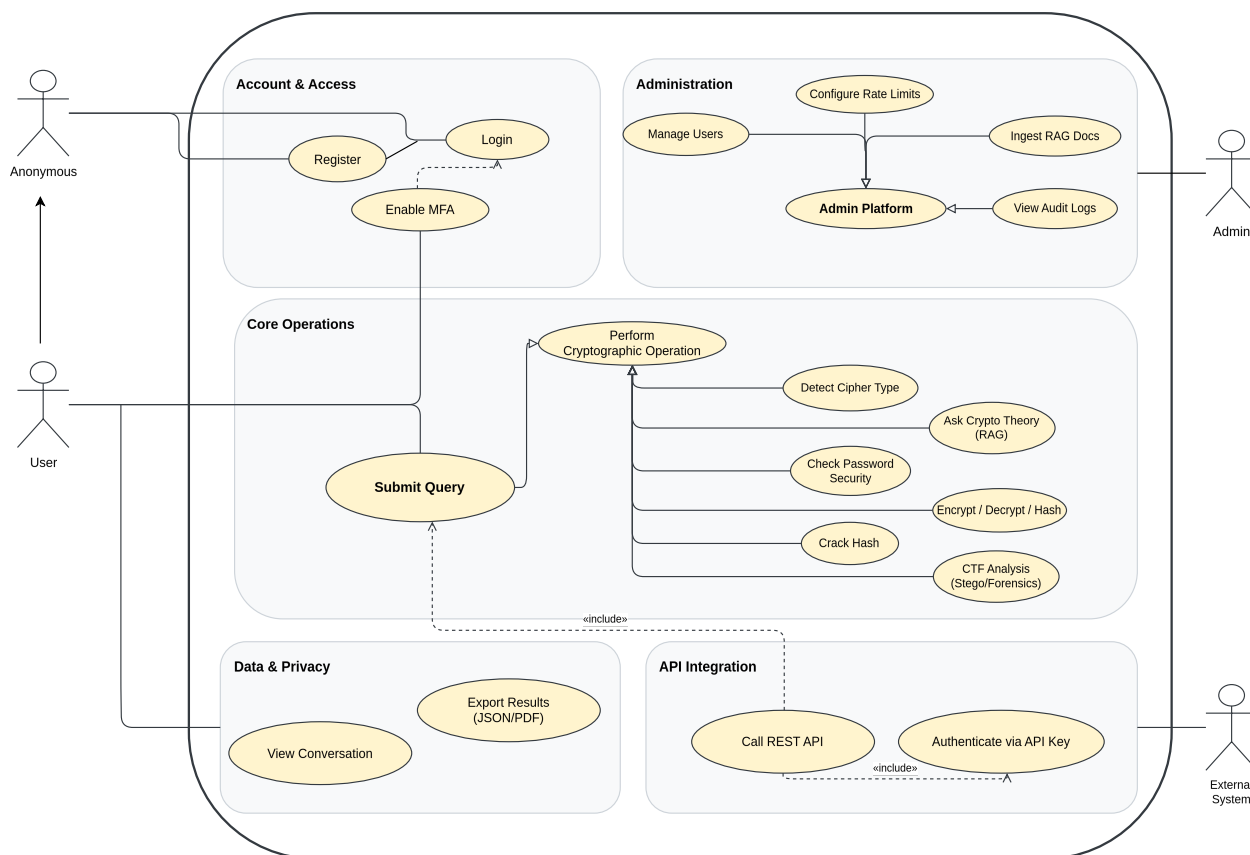


Figura 2: Cazuri de utilizare (Anonymous, User, Admin)

9.1.3 Flux secvențial cerere-răspuns

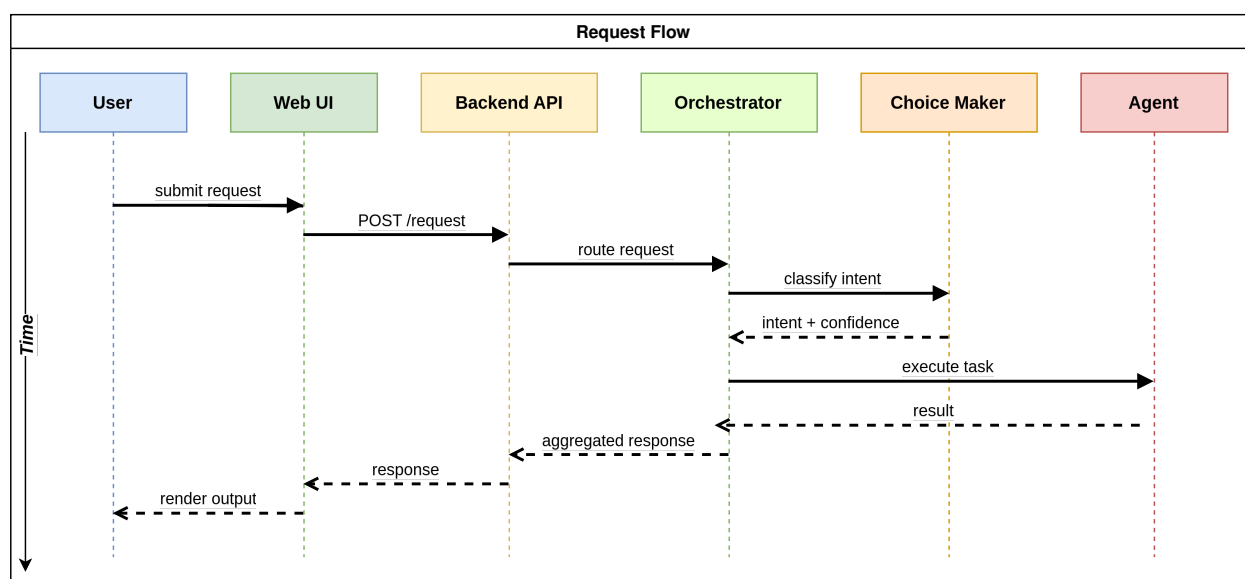


Figura 3: Flux secvențial pentru o cerere standard

9.1.4 Flux asincron pentru operații heavy

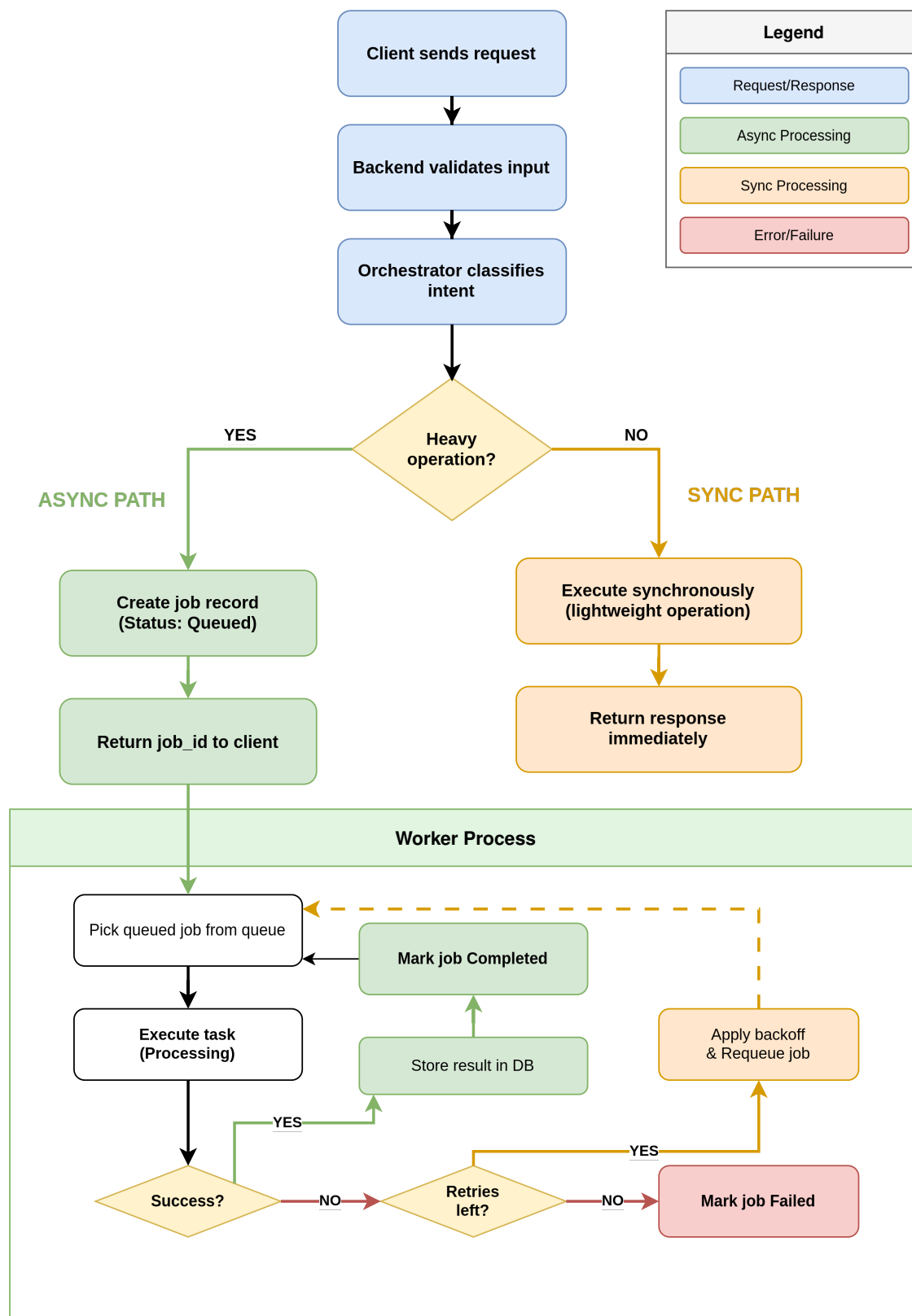


Figura 4: Flux asincron pentru operații heavy

9.1.5 Ciclul de viață al job-urilor

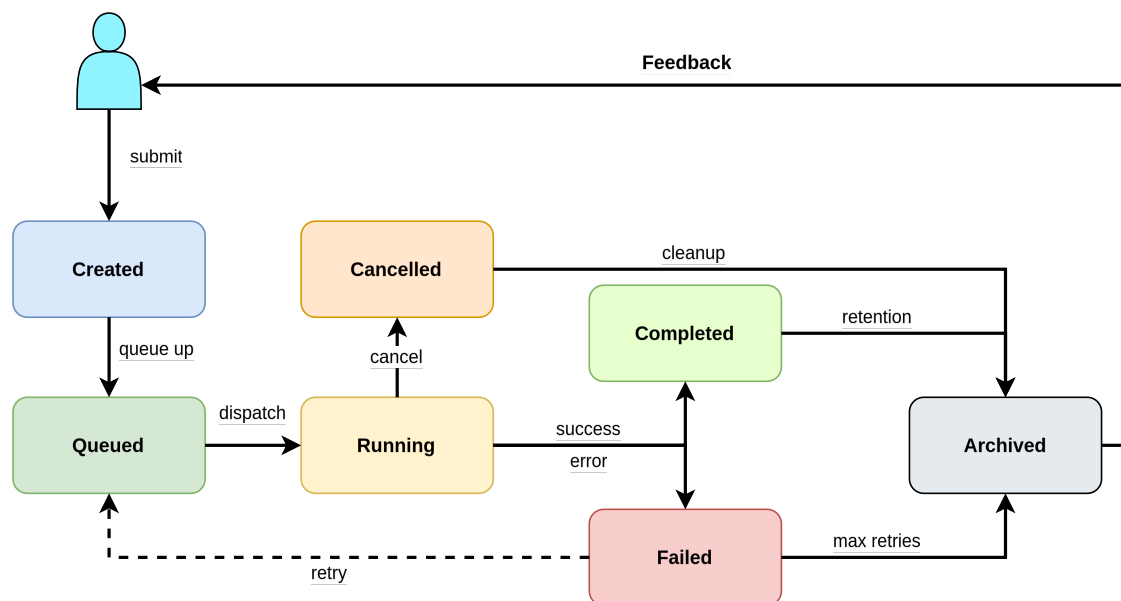


Figura 5: Lifecycle job-uri (queued, running, completed/failed)

9.1.6 Agent Verificare Parole

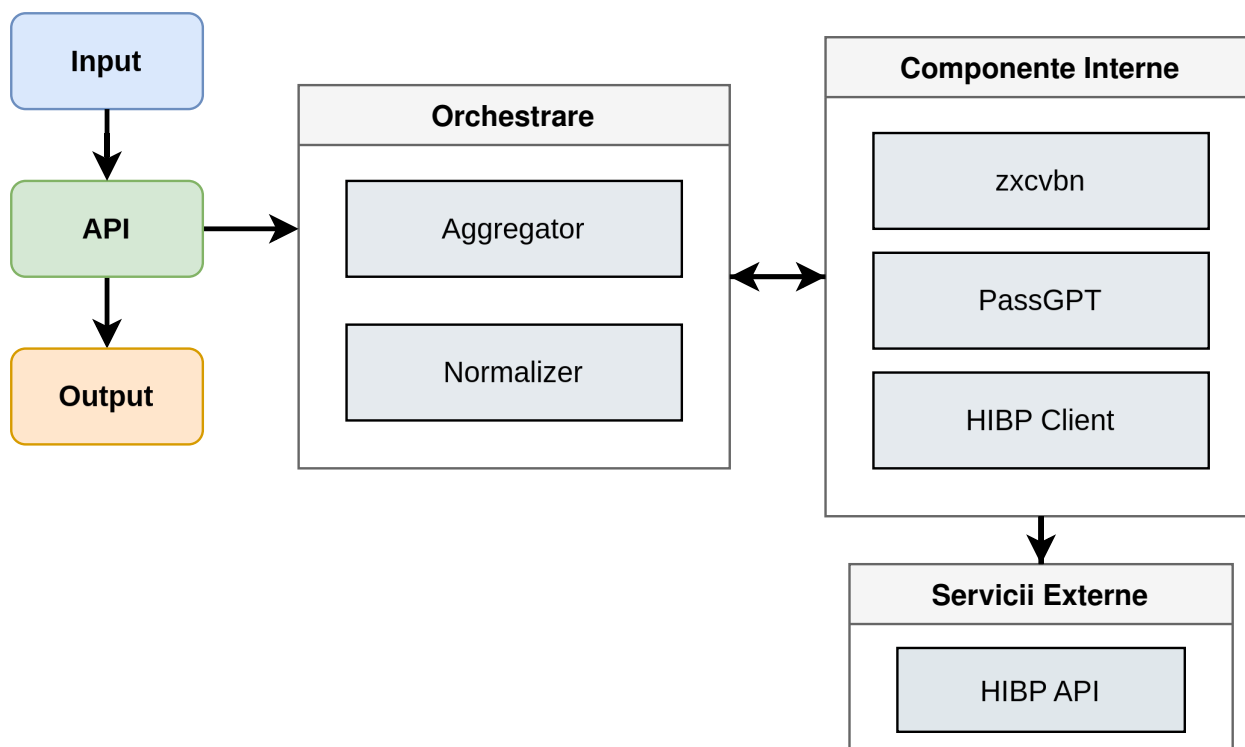


Figura 6: Diagramă componentă pentru Password Checker

9.1.7 Agent Verificare Primalitate

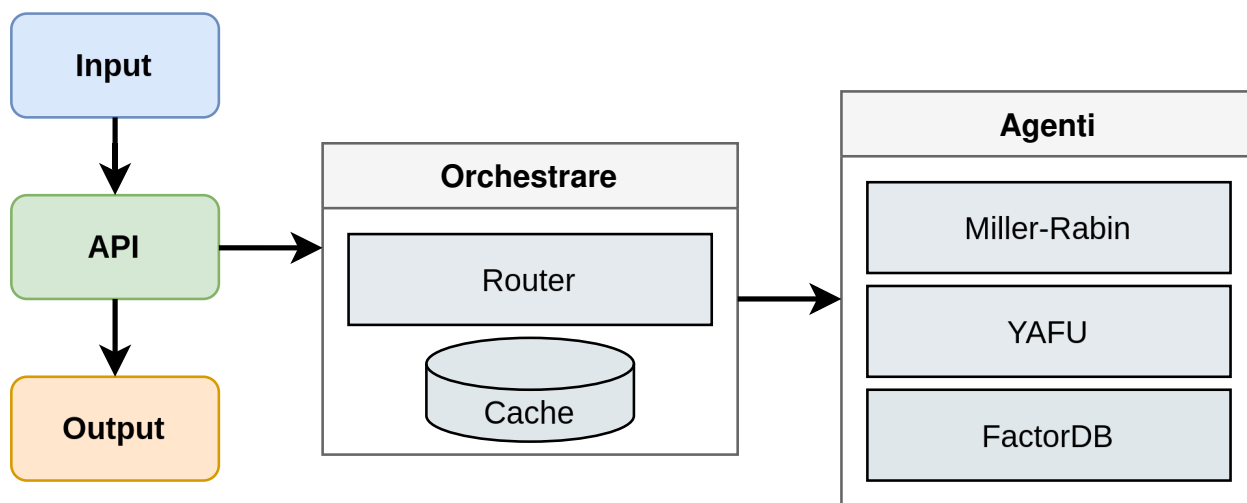


Figura 7: Diagramă componentă pentru Prime Checker

9.1.8 Agent Specialist Teorie (RAG)

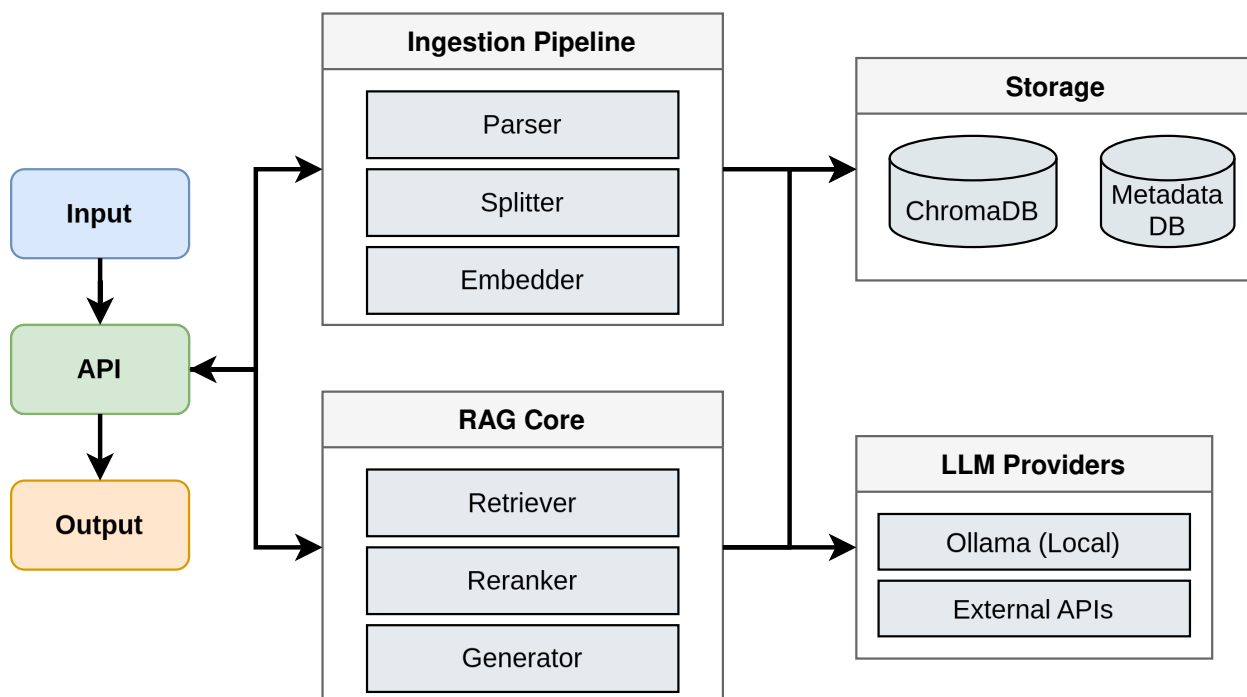


Figura 8: Diagramă componentă pentru Theory Specialist

9.1.9 Agent Executor Comenzi

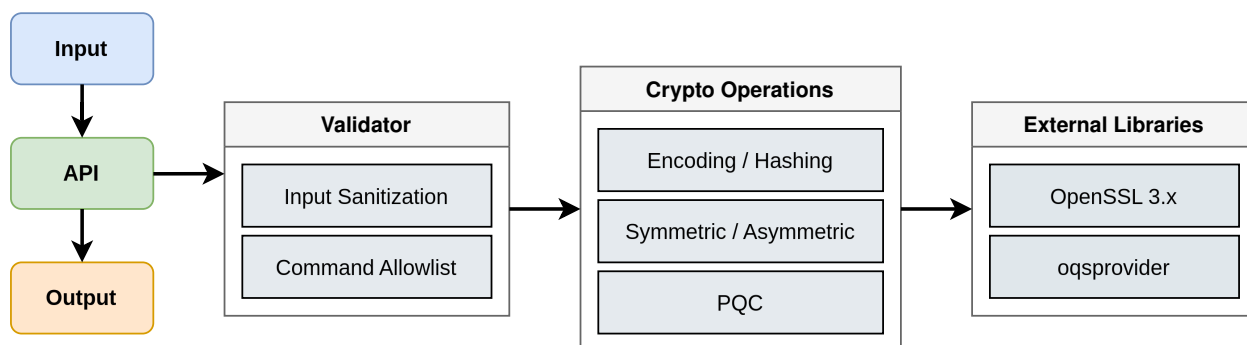


Figura 9: Diagramă componentă pentru Command Executor

9.1.10 Agent Choice Maker (clasificare)

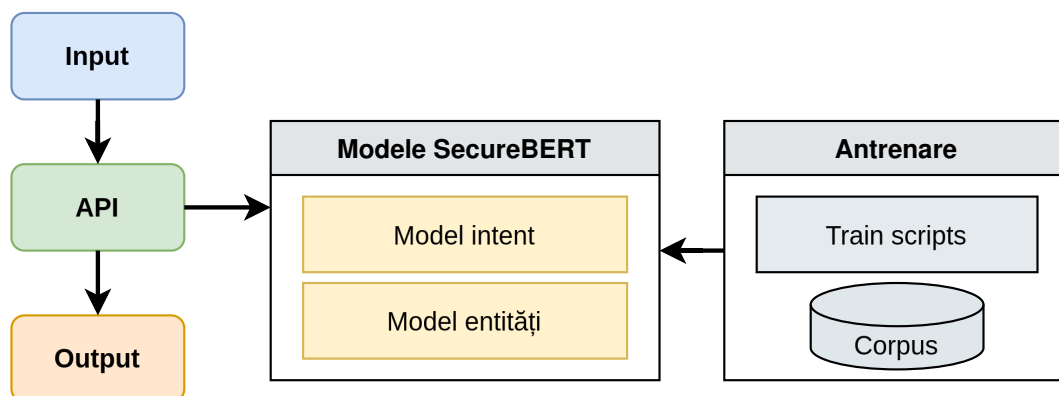


Figura 10: Diagramă componentă pentru Choice Maker (inferență)

9.1.11 Agent Choice Maker (generare întrebări)

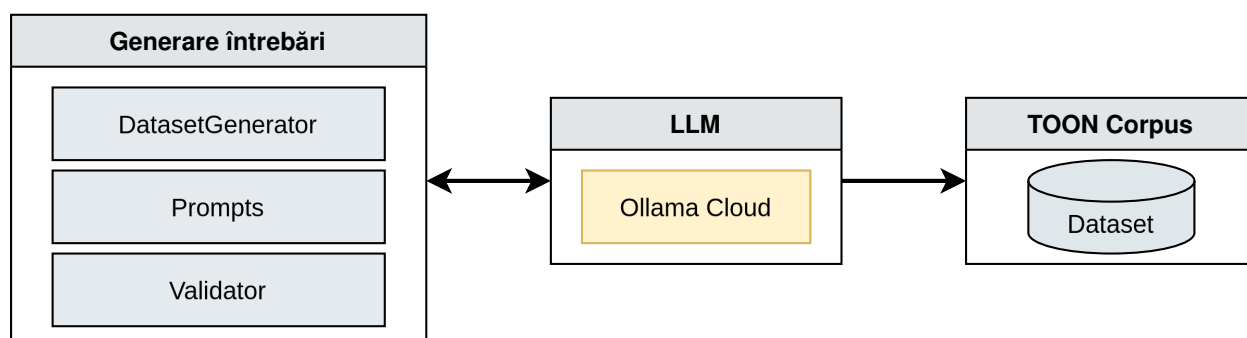


Figura 11: Diagramă componentă pentru Choice Maker (training)

9.1.12 Agent Detectare Criptosisteme

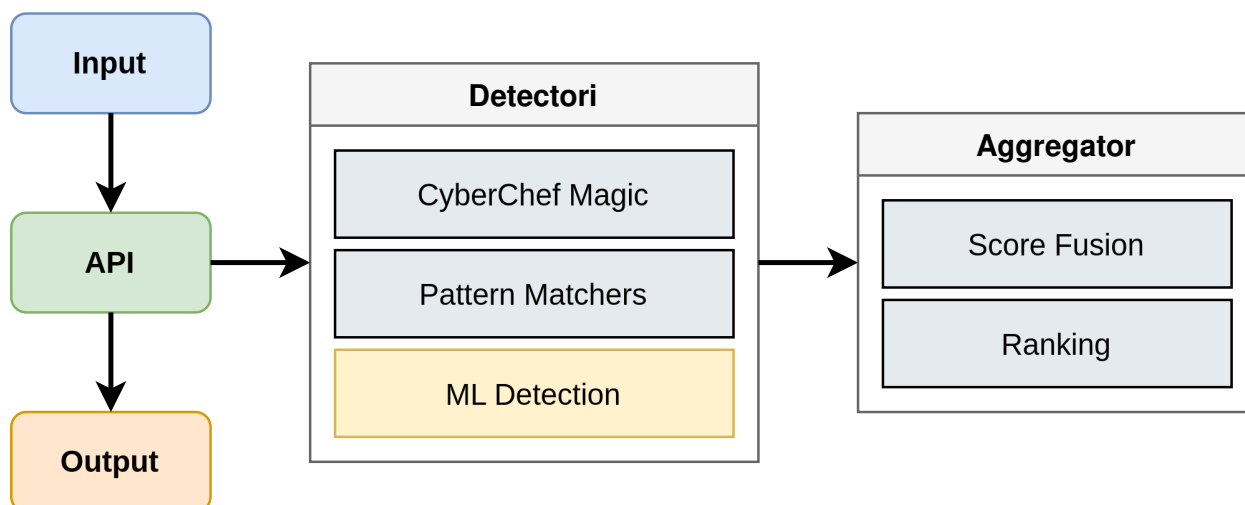


Figura 12: Diagramă componentă pentru Cryptosystem Detection

9.2 Arhitectura pe Niveluri

Arhitectura platformei software de unelte AI în criptografie este organizată pe 5 niveluri verticale:

1. **Nivel Frontend** - React Web, CLI Client, API Consumers
2. **Nivel API Gateway** - Go Backend (Auth, Rate Limiting, Routing)
3. **Nivel Orchestrare** - Orchestrator (Intent Routing, LLM)
4. **Nivel Agenți** - 6 agenți specializați (Password, Prime, Theory, Command, Choice, Cryptosystem)
5. **Nivel Date** - PostgreSQL, Redis, ChromaDB, BoltDB