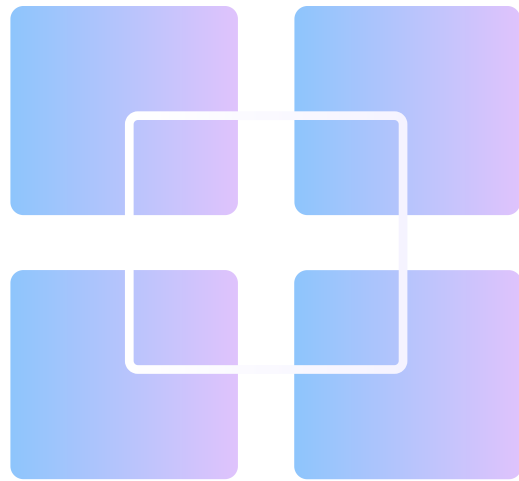
CentraleSupélec
EXED

Architectures Back-end

Back-ends et API pour le Web, le Mobile et l'IA

📋 Sommaire

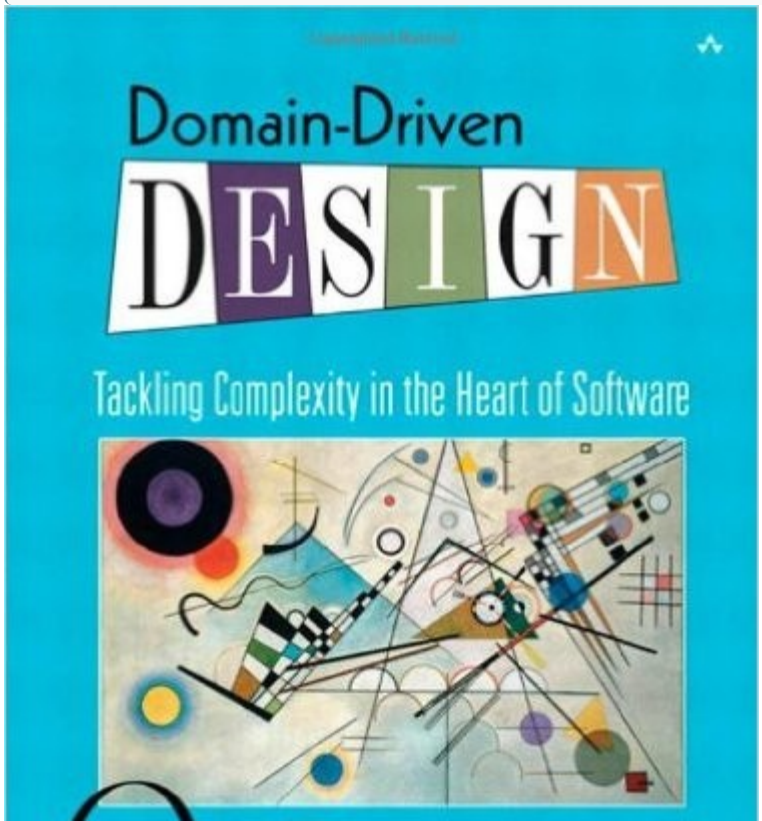


📚 INTRODUCTION

Les fondamentaux de l'architecture logicielle

Pourquoi l’architecture logicielle est cruciale ?

> "When you model using only the semantics that the business expert cares about, you get a model that the business expert understands." — **Eric Evans**, Domain-Driven Design



Définitions clés

Back-end

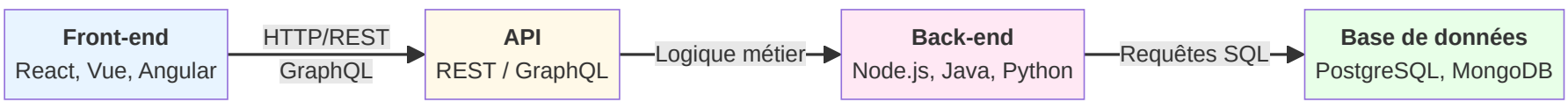
Logique métier, bases de données, APIs, serveurs. Invisible à l'utilisateur final.

Front-end

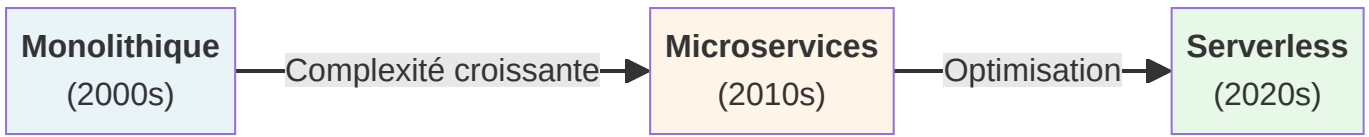
Interface utilisateur, expérience client, interactions. Ce que l'utilisateur voit et utilise.

API (Application Programming Interface)

Pont de communication entre back-end et front-end. Contrats et protocoles d'échange de données.



Évolution des architectures



Architecture	Avantages	Inconvénients
Monolithe	Simple, facile à déployer	Difficile à scaler, couplage fort
Microservices	Scalable, indépendant	Complexité opérationnelle
Serverless	Pas de gestion infra	Coûts imprévisibles, latence

Principes d’architecture applicative

SÉPARATION DES PRÉOCCUPATIONS

Chaque couche a une responsabilité unique et bien définie.

```
Présentation (UI)
      ↓
Logique métier (Règles de gestion)
      ↓
Accès aux données (Persistance)
      ↓
Infrastructure (Serveurs, BD)
```

Principes SOLID

- Single Responsibility Principle: Une classe = une responsabilité
- Open/Closed Principle: Ouvert à l’extension, fermé à la modification
- Liskov Substitution: Les sous-types peuvent remplacer le type parent
- Interface Segregation: Plusieurs interfaces spécifiques > une grosse interface
- Dependency Inversion: Dépendre des abstractions, pas des implémentations

Défis de l’architecture moderne

Performance

- Latence réduite
- Caching efficace
- Scalabilité

Scalabilité

- Horizontal scaling
- Load balancing
- Caching distribué

Sécurité

- OAuth2, JWT
- HTTPS, TLS
- Validation des données

Maintenabilité

- Documentation
- Tests automatisés
- CI/CD pipeline

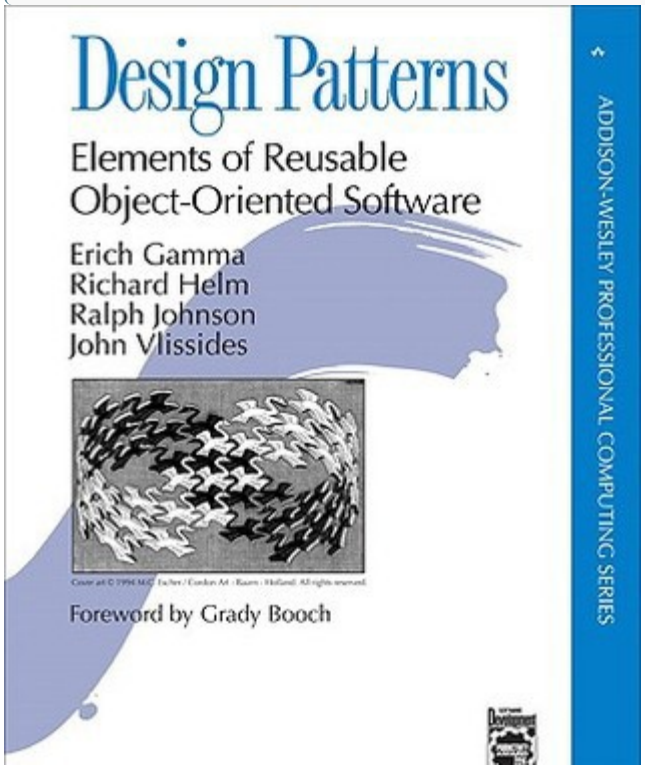
🏗 Patterns d’Architecture

Solutions éprouvées pour structurer vos applications

Pourquoi utiliser des patterns ?

LES PATTERNS RÉSOLVENTS DES PROBLÈMES RÉCURRENTS

> "The purpose of design patterns is to give a name and a context to design problems and their solutions." — **Gang of Four**, Design Patterns



Pattern Dependency Injection (DI)

Injecter les dépendances plutôt que les créer soi-même.

SANS DEPENDENCY INJECTION (COUPLAGE FORT):

```
public class ContractService {
    private DatabaseService db = new DatabaseService(); // Couplage fort

    public void createContract(Contract c) {
        db.save(c);
    }
}
```

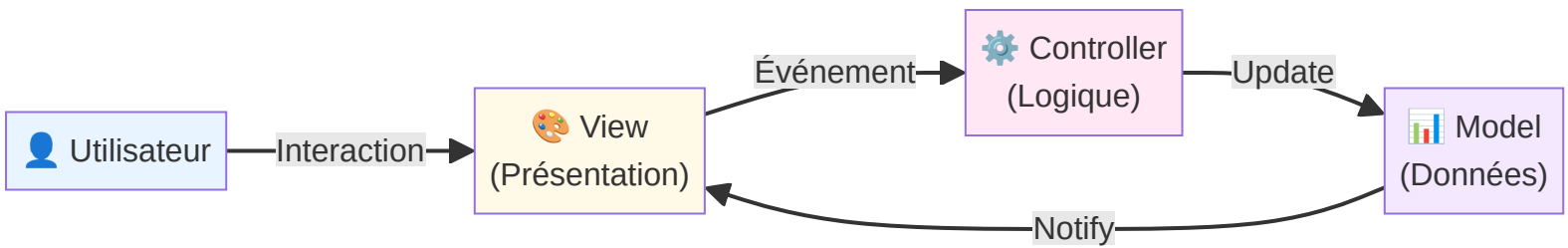
AVEC DEPENDENCY INJECTION (DÉCOUPLAGE):

```
public class ContractService {
    private DatabaseService db; // Interface

    @Inject // Spring
    public ContractService(DatabaseService db) {
        this.db = db;
    }
}
```

Pattern MVC (Model-View-Controller)

SÉPARATION DES RESPONSABILITÉS:

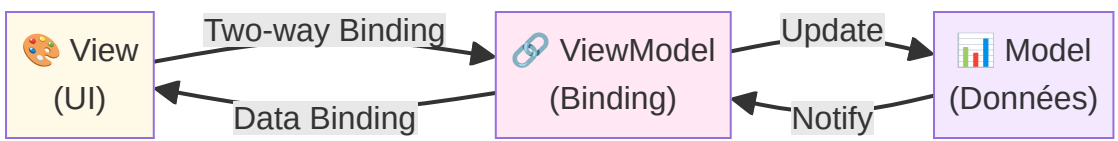
- Model: Données et logique métier
- View: Présentation et interface utilisateur
- Controller: Coordination et gestion des événements



Pattern MVVM (Model-View-ViewModel)

CARACTÉRISTIQUES:

- Binding bidirectionnel: Sync automatique View ↔ ViewModel
- Testabilité: ViewModel indépendant de la Vue
- Réactivité: Mises à jour temps réel



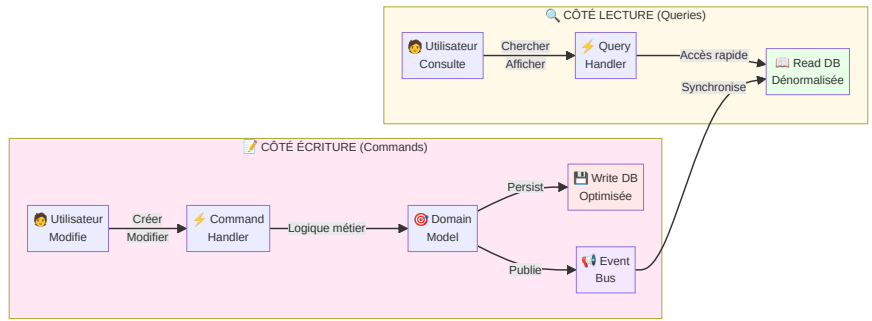
Pattern CQRS (Command Query Responsibility Segregation)

CONCEPT CLÉ

Séparer les modèles de lecture et écriture pour optimiser chacun indépendamment.

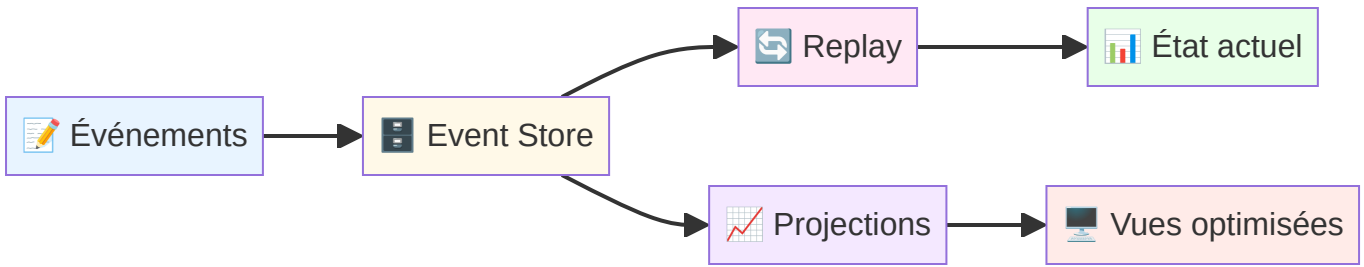
AVANTAGES

- ✅ **Optimisation indépendante**: Chaque modèle optimisé pour son usage
- ✅ **Scalabilité**: Lectures et écritures peuvent être déployées séparément
- ✅ **Performance**: Read DB peut être dénormalisée (cache, index spécifiques)
- ✅ **Clarté**: Séparation claire des responsabilités



Architecture Event-Sourcing

PRINCIPES FONDAMENTAUX



CONCEPTS CLÉS

- **Événements immutables**: Tous les changements sont stockés comme événements
- **Reconstruction d'état**: L'état actuel est reconstruit en replayant les événements
- **Projections**: Vues optimisées pour différents cas d'usage
- **Audit trail**: Historique complet de toutes les modifications

CAS D’USAGE

- **Finance**: Traçabilité complète des transactions
- **Assurance**: Historique des contrats et sinistres
- **Santé**: Dossiers patients avec historique complet

OUTILS POPULAIRES

- **EventStoreDB**: Base de données dédiée
- **Kafka**: Pour le streaming d’événements
- **Axoni**: Plateforme complète

Comparaison Event-Sourcing vs CRUD

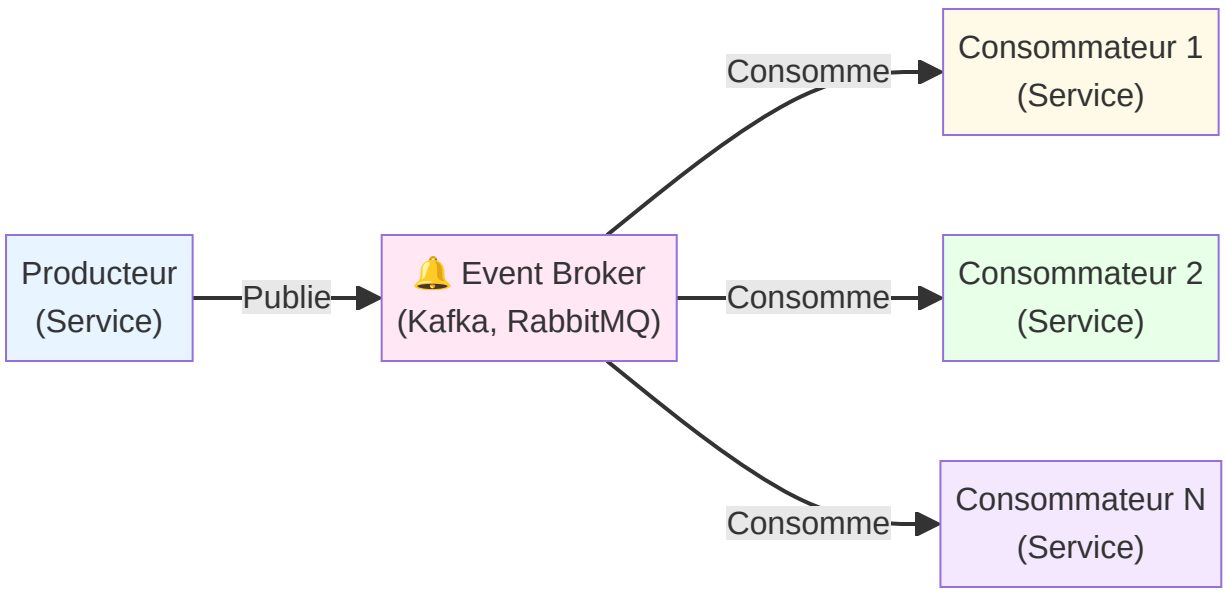
Aspect	Event-Sourcing	CRUD Traditionnel
Historique	✅ Complet	❌ Partiel
Audit	✅ Natif	❌ Requiert logs
Performance lecture	❌ Replay nécessaire	✅ Direct
Complexité	⚠️ Élevée	✅ Simple
Évolutivité	✅ Excellente	⚠️ Limitée

Pattern Event-Driven Architecture

CAS D'USAGE ASSURANCE:

Services réactifs aux événements métiers asynchrones.

- Événement: "ContractCreated" - Un nouveau contrat est créé
- Consommateurs: Service email (notification), Service CRM (update), Service audit (logging)
- Avantage: Découplage complet entre services

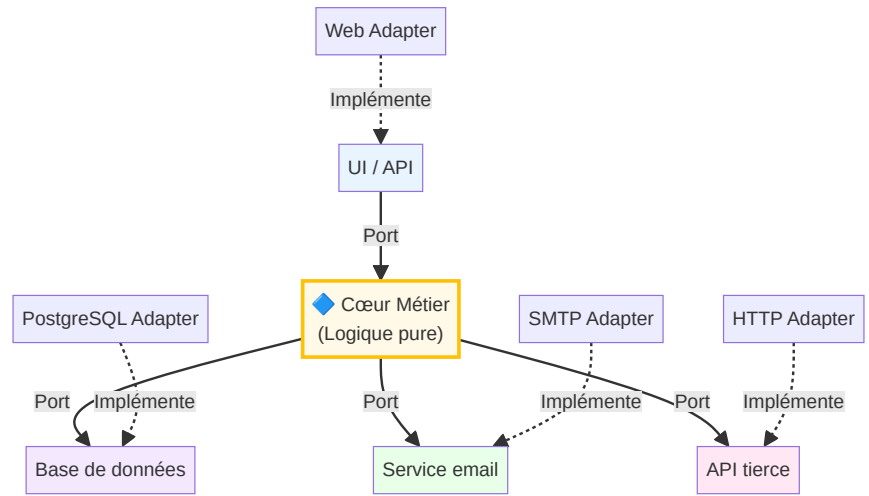


Pattern Hexagonal (Ports & Adapters)

BÉNÉFICES:

Isoler le cœur métier des détails techniques.

- Cœur métier indépendant des frameworks
- Adaptation facile aux changements technologiques
- Tests unitaires sans dépendances externes

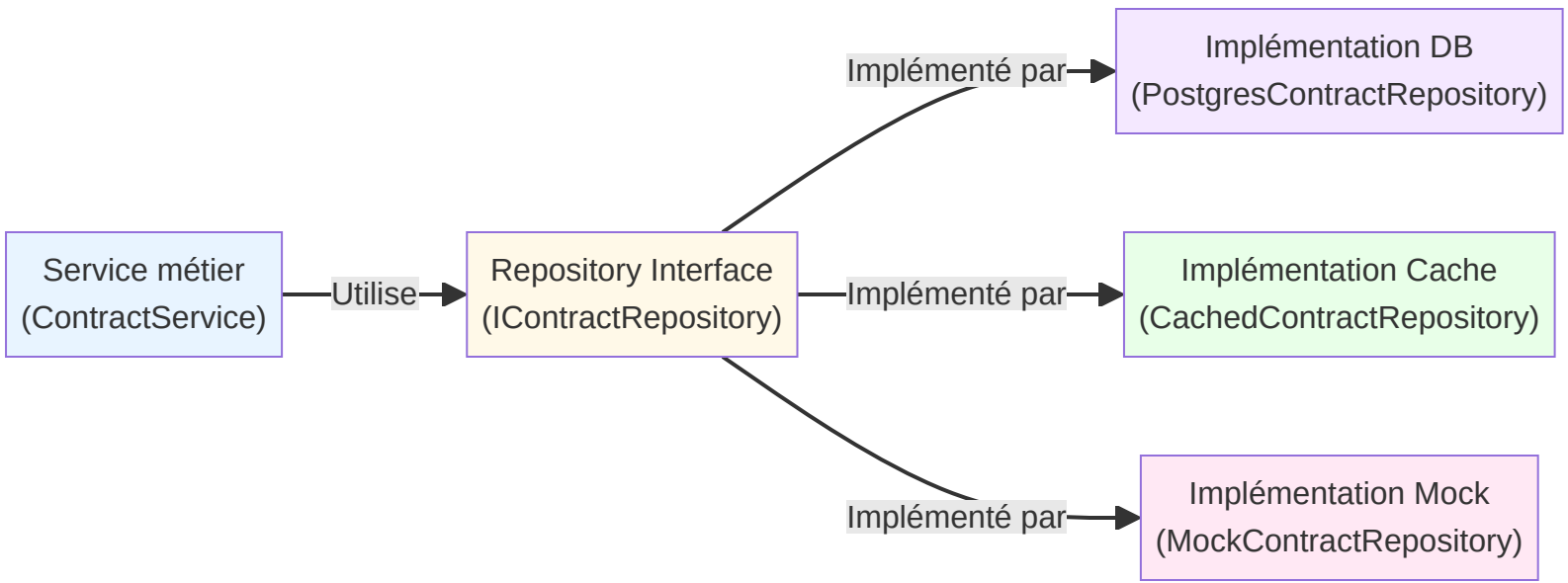


Pattern Repository

AVANTAGES:

Abstraction de la couche d’accès aux données.

- Logique métier indépendante du mécanisme de persistance
- Facile de basculer de PostgreSQL à MongoDB
- Tests unitaires avec implémentation mock



Récapitulatif: Quand utiliser quel pattern ?

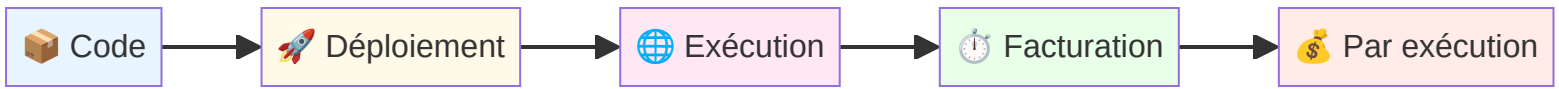
Pattern	Problème	Quand l'utiliser
MVC	Séparation UI/logique	Web traditionnel, applications simples
MVVM	Binding bidirectionnel	Interfaces réactives, desktop/mobile
CQRS	Scalabilité lecture/écriture	Hauts volumes, complex queries
Event-Driven	Découplage asynchrone	Microservices, systèmes réactifs
Hexagonal	Isolation cœur métier	Logique métier complexe, DDD
DI	Gestion dépendances	Tous les projets modernes

Serverless

🏗️ ARCHITECTURE SERVERLESS

Principes du Serverless

CARACTÉRISTIQUES CLÉS



AVANTAGES

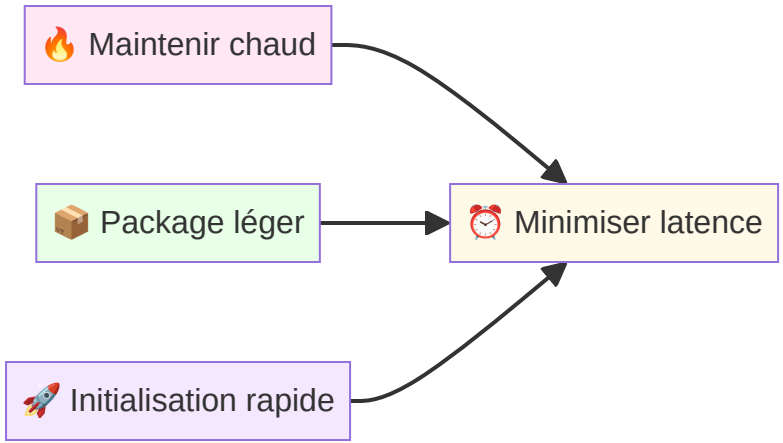
- **Pas de gestion serveur**: Focus sur le code métier
- **Scalabilité automatique**: Gestion transparente de la charge
- **Facturation précise**: Pay-as-you-go
- **Déploiement rapide**: Mise en production instantanée

DÉFIS

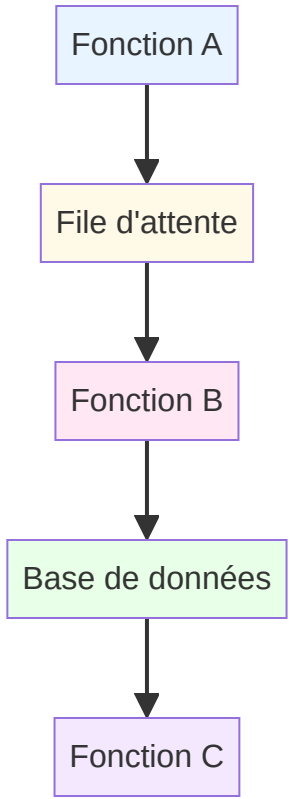
- **Cold starts**: Latence initiale
- **Timeouts**: Limites d'exécution
- **Vendor lock-in**: Dépendance au fournisseur cloud

Patterns Serverless Avancés

1. COLD START OPTIMIZATION



2. COMPOSITION DE FONCTIONS

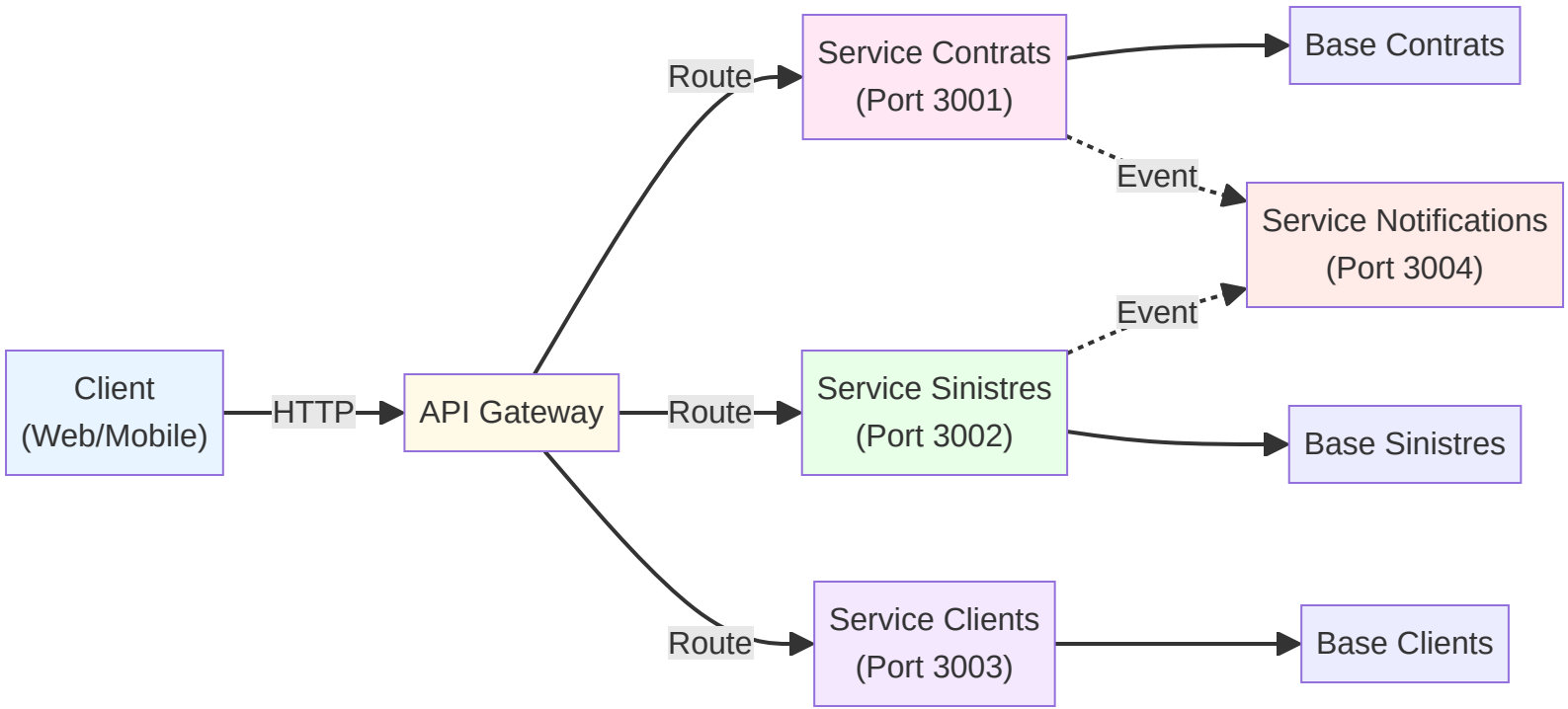


Comparaison des Fournisseurs Cloud

Fournisseur	Service	Langages	Timeout Max	Points forts
AWS	Lambda	Node, Python, Java, Go	15 min	Écosystème complet
Azure	Functions	C#, JavaScript, Python	10 min	Intégration Microsoft
Google	Cloud Functions	Node, Python, Go	9 min	Scalabilité rapide
Cloudflare	Workers	JavaScript	30 sec	Edge computing

Microservices: Introduction

Architectures distribuées basées sur des services indépendants.



Caractéristiques des Microservices

PROPRIÉTÉS CLÉS:

Autonomie

- Services indépendants
- Déploiement indépendant
- BD dédiée
- Équipes autonomes

Communication

- API REST / gRPC
- Message brokers (Kafka)
- Events asynchrones
- Découverte de services

Résilience

- Circuit breaker
- Timeout
- Retry policy
- Health checks

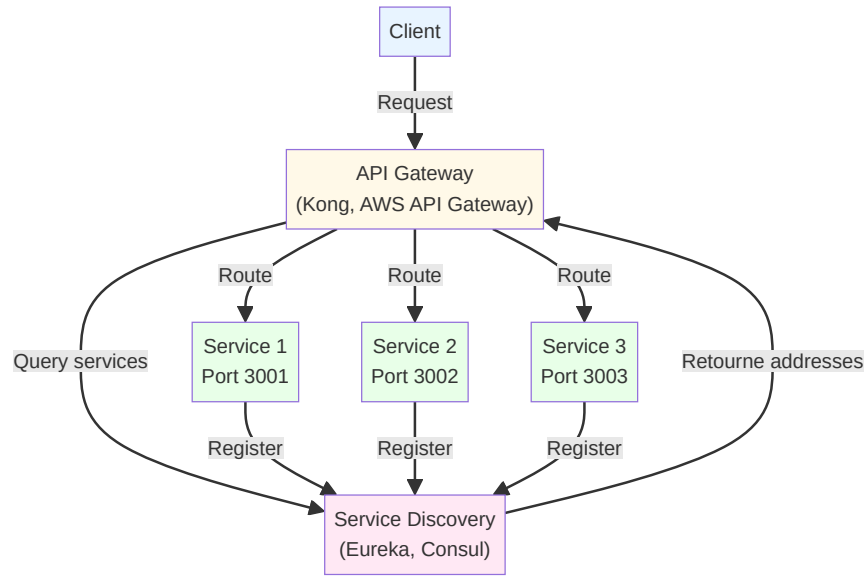
Observabilité

- Logging distribué
- Tracing
- Monitoring
- Alerting

API Gateway et Service Discovery

API GATEWAY (POINT D'ENTRÉE UNIQUE):

- Routage: Diriger requêtes aux services corrects
- Authentification: JWT validation
- Rate limiting: Protection DOS
- Caching: Réduire latence
- Load balancing: Distribuer charge



Communication inter-services

APPROCHES DE COMMUNICATION:

⬤ Synchrone (REST/gRPC)

```
Service A
   ↓ (HTTP/gRPC)
Service B
   ↓ (attend réponse)
Service C
   ↓
Réponse retourne

Avantages:
✅ Cohérence immédiate
✅ Facile à déboguer

Inconvénients:
❌ Couplage fort
❌ Service lent = tout lent
```

⬤ Asynchrone (Events)

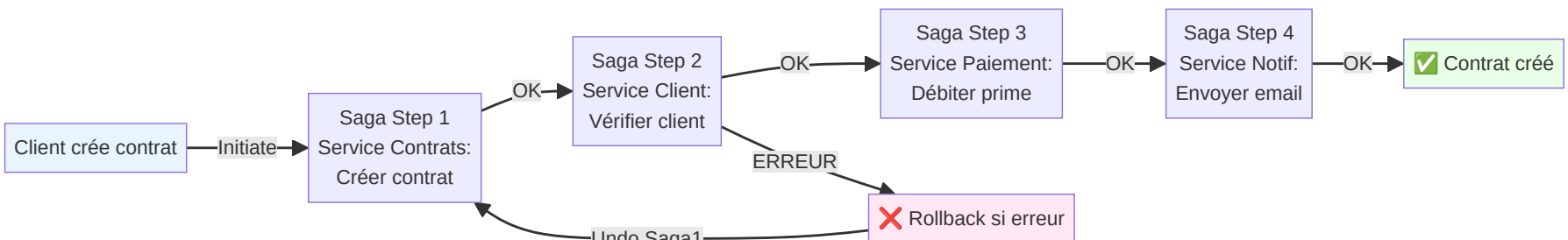
```
Service A
   ↓ (Publie event)
Kafka/RabbitMQ
   ↓ (Message broker)
Service B (reçoit)
Service C (reçoit)

Avantages:
✅ Découplage complet
✅ Haute disponibilité
✅ Scalabilité

Inconvénients:
❌ Eventual consistency
❌ Plus complexe
```

Saga Pattern: Transactions distribuées

Deux approches:

Maintenir la cohérence des données sur plusieurs services

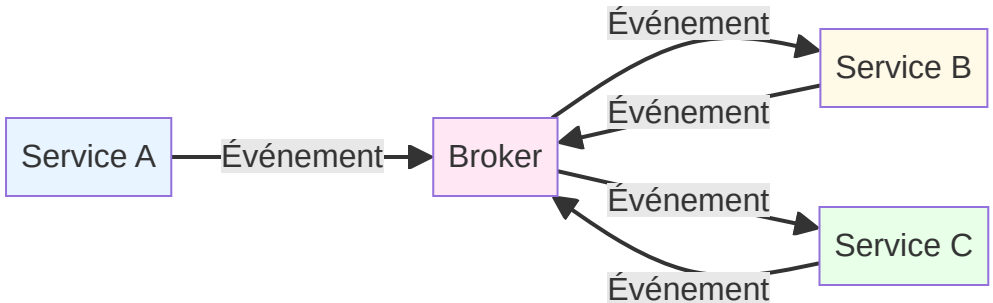
- Choreography: Services écoutent les events et réagissent (loose coupling)
- Orchestration: Service central coordonne les étapes (plus simple mais couplage)



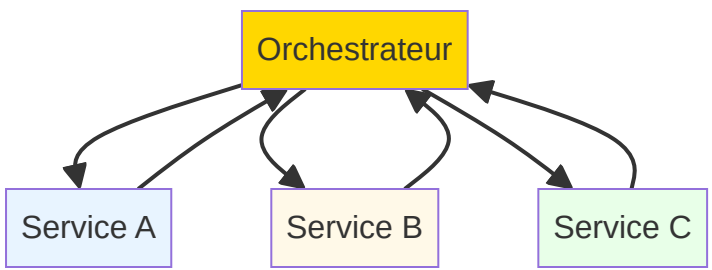
🏗 Microservices: Choreography vs Orchestration

Définitions et Comparaison

CHOREOGRAPHY



ORCHESTRATION



Critères de Choix

Critère	Choreography	Orchestration
Couplage	✅ Faible	❌ Fort
Complexité	⚠️ Élevée	✅ Modérée
Flexibilité	✅ Élevée	⚠️ Limitée
Visibilité	❌ Difficile	✅ Claire
Maintenance	❌ Complexe	✅ Simple

OUTILS POPULAIRES

- **Choreography**: Kafka, RabbitMQ, AWS EventBridge
- **Orchestration**: Zeebe, Cadence, AWS Step Functions

Implémentation Pratique

CHOREOGRAPHY AVEC
KAFKA

ORCHESTRATION AVEC ZEEBE

Transactions en Backend

Introduction aux Transactions

QU'EST-CE QU'UNE TRANSACTION?

Une transaction est une **séquence d'opérations** qui doit s'exécuter en totalité ou pas du tout.

> "Un paiement est soit accepté complètement, soit rejeté en totalité - jamais partiellement."

PROPRIÉTÉS ACID (FONDAMENTALES)

Propriété	Signification	Assurance
Atomicité	Tout ou rien	Pas de paiement partiel
Cohérence	État valide avant/après	Soldes corrects toujours
Isolation	Transactions indépendantes	Pas de lecture sale
Durabilité	Persistance garantie	Pas de perte de données

CAS D'USAGE ASSURANCE

- ✅ Création de contrat + enregistrement prime
- ✅ Sinistre + déblocage indemnisation
- ✅ Transfert de fonds entre comptes
- ✅ Mise à jour risque + calcul cotisation

Problèmes sans Transactions

SCÉNARIOS CATASTROPHIQUES

```
Scénario: Achat d'assurance avec paiement

1. ✅ Prime débitée du compte client (-500€)
2. ❌ ERREUR BASE DE DONNÉES
3. ❌ Contrat NON créé
4. ❌ Prime perdue (ou non enregistrée)

→ Client a payé mais pas de contrat!
→ Risque juridique et financier énorme
```

SANS ACID (BASE DE DONNÉES SIMPLE)

- Lecture sale: Lire une donnée non validée
- Modification perdue: Deux écritures simultanées
- Violation de contrainte: Somme = 0, mais montants = -50 et 100
- Crash pendant mise à jour: État inconsistant

2-Phase Commit (2PC)

FONCTIONNEMENT SCHÉMATIQUE :

PHASES DÉTAILLÉES

Phase 1: Prepare

- Chaque ressource (BD) vérifie si elle PEUT valider
- Acquiert les locks nécessaires
- Réserve les ressources
- **Pas de commit encore**

Phase 2: Commit

- Coordinateur dit "commit" si tout est prêt
- Sinon "rollback"
- Les ressources appliquent définitivement

Niveaux d'Isolation

LECTURE AVEC PROBLÈMES POTENTIELS

Niveau	Lecture Dirty	Non-Répétable	Fantôme
READ UNCOMMITTED	❌ Oui	❌ Oui	❌ Oui
READ COMMITTED	✅ Non	❌ Oui	❌ Oui
REPEATABLE READ	✅ Non	✅ Non	❌ Oui
SERIALIZABLE	✅ Non	✅ Non	✅ Non

DÉFINITIONS

- **Lecture Dirty**: Lire une donnée non commitée (peut être annulée)
- **Non-Répétable**: Deux lectures différentes de la même donnée
- **Fantôme**: Lignes qui apparaissent/disparaissent entre lectures

Implémentation dans les frameworks

SPRING BOOT (JAVA)

```java
@Service
@Transactional  // ← Gère les transactions automatiquement
public class ContractService {
    @Transactional(propagation = Propagation.REQUIRED,
                   isolation = Isolation.REPEATABLE_READ)
    public void createContractWithPayment(Contract c, Payment p) {
        contractRepository.save(c);        // Insert contrat
        paymentRepository.save(p);         // Débiter paiement
        // ✅ COMMIT automatique si pas d'exception
        // ❌ ROLLBACK automatique si exception
    }
}

@Transactional  // Gestion d'erreur
public void transfer(Account from, Account to, double amount) {
    try {
        from.withdraw(amount);   // -500
        to.deposit(amount);      // +500
        accountRepo.save(from);
        accountRepo.save(to);
    } catch (Exception e) {
        // Rollback automatique, soldes intacts
        throw new TransactionException("Transfert échoué");
    }
}
```

NESTJS (NODE.JS/TYPESCRIPT)

```
// Avec TypeORM
@Injectable()
export class ContractService {
  constructor(
    private dataSource: DataSource,
    private contractRepo: Repository<Contract>
  ) {}

  async createContractWithPayment(
    contract: Contract,
    payment: Payment
  ) {
    const queryRunner = this.dataSource.createQueryRunner();
    await queryRunner.connect();
    await queryRunner.startTransaction();

    try {
      await queryRunner.manager.save(contract);
      await queryRunner.manager.save(payment);
      await queryRunner.commitTransaction();
    } catch (err) {
      await queryRunner.rollbackTransaction();
      throw new Error('Transaction failed');
    } finally {
      await queryRunner.release();
    }
```

Caching Avancé

Patterns de Cache

CACHE-ASIDE (LAZY LOADING)

WRITE-THROUGH

Stratégies d’Invalidation

1. TIME-BASED (TTL)
2. EVENT-BASED

Comparaison Redis vs Memcached

Critère	Redis	Memcached
Persistance	✅ Oui	❌ Non
Structures	✅ Riches	❌ Clé-valeur
Réplication	✅ Master-Slave	❌ Basique
Performance	⚠️ Très élevée	✅ Extrême
Utilisation	Cache + BD	Cache pur

CAS D'USAGE

- **Redis**: Sessions, leaderboards, pub/sub
- **Memcached**: Cache simple, performances pures

Database Sharding et Partitioning

Définitions

SHARDING HORIZONTAL

PARTITIONING VERTICAL

Stratégies de Sharding

1. KEY-BASED SHARDING
2. RANGE-BASED SHARDING

Implémentation Pratique

POSTGRESQL AVEC CITUS

MONGODB SHARDING

Domain-Driven Design

Strategic vs Tactical DDD

NIVEAUX DE DDD

STRATEGIC DDD

- **Bounded Contexts**: Frontières claires
- **Context Mapping**: Relations entre contextes
- **Ubiquitous Language**: Langage commun

TACTICAL DDD

- **Aggregates**: Cohérence transactionnelle
- **Domain Events**: Communication asynchrone
- **Entities vs Value Objects**: Modélisation fine

Bounded Contexts et Context Mapping

EXEMPLE D'ARCHITECTURE

TYPES DE RELATIONS

Relation	Description	Exemple
Partnership	Collaboration étroite	Commandes ↔ Livraisons
Customer-Supplier	Client-fournisseur	Commandes → Paiements
Conformist	Adaptation	Livraisons → Logistique
Anti-Corruption Layer	Isolation	Legacy → Nouveau

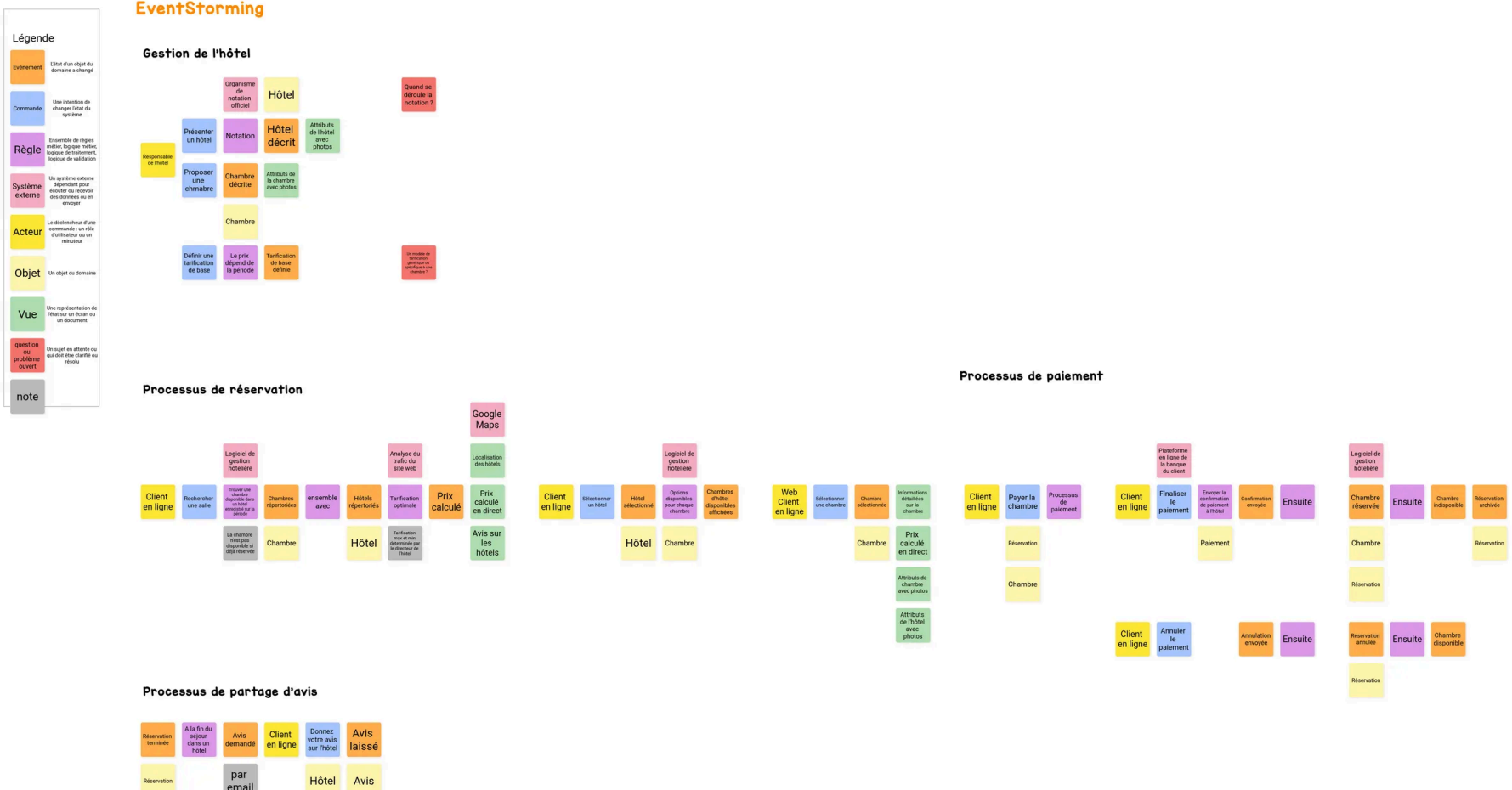
Event Storming

PROCESSUS COLLABORATIF

ÉTAPES CLÉS

1. **Événements métiers**: "CommandePayée", "LivraisonPlanifiée"
2. **Commandes**: Actions déclenchantes
3. **Aggregates**: Groupes cohérents
4. **Bounded Contexts**: Frontières logiques

Exemple (source : https://draft.io/fr/example/eventstorming)



Récapitulatif DDD

AVANTAGES

- **Alignement métier**: Langage commun
- **Modularité**: Contextes indépendants
- **Maintenabilité**: Modèle clair
- **Évolutivité**: Adaptation facile

ANTI-PATTERNS À ÉVITER

- **Big Ball of Mud**: Tout dans un contexte
- **Anemic Domain Model**: Logique dans les services
- **Over-Engineering**: Complexité inutile

🔧 Écosystèmes Backend

Découvrez les principaux frameworks et technologies

Vue d’ensemble

Les principaux écosystèmes pour développer des applications backend robustes et scalables.

Spring Boot (Java)

CARACTÉRISTIQUES

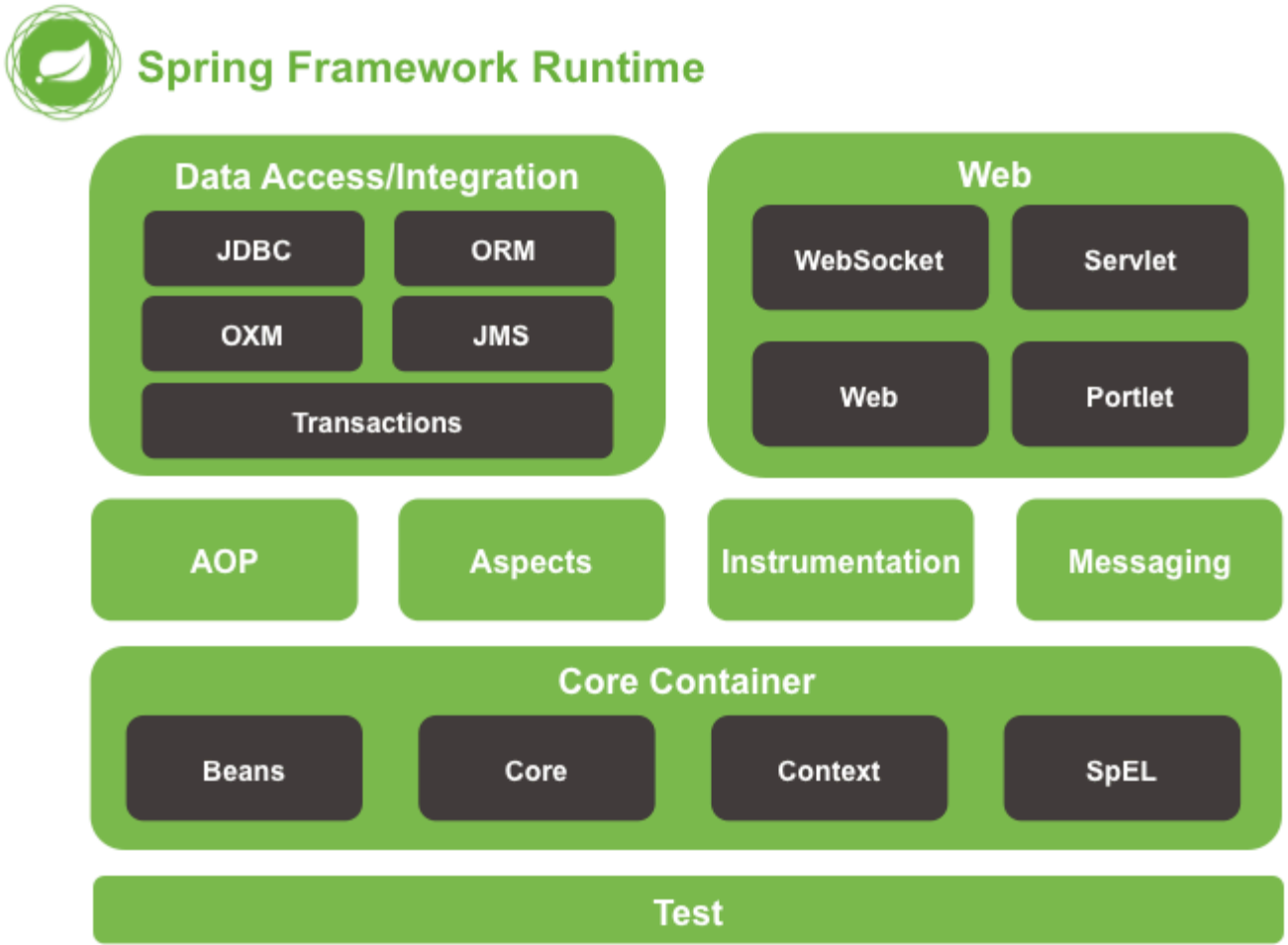
- **Framework**: Spring Framework avec Spring Boot pour démarrage rapide
- **TypeScript/Langages**: Java (JVM ecosystem)
- **Popularité**: ⭐⭐⭐⭐⭐ Très populaire en entreprise
- **Apprentissage**: Moyen - courbe importante

POINTS FORTS

- Écosystème très riche et mature
- Excellente scalabilité
- Performance élevée
- Nombreuses intégrations
- Transactions ACID robustes

USE CASES

- Systèmes d’entreprise complexes
- Applications haute disponibilité
- Microservices à grande échelle
- Systèmes financiers


Spring Framework Runtime
Data Access/Integration
JDBC
ORM
OXM
JMS
Transactions
Web
WebSocket
Servlet
Web
Portlet
AOP
Aspects
Instrumentation
Messaging
Core Container
Beans
Core
Context
SpEL
Test

NestJS (Node.js/TypeScript)

CARACTÉRISTIQUES

- **Framework**: Node.js moderne avec TypeScript par défaut
- **Langages**: TypeScript/JavaScript
- **Popularité**: ⭐⭐⭐⭐ En croissance rapide
- **Apprentissage**: Facile - syntaxe proche de Angular

POINTS FORTS

- Très rapide à développer
- Partage du code Frontend/Backend (JavaScript/TS)
- Développement agile
- Excellent pour API REST et GraphQL
- Écosystème npm très riche

USE CASES

- APIs modernes et scalables
- Applications temps réel (WebSocket)
- Microservices légers
- Projets startup et agiles

Python (FastAPI & Django)

FASTAPI

- **Caractéristiques**: Framework ultra-moderne et performant
- **Avantages**: Très rapide à développer, auto-documentation API
- **Use cases**: APIs légères, Machine Learning, Data Science

DJANGO

- **Caractéristiques**: Framework complet "batteries included"
- **Avantages**: ORM puissant, admin panel généré, sécurité native
- **Use cases**: Applications web complètes, startups, prototypage rapide

POINTS COMMUNS

- Popularité: ⭐⭐⭐⭐ Excellente pour l'IA/ML
- Apprentissage: Facile - syntaxe simple et claire
- Productivité: Très haute

.NET / ASP.NET Core (C#)

CARACTÉRISTIQUES

- **Framework**: ASP.NET Core (cross-platform)
- **Langages**: C# (langage moderne et puissant)
- **Popularité**: ⭐⭐⭐⭐ Très utilisé en entreprise
- **Apprentissage**: Moyen - C# plus complexe que Python

POINTS FORTS

- Performance exceptionnelle
- Typage fort et sécurité
- Excellent écosystème Microsoft
- Cross-platform (Windows, Linux, Mac)
- Intégration Azure native

USE CASES

- Applications d’entreprise Windows
- Systèmes critiques
- Solutions sur Azure
- Applications Windows Desktop + Backend

Comparaison Synthétique

Critère	Spring Boot	NestJS	Python	.NET
Vitesse dev	Moyen	Rapide	Très rapide	Moyen
Performance	⭐⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐⭐
Scalabilité	⭐⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐⭐
Courbe apprentissage	Moyenne	Facile	Facile	Moyenne
Écosystème	⭐⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐⭐
Entreprise	⭐⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐⭐
Startup/Agile	⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐⭐	⭐⭐⭐⭐⭐	⭐⭐

Quelle pile choisir?

SPRING BOOT 👉

- Vous avez une équipe Java expérimentée
- Vous développez un système critique d'entreprise
- Vous avez besoin d'une scalabilité extrême

NESTJS 👉

- Vous voulez une pile moderne et unifiée (Front/Back en TypeScript)
- Vous développez des microservices
- Vous cherchez un bon équilibre productivité/performance

PYTHON 👉

- Vous découvrez la programmation backend
- Vous travaillez avec l'IA/ML
- Vous voulez développer très rapidement

.NET 👉

- Vous êtes dans un environnement Microsoft/Azure
- Vous avez besoin de performance extrême
- Vous développez pour Windows et le web

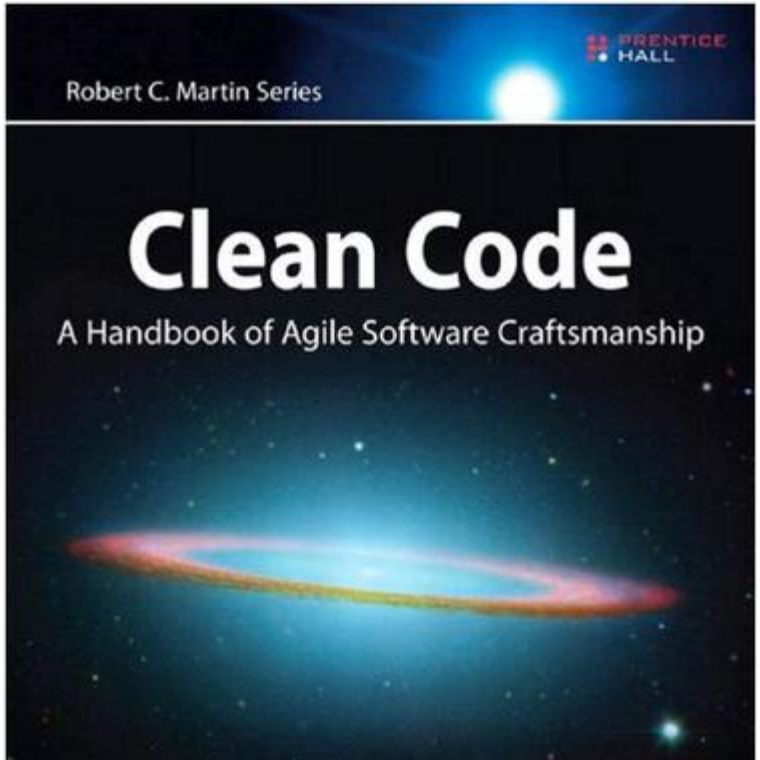
✨ Clean Code & Architecture

Écrire du code maintenable et évolutif

Clean Code: Introduction

POURQUOI LE CLEAN CODE ?

> "Any fool can write code that a computer can understand. Good programmers write code that humans can understand." — **Robert C. Martin**, Clean Code



Code sale vs Code propre

❌ Code sale (mauvais)

```
function calc(c) {
    let p = 0;
    if (c.age < 25)
        p = c.sal * 0.15;
    else if (c.age < 65)
        p = c.sal * 0.1;
    else
        p = c.sal * 0.2;

    // TODO: ajouter taxes
    // FIXME: bug ici
    return p;
}
```

✅ Code propre (bon)

```
double calculateInsurancePremium(
    Customer customer) {
    int age = customer.getAge();
    double salary = customer.getSalary();

    PremiumRate rate =
        determinePremiumRate(age);

    return salary * rate.getPercentage();
```

Règle 1: Nommage clair

NOMS RÉVÉLATEURS D'INTENTION

❌ Mauvais	✅ Bon	Raison
d	elapsedTimeInDays	Spécifique et clair
calcP()	calculatePremium()	Verbe + nom explicite
list1, list2	activeContracts, expiredContracts	Contexte et utilité clairs
Manager	ContractManager	Plus précis et domaine-spécifique

Règle 2: Fonctions courtes (SRP)

Single Responsibility Principle: Une fonction = une seule raison de changer

FONCTION TROP GROSSE (MAUVAIS):

```
public void processContract(Contract c) {
    // Validation
    if (c.getSalary() < 0) throw new Exception(...);

    // Calcul de prime
    double premium = c.getSalary() * 0.1;

    // Enregistrement
    database.save(c);

    // Envoi email
    emailService.send(c.getEmail(), premium);

    // Logging
    logger.info("Contrat traité: " + c.getId());
}
```

Fonctions courtes et focalisées (bon):

```
public void processContract(Contract c) {
    validateContract(c);
    double premium = calculatePremium(c);
    saveContract(c);
```

Règle 3: Gestion des erreurs

PRÉFÉRER LES EXCEPTIONS AUX CODES DE RETOUR:

❌ Code de retour

```
int status =
    contractService.save(c);

if (status == 0) {
    System.err.println("Erreur!");
} else if (status == 1) {
    System.out.println("Saved");
}
```

✅ Exception

```
try {
    contractService.save(c);
    logger.info("Contrat sauvé");
} catch (
    InvalidContractException e) {
    logger.error(
        "Contrat invalide: "
        + e.getMessage()
    );
}
```

Règle 4: DRY (Don’t Repeat Yourself)

Éliminer les répétitions de code.

❌ Code répété

```
// ContractService
double premium = salary * 0.1;
if (premium < 100) premium = 100;
return premium;

// CustomerService
double amount = salary * 0.1;
if (amount < 100) amount = 100;
return amount;

// BenefitService
double benefit = salary * 0.1;
if (benefit < 100) benefit = 100;
return benefit;
```

✅ Extraction en méthode

```
// PricingCalculator
private double calculateAmount(
    double salary) {
    double amount = salary * 0.1;
    return Math.max(amount, 100);
}
```

Règle 5: Commentaires

Le code doit se commenter lui-même. Les commentaires ne doivent expliquer que le POURQUOI, pas le QUOI.

❌ Commentaires inutiles

```
// Incrémenter i
i++;

// Vérifier si la liste
// n'est pas vide
if (list.size() > 0) {
    // Boucler sur les éléments
    for (Item item : list) {
        // Ajouter à total
        total += item.getValue();
    }
}
```

✅ Commentaires utiles

```
// Limite minimale définie par
// la régulation assurance (2024)
final double MINIMUM_PREMIUM = 100;

// Algorithme de pricing Bayésien
// basé sur historique client
// Source: ACME-2023 Paper
private double
    calculateAdaptivePremium(
        Customer c) {
    ...
}
```

Règle 6: Formatage et style

LA COHÉRENCE EST CLÉ

- Indentation: 2 ou 4 espaces (pas de tabs)
- Longueur de ligne: Max 100-120 caractères
- Noms de classes: PascalCase (ContractService)
- Noms de variables: camelCase (myVariable)
- Noms de constantes: UPPER_SNAKE_CASE (MAX_SIZE)
- Espaces: Autour des opérateurs (x = y + z)

Règle 7: Testabilité

PROPRIÉTÉS D'UN CODE TESTABLE:

Exemple: Test unitaire simple

Code testable = code découplé

- ✅ Dépendances injectées (pas "new Database()")
- ✅ Logique métier indépendante du framework
- ✅ Pas de singletons globaux
- ✅ Pas d'appels à des APIs externes en dur
- ✅ Méthodes courtes et déterministes

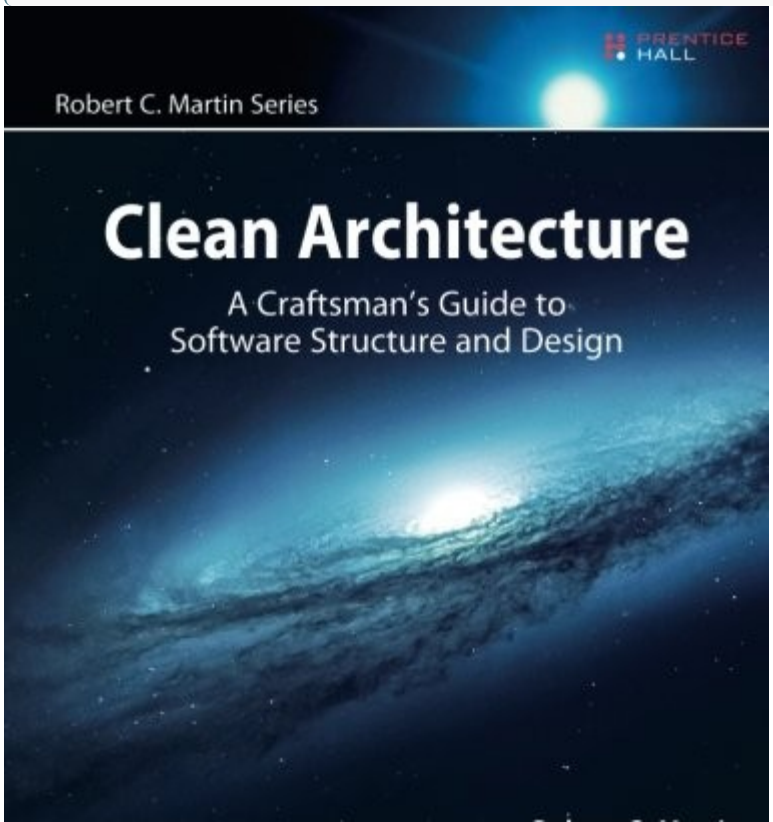
```
@Test
public void testCalculatePremiumForYoungDriver() {
    Customer young = new Customer(20, 30000);
    double premium = service.calculatePremium(young);
    assertEquals(4500, premium, 0.01);
}
```

Récapitulatif: Les 7 règles du Clean Code

#	Règle	Bénéfice
1	Nommage clair	Comprendre rapidement l'intention
2	Fonctions courtes (SRP)	Facile à tester et maintenir
3	Gestion des erreurs	Code plus lisible et robuste
4	DRY (pas de répétition)	Modifications en un seul endroit
5	Commentaires utiles	Comprendre le POURQUOI
6	Formatage cohérent	Équipe sur la même longueur d'onde
7	Testabilité	Confiance dans le code

Clean Architecture: Introduction

> "A software architect is a programmer who has stopped programming and has started thinking about programs." — **Robert C. Martin**, Clean Architecture



Les 4 couches de Clean Architecture 1/2

■ Entities (Cœur métier)

Objets métiers purs, pas de frameworks

```
public class Contract {
    private String id;
    private Customer customer;
    private double premium;
    public boolean isValid() {
        return premium > 0
            && customer != null;
    }
}
```

■ Use Cases (Logique applicative)

Règles métier spécifiques à l'app

public class CreateContractUseCase { private ContractRepository repo; public void execute(CreateContractRequest req) { Contract c = new Contract(...); validateContract©; repo.save©; } }

Les 4 couches de Clean Architecture 2/2

Interface Adapters

Controllers, Gateways, Presenters

```
@RestController
public class ContractController {
    @PostMapping("/contracts")
    public void create(
        @RequestBody Request req) {
        useCase.execute(req);
    }
}
```

Frameworks & Drivers

Spring, Hibernate, PostgreSQL, etc.

Détails techniques, facilement remplaçables


```
@RestController
public class ContractController {
    @PostMapping("/contracts")
    public void create(
        @RequestBody Request req) {
        useCase.execute(req);
    }
```

Direction des dépendances

Règle d’or: Les dépendances pointent toujours vers l’intérieur

Structure de projet Clean Architecture

```
src/
├── main/java/com/myapp/
│   │
│   ├── domain/              # 🟢 Entities
│   │   ├── Contract.java
│   │   ├── Customer.java
│   │   └── ContractRepository.java (interface)
│   │
│   ├── application/         # 🟡 Use Cases
│   │   ├── CreateContractUseCase.java
│   │   ├── UpdateContractUseCase.java
│   │   └── dto/
│   │       └── CreateContractRequest.java
│   │
│   ├── infrastructure/      # 🟠 Adapters & Drivers
│   │   ├── controller/
│   │   │   └── ContractController.java
│   │   ├── persistence/
│   │   │   ├── PostgresContractRepository.java
│   │   │   └── ContractEntity.java (JPA)
│   │   └── external/
│   │       └── EmailServiceAdapter.java
│   │
│   └── config/
│       └── DependencyInjectionConfig.java
│
└── test/
    └── java/com/myapp/
        ├── domain/
        ├── application/
        └── infrastructure/
```

Cas d’usage: CreateContractUseCase

ÉTAPES DU PROCESSUS:

Code complet:

```
@Service
public class CreateContractUseCase {
    private final ContractRepository repo;
    private final EmailService emailService;
    private final PremiumCalculator calculator;

    @Inject // Dependency Injection
    public CreateContractUseCase(
        ContractRepository repo,
        EmailService emailService,
        PremiumCalculator calculator) {
        this.repo = repo;
        this.emailService = emailService;
        this.calculator = calculator;
    }
```

```
    public ContractResponse execute(
        CreateContractRequest request) {
        // 1. Validation
        validateRequest(request);

        // 2. Création entité
        Contract contract = new Contract(
            request.getCustomerId(),
            request.getType()
        );

        // 3. Calcul de prime
        double premium = calculator
            .calculate(contract);
        contract.setPremium(premium);

        // 4. Persistance
        Contract saved = repo.save(contract);

        // 5. Notification
        emailService.sendConfirmation(
            saved.getCustomer().getEmail(),
            saved
```

Tests unitaires faciles

Test du CreateContractUseCase

Un avantage clé de Clean Architecture: testabilité.

```
public class CreateContractUseCaseTest {
    private CreateContractUseCase useCase;
    private ContractRepository mockRepo;
    private EmailService mockEmail;
    private PremiumCalculator mockCalc;

    @Before
    public void setup() {
        // Créer des mocks (faux objets)
        mockRepo = mock(ContractRepository.class);
        mockEmail = mock(EmailService.class);
        mockCalc = mock(PremiumCalculator.class);

        // Injector les dépendances
        useCase = new CreateContractUseCase(
            mockRepo, mockEmail, mockCalc
        );
    }
```

```
    @Test
    public void shouldCreateContractWithValidData() {
        // Given
        CreateContractRequest req =
            new CreateContractRequest("cust-1", "AUTO");
        when(mockCalc.calculate(any()))
            .thenReturn(1200.0);
        when(mockRepo.save(any()))
            .thenReturn(new Contract(...));

        // When
        ContractResponse response = useCase.execute(req);

        // Then
        assertNotNull(response);
        verify(mockEmail).sendConfirmation(...);
        verify(mockRepo).save(...);
    }
}
```

Avantages de Clean Architecture

Pour le développement

- Logique métier isolée
- Tests unitaires simples
- Code découplé
- Facile à naviguer

Pour la maintenance

- Changements localisés
- Moins de bugs
- Évolution facilitée
- Refactoring sûr

Pour le business

- Réduction des coûts
- Time-to-market amélioré
- Moins de bugs en prod
- Équipes plus productives

Pour l’architecture

- Framework agnostique
- Technologie replaceable
- Scalabilité intégrée
- Future-proof

Pièges à éviter

❌ Over-engineering

- Trop de couches
- Abstractions inutiles
- Code complexe pour du simple

Conseil: Adapter la complexité aux besoins

❌ Entities contaminées

- Annotations JPA/Spring
- Logique métier dispersée
- Dépendances externes

Conseil: Entities = POJO purs

❌ DTOs oubliés

- Entities retournées au client
- Leaks d'implémentation
- Couplage fort

Conseil: Toujours utiliser des DTOs

❌ Tests négligés

- Tests intégration lents
- Pas de tests unitaires
- Coverage faible

Conseil: 70%+ du code couvert

Comparaison: Approches d’architecture

Aspect	Architecture simple	Clean Architecture
Testabilité	Difficile (couplage fort)	Facile (découplage)
Complexité initiale	Faible	Modérée à élevée
Maintenance long terme	Difficile (dette tech)	Facile (structure claire)
Scalabilité	Limitée	Excellente
Changement technologie	Coûteux (réécriture)	Simple (adaptateurs)
Productivité équipe	Diminue avec la taille	Stable et prévisible
Idéal pour	Prototypes, POC	Projets long terme

REST vs GraphQL

COMPARAISON DES APPROCHES

Aspect	REST	GraphQL
Requête	Fixed endpoints (/users/1)	Flexible query (demander exactement ce qu’on veut)
Over-fetching	Oui (données superflues)	Non (données exactes)
Under-fetching	Oui (appels multiples)	Non (1 requête)
Caching	Facile (HTTP standard)	Plus difficile
Versioning	Nécessaire (/v1/, /v2/)	Pas nécessaire
Courbe d’apprentissage	Facile	Modérée

REST: Principes fondamentaux

PRINCIPES CLÉS:

REST: Representational State Transfer

- Client-Server: Séparation des préoccupations
- Stateless: Chaque requête contient toutes les infos
- Cacheable: Réponses peuvent être mises en cache
- Uniform Interface: Ressources identifiables par URI
- Méthodes HTTP standards: GET, POST, PUT, DELETE, PATCH

Exemple d'endpoints REST:

```
GET    /api/v1/contracts              # Récupérer tous les contrats
POST   /api/v1/contracts              # Créer un nouveau contrat
GET    /api/v1/contracts/123          # Récupérer un contrat spécifique
PUT    /api/v1/contracts/123          # Mettre à jour complètement
PATCH  /api/v1/contracts/123          # Mise à jour partielle
DELETE /api/v1/contracts/123          # Supprimer

GET    /api/v1/contracts/123/claims   # Sous-ressources
```

REST: Bonnes pratiques

BEST PRACTICES POUR UNE API REST ROBUSTE:

Sécurité

- OAuth2: Authentification
- JWT: Token sans état
- HTTPS: Chiffrement
- Rate limiting: Protection DOS
- CORS: Contrôle d'accès

Versioning

- URL versioning: /v1/, /v2/
- Header versioning: X-API-Version
- Semantic versioning: 1.2.3
- Backward compatibility
- Deprecation warning

Documentation

- Swagger/OpenAPI
- Postman
- Réducers

Codes HTTP et gestion d’erreurs

Réponse d’erreur standardisée:

```
{
  "error": {
    "code": "INVALID_CONTRACT",
    "message": "Le contrat ne peut pas être créé",
    "details": {
      "field": "customer_id",
      "reason": "Customer not found"
    },
    "timestamp": "2026-01-17T10:30:00Z",
    "requestId": "req-12345"
  }
}
```

Code	Signification	Exemple
200	OK - Succès	Requête GET réussie
201	Created - Ressource créée	POST réussi
400	Bad Request - Erreur client	JSON invalide

GraphQL: Introduction

CONCEPT CLÉ: DEMANDER EXACTEMENT CE QU'ON VEUT

❌ REST (over-fetching)

```
GET /api/v1/contracts/123

{
  "id": "123",
  "customer": { ... },
  "premium": 1200,
  "type": "AUTO",
  "status": "ACTIVE",
  "createdAt": "...",
  "updatedAt": "...",
  // Plein de données non nécessaires
}

Données non utilisées =
bande passante gaspillée
```

✅ GraphQL (seulement ce qu'il faut)

GraphQL: Query language pour APIs

```
query {
  contract(id: "123") {
    id
    premium
```

Schéma GraphQL

Exemple de schéma pour assurance:

Structure typée des données et opérations disponibles

```
type Contract {
  id: ID!                    # ! = obligatoire
  customer: Customer!
  premium: Float!
  type: ContractType!
  status: Status!
  claims: [Claim!]!          # Liste obligatoire
  createdAt: DateTime!
}

type Customer {
  id: ID!
  name: String!
  email: String!
  age: Int!
  contracts: [Contract!]!
}

enum ContractType {
  AUTO
  HOME
  HEALTH
}
```

GraphQL Queries (Lecture)

QUERY SIMPLE:

```
query GetContract {
  contract(id: "123") {
    id
    premium
    type
    customer {
      name
      email
    }
  }
}
```

QUERY AVEC FILTRAGE ET PAGINATION:

```
query GetContracts {
  contracts(limit: 10, offset: 0) {
    id
    premium
    type
    status
    customer {
      id
      name
    }
  }
```

GraphQL Mutations (Écriture)

Mutation: Créer un contrat

Opérations de création, mise à jour, suppression

```
mutation CreateNewContract {
  createContract(input: {
    customerId: "cust-1"
    type: AUTO
    coverage: [COLLISION, THEFT]
    deductible: 500
  }) {
    id
    premium
    status
    customer {
      name
    }
  }
}

Réponse:
{
  "createContract": {
    "id": "contract-789",
    "premium": 1200.50,
    "status": "ACTIVE",
    "customer": {
```

GraphQL: Avantages et limitations

✅ Avantages

❌ Limitations

- Pas de over-fetching
- Pas de under-fetching
- Requête unique
- Pas de versioning
- Typage fort
- Documentation auto
- Introspection
- Caching difficile (POST)
- Courbe apprentissage
- Complexité du serveur
- N+1 queries problem

Quand utiliser REST vs GraphQL?

Scénario	REST	GraphQL	Recommandation
Ressources simples	✅ Idéal	⚠️ Overkill	REST
Relations complexes	❌ Appels multiples	✅ Requête unique	GraphQL
Clients variés	❌ Over-fetching	✅ Données précises	GraphQL
Mobile (bande passante)	❌ Données superflues	✅ Minimal	GraphQL
Caching HTTP	✅ Facile	❌ Complexe	REST
Adoption rapide	✅ Facile à apprendre	❌ Courbe apprentissage	REST
Real-time (WebSocket)	❌ Non natif	✅ Subscriptions	GraphQL
File uploads	✅ Natif	⚠️ Complexe	REST

Sécurité dans les APIs

🔐 OAuth2

Protocole d'autorisation qui permet à une application tierce d'accéder à des ressources protégées (API, données) au nom d'un utilisateur, sans lui transmettre son mot de passe

🔑 JWT (JSON Web Tokens)

Standard ouvert pour transmettre des informations sécurisées sous forme d'objet JSON signé numériquement.

🔐 OpenID Connect

Protocole d'authentification basé sur OAuth 2.0 qui vérifie l'identité des utilisateurs via un ID Token (JWT). Il ajoute à OAuth une couche d'identité standardisée (openid scope) pour SSO et informations utilisateur sécurisées.

Documentation API: Swagger/OpenAPI

Exemple de specification OpenAPI (YAML):

Documenter et tester les APIs interactivement

```
openapi: 3.0.0
info:
  title: Insurance API
  version: 1.0.0
paths:
  /contracts:
    get:
      summary: List all contracts
      parameters:
        - name: limit
          in: query
          type: integer
          default: 10
      responses:
        '200':
          description: List of contracts
          content:
            application/json:
              schema:
                type: array
                items:
                  $ref: '#/components/schemas/Contract'
        '401':
```

Versioning d’API

🟪 URL Versioning

Maintenir la compatibilité avec les clients existants

- Semantic Versioning: MAJOR.MINOR.PATCH (1.2.3)
- Backward compatibility: Supporter les anciennes versions (minimum 2 ans)
- Deprecation warnings: Notifier les clients
- Changelog: Documenter les changements

```
GET /api/v1/contracts
GET /api/v2/contracts

Avantages:
✅ Clair et explicite
✅ Caching facile
✅ Fournisseurs multiples

Inconvénients:
❌ URLs dupliquées
❌ Maintenance double
```

🟪 Header Versioning

```
GET /api/contracts
X-API-Version: 2
```

Récapitulatif: API et GraphQL

🌐 REST API

- Standard HTTP (GET, POST, PUT, DELETE)
- Endpoints fixes par ressource
- Facile à cacher
- Versioning standard
- Idéal pour ressources simples
- Courbe apprentissage faible

■ GraphQL

- Query language typé
- Requêtes flexibles
- Pas over/under-fetching
- Pas de versioning
- Idéal pour relations complexes
- Courbe apprentissage modérée

POINTS CLÉS:

- ✅ Sécurité: OAuth2 + JWT
- ✅ Documentation: Swagger/OpenAPI

Prochaine Section: MCP & Intégration IA

MCP & INTÉGRATION IA

Explorez comment connecter vos backends avec les modèles d'IA et les agents autonomes pour créer des systèmes intelligents.

MCP & Intégration IA: Nouvelle ère

Cas d’usage:

Connecter les backends avec les modèles d’IA

- 📋 Assurance: Analyse automatique des sinistres avec Claude
- 🏥 Santé: Diagnostic assistance basé sur données patients
- 📝 Génération contenu: Documents, email, rapports automatisés
- 🔍 Recherche: Sémantique sur base de données

MCP: Model Context Protocol

ARCHITECTURE MCP:

MCP Server (côté backend):

Standard ouvert pour connecter LLMs aux tools/APIs

```
// Node.js/Express avec MCP SDK
const mcp = require('@anthropic-sdk/mcp');
const express = require('express');

const server = new mcp.MCPServer({
  name: 'insurance-api',
  version: '1.0.0'
});

// Enregistrer des ressources/outils
server.resource('contract', async (id) => {
  const contract = await db.contracts.findOne(id);
  return {
    type: 'contract',
    id,
    data: contract
  };
});

server.tool('create_claim', {
  description: 'Créer un sinistre',
```

Monitoring: IA en production

Métriques à tracker:

Surveiller la qualité et la performance des réponses IA

```
// Instrumenter les appels IA
const aiMetrics = {
  // Performance
  latency: new Histogram('ai_latency_ms'),
  tokenUsage: new Counter('ai_tokens_used'),
  costs: new Gauge('ai_monthly_cost'),

  // Qualité
  hallucinations: new Counter('ai_hallucinations'),
  userRejections: new Counter('ai_responses_rejected'),
  accuracy: new Gauge('ai_accuracy_score'),

  // Erreurs
  rateLimitExceeded: new Counter('ai_rate_limit'),
  timeouts: new Counter('ai_timeouts'),
  authErrors: new Counter('ai_auth_errors')
};

// Instrumenter
const startTime = Date.now();
try {
  const response = await llm.analyze(data);
  aiMetrics.latency.observe(Date.now() - startTime);
```

Futur: Agents IA autonomes

Exemple: Traitement sinistre automatique

La prochaine génération: agents capables de décisions autonomes

```
// Agent autonome
const claimAgent = new Agent({
  tools: [
    'get_contract',
    'create_claim',
    'estimate_damage',
    'notify_client',
    'schedule_inspection'
  ]
});

const result = await claimAgent.run(
  `Traiter ce sinistre: Description du sinistre...`
);

// Résultat: Agent a autonomement:
// 1. ✅ Cherché le contrat
// 2. ✅ Créé le dossier sinistre
// 3. ✅ Estimé les dégâts
// 4. ✅ Notifié le client
// 5. ✅ Programmé l'inspection
// Tout dans une seule chaîne de pensée!
```

Ressources & Références

Ouvrages de Référence

Clean Code - Robert C. Martin

> "Any fool can write code that a computer can understand. Good programmers write code that humans can understand."

Clean Architecture - Robert C. Martin

> "A software architect is a programmer who has stopped programming and has started thinking about programs."

Design Patterns - Gang of Four (Gamma, Helm, Johnson, Vlissides)

> "The purpose of design patterns is to give a name and a context to design problems and their solutions."

Building Microservices - Sam Newman

> "Microservices are small, autonomous services that work together. The microservice architectural style is an approach to developing a single application as a suite of small services."

Domain-Driven Design - Eric Evans

> "When you model using only the semantics that the business expert cares about, you get a model that the business expert understands."

Questions & Discussion

QU’AVEZ-VOUS ENVIE DE DISCUTER?

✋ Levez la main pour poser vos questions 💬 Débat sur technologies, architecture… 🤔 Cas d’usage spécifiques à votre contexte

Pas de question bête - cette partie est pour VOUS

Merci! 🙏