

Introduction au DevSecOps

Université de Nantes, MIAGE, M2

© 2025 Bertrand Florat

Ce document est sous licence [Creative Commons Attribution - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International \(CC BY-SA 4.0\)](#)

Révision : 595b667 du 2025-05-31 - [Version PDF](#)

API

API

CI/CD

Contribuer à ce support

Pousser une Pull Request [ici](#), ce support est *as code* (sources en Markdown).

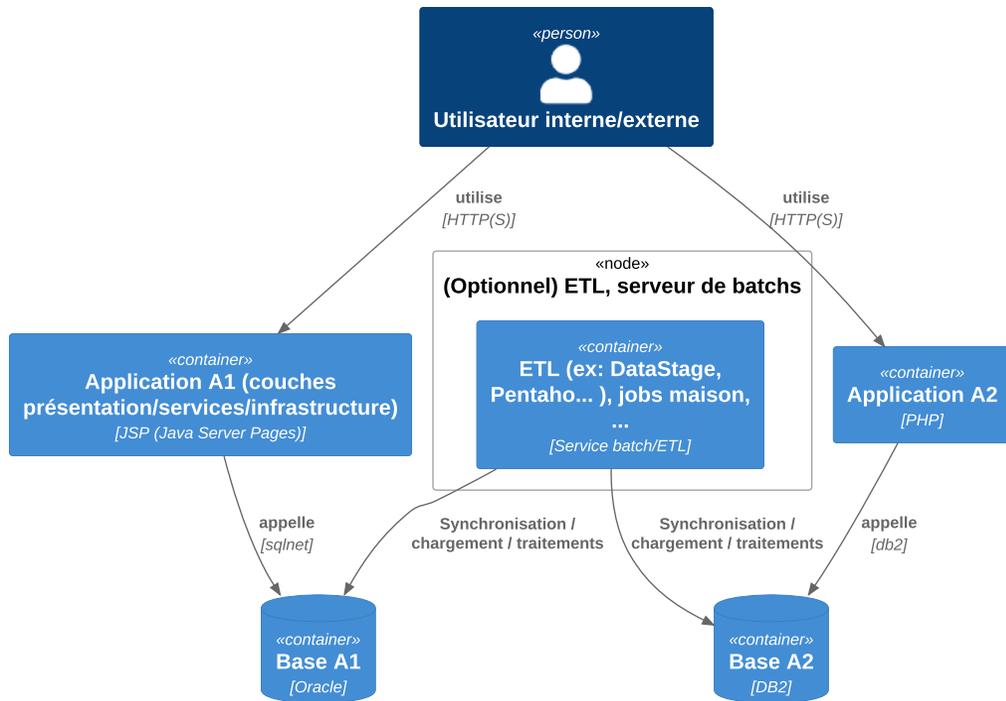


Note : Toutes les contributions sur le fond comme sur la forme sont appréciées.

Séance 1 – Fondations du DevSecOps (1h20)

- 1 - Rappel sur les typologies d'architectures modernes
- 2 - Rappel sur les ENF
- 3 - Contexte des Organisations Traditionnelles
- 4 - DevOps : culture, principes et objectifs
- 5 - Bonnes pratiques DevOps (architecture et livraison)
- 6 - Le DevSecOps

1.1 Rappel sur les typologies d'architecture modernes

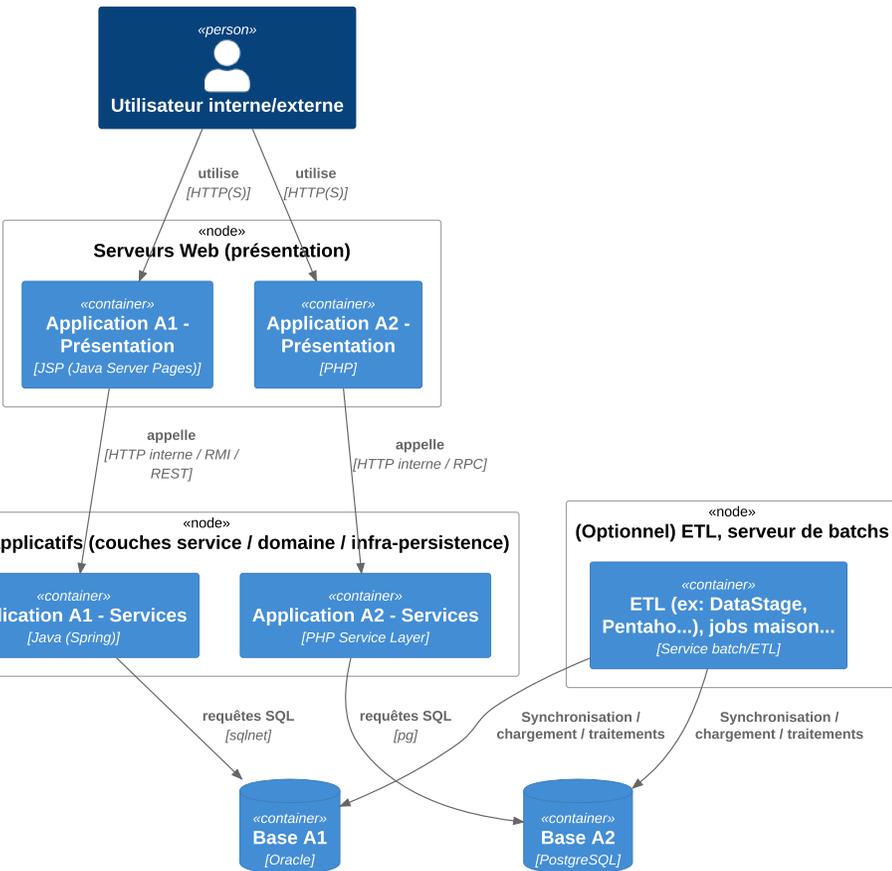


Le monolithe (années 1990 -)

- Applications Web (Server Side Rendering)
- Unité de déploiement unique: Toute l'application est déployée en un bloc
- Base de code commune: Tous les modules partagent le même codebase
- Couplage fort: Les composants sont étroitement liés et interdépendants
- En général, découpage en couches (au sein d'un seul tiers)

Le monolithe : avantages / inconvénients

-  **Web**: simple à déployer
-  Architecture **simple**
-  **Technologies homogènes**: Utilisation généralement d'un seul langage/framework
-  **Vendor Locking** selon les technologies retenues mais acceptable (ex: JEE)
-  **Scalabilité** verticale ET horizontale possible mais globale
-  **Difficile à maintenir** (couplage fort, code complexe)
-  **Collaboration difficile** (conflits de merge...)
-  **Difficile à tester**
-  **Stack technologique** : presque impossible à migrer (il faut tout réécrire)
-  **Lourd à démarrer / déployer**



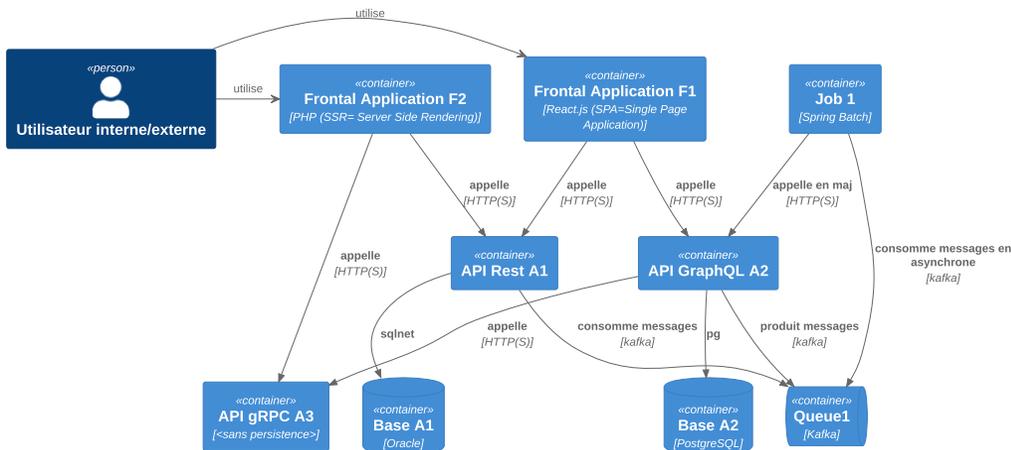
Le n-tiers (années 2000 -)

- Applications Web (Server Side Rendering)
- Proche du monolithe mais unité de déploiement par tiers (en général, un tiers présentation / un tiers service / un tiers BDD)

Le n-tiers : avantages / inconvénients

-  **Architecture simple**
-  **Scalabilité:** Verticale ET horizontale (mais limitée sur les BDD)
-  **Scalabilité individuelle** de chaque tiers (ex: 2 serveurs de présentation, 3 serveur de service)
-  **Découplage** présentation / services
-  **RH** : Possible d'avoir deux équipes : une frontend et une backend
-  **Maintenance** quelque fois difficile à maintenir (couplage fort, code complexe dans chaque tiers)
-  **Vendor Locking** : Selon les technologies retenues mais acceptable (ex: JEE)
-  **Testabilité** : Plus simple à tester (ex: bouchonnage du tiers services)
-  **Déploiement:** Peut être lourd à démarrer / déployer. Démarrage à faire dans l'ordre.
-  **Stack technologique** : presque impossible à migrer (il faut tout réécrire)
-  **Pas de réutilisation** des services par d'autres applications

Le micro-services (années 2010 -)



- Découpage par services
- Organisation autour des capacités métier
- Produits plutôt que projets
- Points de terminaison intelligents et tuyaux simples
- Gouvernance et gestion des données décentralisées
- Automatisation de l'infrastructure
- Conception pour tolérer les défaillances
- Conception évolutive



Note : L'architecture microservice a été précédée du **SOA** (Service-Oriented Architecture) dans les années 2000

- Le SOA est une architecture similaire mais s'appuie en général sur un Enterprise Service Bus (ESB) centralisé et non des appels directs (même on trouve en architecture microservices de plus en plus d'API Gateway)
- En SOA, les WebServices se basaient sur le standard SOAP (et non REST, GraphQL ou gRPC)
- Les WebServices étaient principalement développés en Java (Java Enterprise Edition = JEE) et non multi-langages (polyglotte)
- Le SOA était principalement représenté par des solutions propriétaires complexes et coûteuses

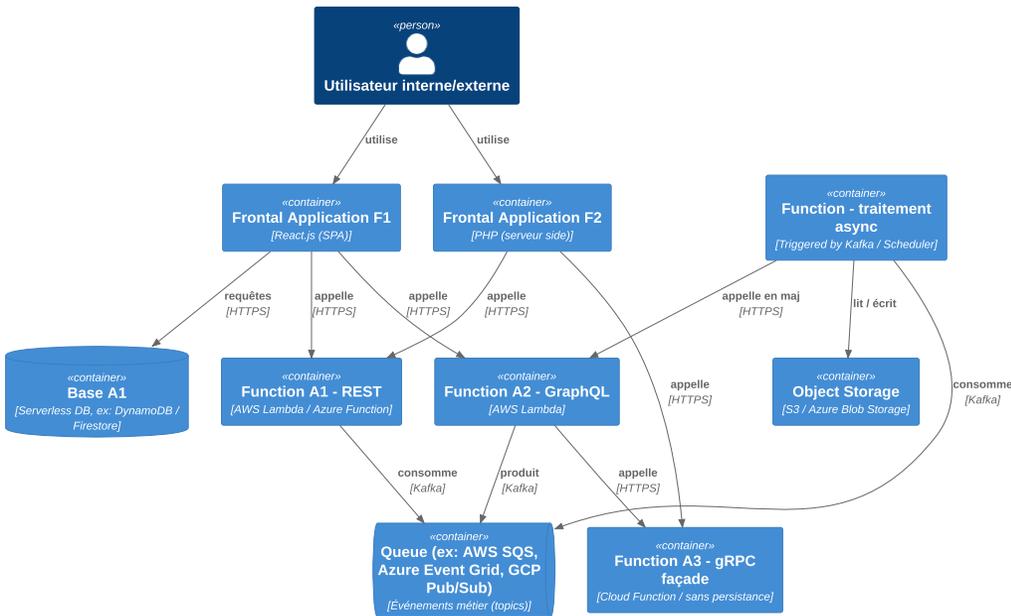
Le micro-services : avantages / inconvénients

-  **Facilité d'évolution** : les services peuvent être remplacés, réécrits ou supprimés
-  **Autonomie/parallélisation des équipes** : chaque équipe peut développer et déployer ses services
-  **Réutilisation des services** entre applications
-  **Déploiement indépendant** de chaque service : maj plus fréquentes et ciblées
-  **Scalabilité verticale et horizontale granulaire**
-  **DEV plus simple** : petits périmètres, plus faciles à comprendre et à tester
-  **Peu de vendor locking** : technologies Open Source et standard principalement
-  **Code polyglotte** : **avantage RH** mais aussi un **risque sur la maintenabilité**
-  **Surcoût en infrastructure** : orchestrateurs, API Gateway, monitoring, observabilité...
-  **Tests d'intégration** plus simples mais **tests système** plus complexes
-  **Architecture complexe** : code plus simple mais intégration plus complexe et nécessite des mécanismes robustes et une gestion des erreurs (rejeux...)
-  **Surdimensionné** pour certaines organisations (nécessite DevOps, CI/CD, observabilité, résilience...)
-  **Consistance des données plus difficile** : chaque service gère sa propre base → cohérence eventualisée

Le serverless (années 2015 -)

Traits principaux (source: Thoughtworks) :
serverless :

- Faible Barrière à l'entrée
- Sans hôtes (que l'on gère soit-même en tout cas)
- Sans états (Stateless)
- Élasticité
- Distribué
- Orienté événements (Event-Driven)



Le serverless : avantages / inconvénients

-  **Fin de l'infrastructure à gérer** et nécessitant des compétences élevées, avec **HA native**
-  **Fin de la scalabilité à gérer, élasticité automatique**, mais **latence à froid**.
-  **Autonomie / parallélisation des équipes** : chaque équipe peut développer, tester et déployer son propre service
-  **Coût raisonné** en théorie (paiement à l'utilisation) prévoir **surveillance importante** pour éviter les surcoûts
-  Développement en théorie rapide et simple, mais **débogage complexe** et **risque sur la cohérence globale**
-  **Vendor-locking** très élevé (forte dépendance aux GAFAM)
-  **Surface d'attaque** plus large, surtout si on multiplie les fournisseurs
-  **Architecture complexe** : code plus simple mais intégration plus complexe, nécessitant des mécanismes robustes et une gestion des erreurs (rejeux...).
-  **Consistance des données plus difficile** : chaque service gère sa propre base → cohérence eventualisée



Note : Les architectures n-tiers, microservices et serverless représentent **l'état de l'art** actuel.

- L'architecture microservice est présente de nombreux avantages mais **nécessite** une force de frappe technique considérable
- Utiliser une architecture n-tiers classique en couches/hexagonale + présentation en SPA (React.js...) pour les projets simples ou les organisations plus modestes
- Le serverless est **peu adapté** aux environnements **souverains** (administrations) ou **sensibles**
- On le rencontre plus fréquemment dans les **structures agiles** (startups, PME) ou celles disposant de **moins d'exigences techniques internes**
- Ces architectures sont souvent **utilisés de façon complémentaire**. Elles ne s'excluent pas mutuellement.
- À titre personnel, je recommanderais pour les applications de gestion de taille moyenne à importante de **limiter le serverless aux fonctions périphériques** (envoi d'emails, traitement de fichiers, BI...)

Plus de détail :

Cours de M1, thème « typologies d'architectures »

1.2 Rappel sur les ENF

ENF d'exploitabilité

- **Robustesse** : Capacité du système à fonctionner correctement malgré des erreurs
- **Résilience** : Aptitude à se remettre automatiquement d'une panne ou d'un incident
- **Observabilité** : Possibilité de diagnostiquer l'état du système via logs, métriques et traces

ENF de performances

- **Scalabilité** : Capacité à maintenir les performances en augmentant les ressources
- **Rapidité**: Aptitude d'un système à présenter un temps de réponse (TR) acceptable pour un niveau charge donné
- **Élasticité** : Aptitude d'un système à provisionner /dé-provisionner automatiquement des ressources en fonction de la charge afin de conserver des temps de réponses acceptables tout en optimisant le coût

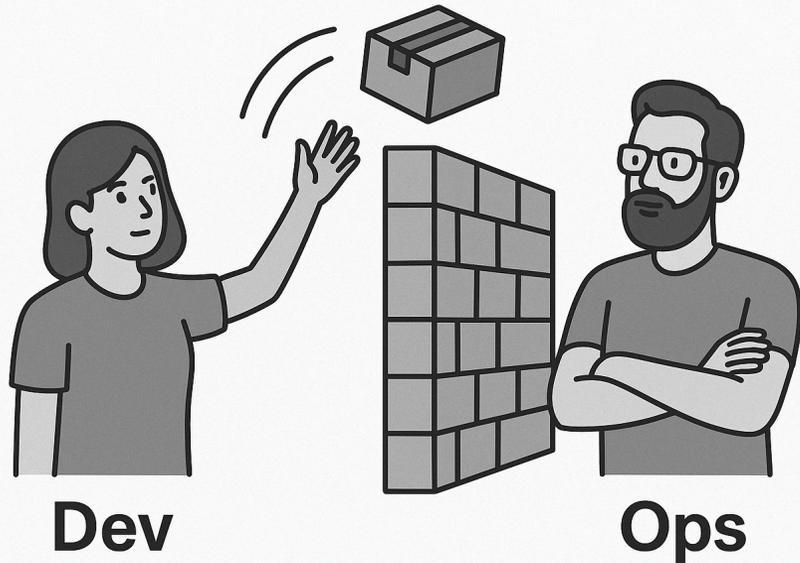
ENF de sécurité

- **Disponibilité** : Le système est accessible et fonctionnel quand nécessaire
- **Confidentialité** : Les données sont protégées contre les accès non autorisés
- **Intégrité** : Les données ne sont ni altérées ni corrompues



Note : Voir au besoin [le cours de M1](#) sur les Exigences Non Fonctionnelles (ENF).

1.3 Contexte des Organisations Traditionnelles



- **Structure Organisationnelle** : Hiérarchique et cloisonnée par rôles :
 - **Devs** : Développement de nouvelles fonctionnalités
 - **Ops** : Gestion de l'infrastructure et des déploiements

Processus : Souvent rigides et basés sur des cycles longs

Équipes de Développement (Devs)

- **Objectif Principal** : Livrer rapidement de nouvelles fonctionnalités
- **Priorités** :
 - **Innovation** : Introduire de nouvelles fonctionnalités et améliorations
 - **Réactivité** : Adapter rapidement le produit en fonction des retours utilisateurs
 - **Cycle de Développement Court** : Utiliser des méthodologies agiles
- **Défis** :
 - Risque d'introduire des bugs ou des instabilités

Équipes d'Opérations (Ops)

- **Objectif Principal** : Assurer la stabilité et la sécurité des systèmes
- **Priorités** :
 - **Fiabilité** : Garantir que les applications fonctionnent sans interruption
 - **Sécurité** : Protéger les systèmes contre les menaces
 - **Maintenance Préventive** : Effectuer des mises à jour pour éviter les pannes
- **Défis** :
 - Gérer les changements fréquents tout en maintenant la stabilité

Défis de la Collaboration Devs-Ops

- **Silos Organisationnels** : Communication limitée entre équipes
- **Processus Lents** : Déploiements longs et complexes (Time To Market = **TTM** allongé)
- **Résistance au Changement** : Culture d'entreprise parfois réticente à l'innovation
- **Impact sur l'Innovation** : Difficulté à répondre rapidement aux besoins du marché



1.4 DevOps : culture, principes et objectifs

Livrer des logiciels **plus rapidement, plus fréquemment** et **plus fiablement**

💡 Le DevOps est un **ensemble de pratique agiles appliquées à l'intégration** et non à la gestion de projet (comme Scrum) ou au code (comme XP)

Convergence avec DevOps

- **DevOps** : Aligner les objectifs des Devs et des Ops.
- **Avantages** :
 - **Amélioration de la Communication** : Réduction des silos
 - **Déploiements Plus Rapides et Sécurisés** : Automatisation avec CI/CD
 - **Culture de Collaboration** : Responsabilité partagée pour la qualité et la stabilité

Les piliers du succès

**Réduire
les silos
organisationnels**

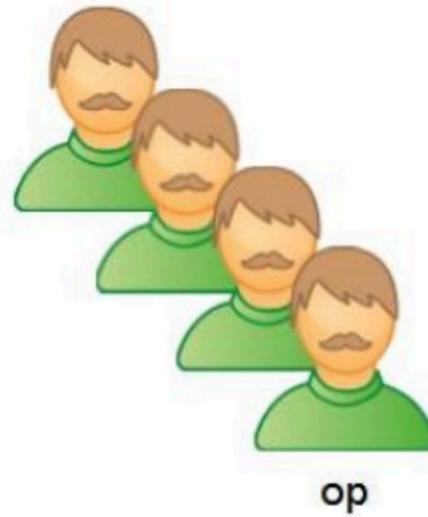
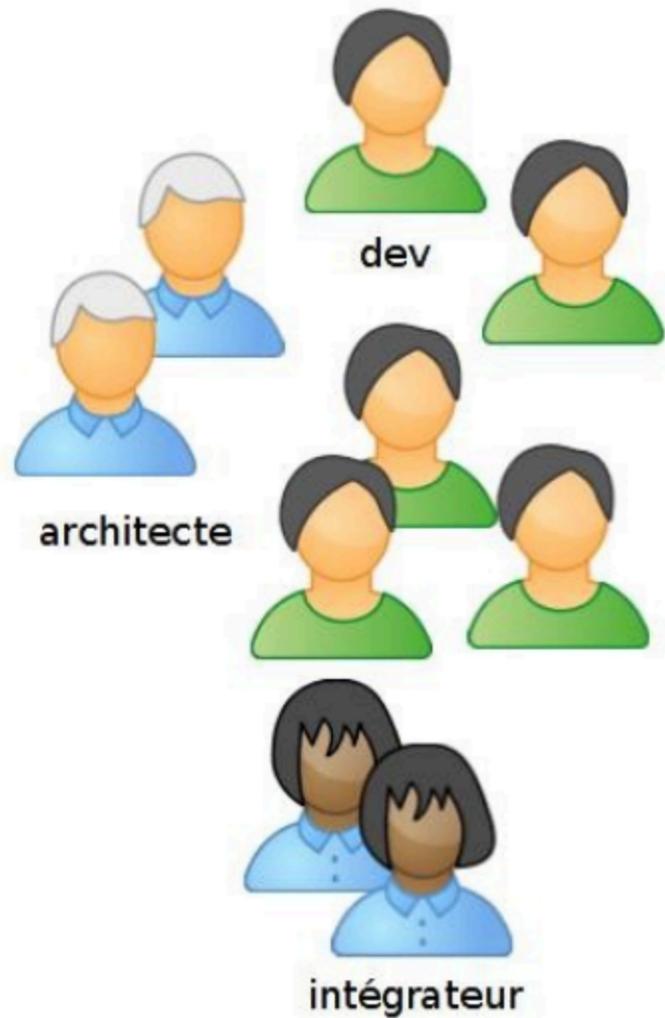
**Accepter
l'erreur**

**Mettre en place
les changements
graduellement**

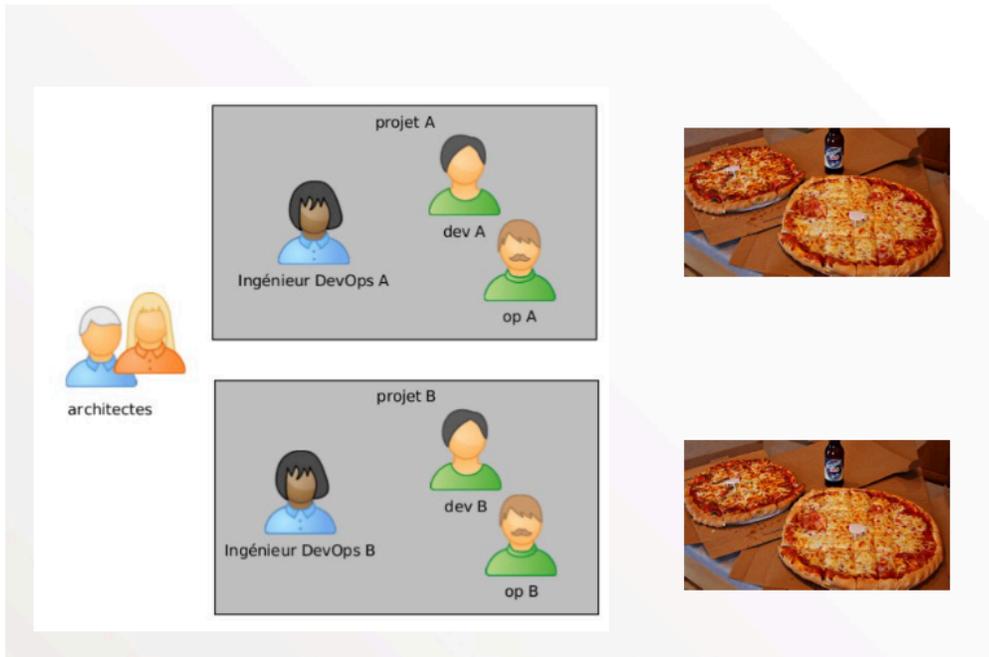
**S'appuyer sur
les outils
et
l'automatisation**

**Tout
mesurer**

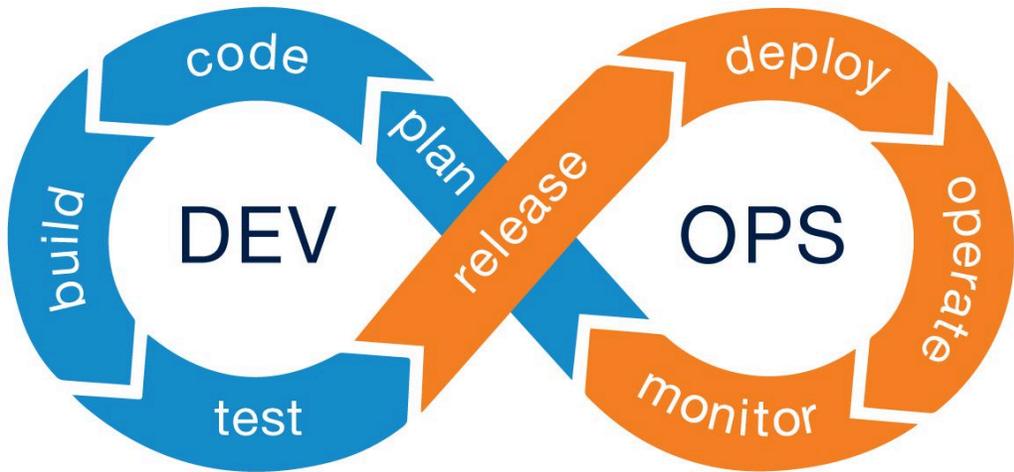
Passer de cette organisation :



A cette organisation (two pizza teams) :



- **Équipes petites** (5 à 8 personnes max), **autonomes**, **multi-compétences**
- **Responsables** à la fois du code et **de l'exploitation**
- **Communication fluide** entre Dev et Ops



Le cycle d'amélioration continue DevOps

Étapes clés du cycle DevOps

-  **Plan** : prioriser les besoins (fonctionnels et non fonctionnels)
-  **Code** : Écrire le code source et les tests unitaires — souvent collaboratif (Git, MR...)
-  **Build** : Compiler, emballer l'application et générer des artefacts (binaries, containers...)
-  **Test** : Exécuter des tests automatisés (unitaires, d'intégration, de sécurité...)
-  **Release** : Préparer la MEP, valider le déploiement dans des environnements de test
-  **Deploy** : Déployer automatiquement dans l'environnement de production (CD, canary...)
-  **Operate** : Bon fonctionnement du service (patches, ajouter ressources, modifier configuration)
-  **Monitor** : Observer performances, superviser, collecter métriques, détecter anomalies

Comment mieux collaborer ?

Penser système, pas équipe isolée

- Communication multi-équipes via messagerie instantanée de préférence

Feedback

- Source d'information commune (ex: daily)

Innovation et amélioration continue

- Ateliers

Partager les responsabilités, culture du **blameless**.

Casser les carcans

- Les devs exploitent (**You build it, you run it** » Amazon)
- Les ops codent (IaC : Infrastructure as Code)

Qu'est-ce qu'on entend par automatisation ?

 **CI : Intégration Continue**

 Tests automatisés (TU, TI, E2E, spécifications exécutables...)

 Livraison continue

 **Infrastructure as Code (IaC):** Provisioning des serveurs et composants

 **GitOps :** Si ce n'est pas dans Git, ça n'existe pas

 **CD (Livraison Continue voire Déploiement Continu)**

Relations entre DevOps et Cloud-native

DevOps et Cloud-native sont **étroitement liés et complémentaires**

 DevOps = **Méthode et culture**

 Cloud-native = Architecture des **applications à déployer sur un cloud**

- **Microservices**, conteneurs, orchestration (ex. Kubernetes)
- **Scalabilité**, tolérance aux pannes, portabilité
- **Infrastructure dynamique** et éphémère

DevOps **est un prérequis naturel** au cloud-native : impossible d'exploiter des architectures distribuées modernes **sans automatisation et collaboration**

Cloud-native **amplifie les bénéfices de DevOps** : scalabilité automatique, testabilité, déploiement continu, observabilité native

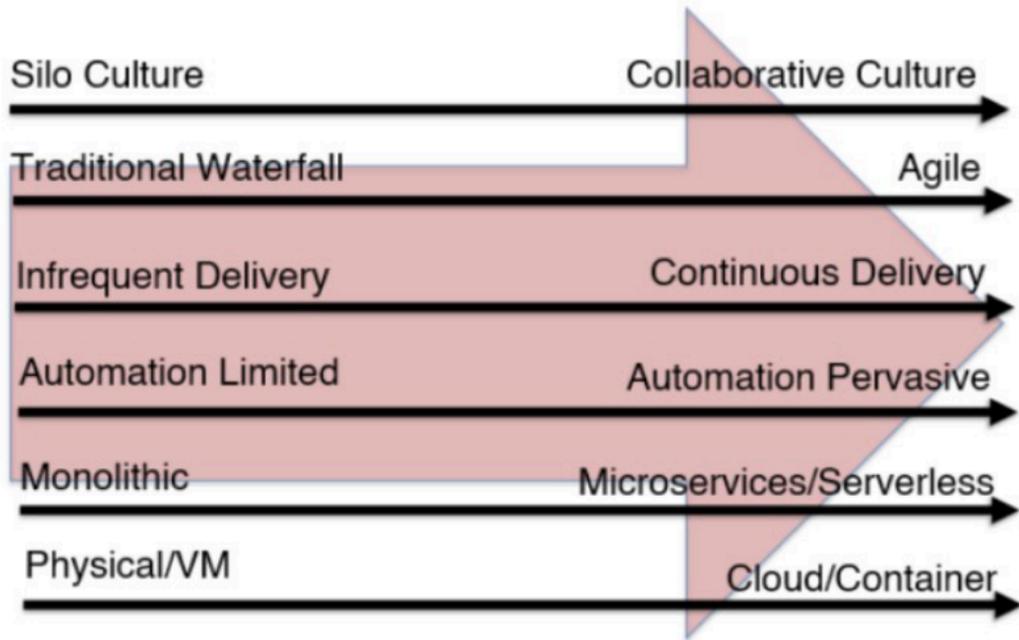
Pets vs Cattle : deux visions de l'infrastructure

Cette métaphore illustre le **changement de culture** entre l'infrastructure traditionnelle (manuelle) et l'infrastructure cloud-native (automatisée, jetable, scalable).

Pets (animaux de compagnie)	Cattle (bétail)
Nommés individuellement (ex: <code>svr_bdd</code>)	Identiques et numérotés (ex: <code>node-001</code> , <code>node-002</code>)
On les soigne, on les répare	On les remplace automatiquement (permet de repartir d'une situation connue rapidement)
Configuration manuelle	Créés par script / IaC
Chers à maintenir	Jetables, scalables, automatisés
Tendance "on-premise"	Tendance cloud / conteneurs / DevOps

i L'approche "**Cattle**" favorise la **scalabilité, la résilience et l'automatisation**, au cœur des pratiques **cloud-native et DevOps**.

En résumé: un mix de changements architecturaux, organisationnels et humains



 **Quiz !** Niveau DevOps de la pratique (de 0 à 5) :

- 1 : Les ops fournissent aux devs un **dashboard Zabbix** mais seuls les Ops reçoivent les alertes par mail
- 2 : Un **canal de messagerie instantanée** a été mis en place pour remonter les problèmes de PROD mais la plupart du temps les Ops ne signalent que les indisponibilités programmées
- 3 : Chaque équipe produit dispose d'un.e **DevOps dédié** qui automatise tous les aspects du cycle de vie (build déploiement, alerting...) et dispose des droit de PROD sur le provider Cloud
- 4 : Les modules sont **conteneurisés en Docker** mais lancés manuellement (pas d'orchestrateur)
- 5 : L'équipe de Dev rédige un **document d'installation manuelle en Word** et l'envoie aux Ops par mail lorsque la version du produit est publiée

1.5 Bonnes pratiques DevOps (architecture et livraison)

⚙️ Indépendance de la Configuration

Principe :

Ne jamais embarquer de **configuration plate-forme dépendante** dans les paquets applicatifs.

Pourquoi ?

- ❌ Risque de couplage fort avec l'environnement
- ❌ Difficulté à déployer sur plusieurs cibles (dev, prod, cloud, etc.)
- ❌ Impossibilité de reproduire des déploiements de manière fiable
- ❌ Gaspillage d'espace disque pour stocker les livrables

Bonne pratique

-  Séparer **binaire applicatif** et **configuration d'environnement**
-  Utiliser des mécanismes externes (fichiers de configuration, **variables d'environnement**, systèmes de configuration)
-  Favoriser des déploiements **portables** et **prévisibles**

Automatiser (presque) tout

Principe :

Automatiser le **déploiement**, le **rollback**, le **provisionnement**, etc.

Objectifs

-  Gagner en **fiabilité** et en **rapidité**
-  Réduire les erreurs humaines
-  Faciliter les répétitions et les rollbacks

⚠ Attention à l'overkill

- Pas besoin d'automatiser **absolument tout** !
- Autoriser quelques actions manuelles **quand le coût d'automatisation est supérieur au gain attendu**

Voir [cette section](#) de "The Site Reliability Workbook" de Google.

La gestion des branches en TBD

- Approche Trunk-Based Development (**TBD**) + **FF** (Feature Flags)
- **Une seule branche** (ex : `main`)
- Branches temporaires pour les **Merge Requests (topics)** uniquement (durée de vie de quelques heures à quelques jours)
- Feature-Flags pour activer/désactiver facilement les nouvelles fonctionnalités
- Objectif : simplifier l'intégration, **réduire les conflits** et écarts
- Configurer le **Fast-Forward only** (impose les rebases) pour faciliter la lecture de l'historique

Canary Testing

Définition :

Déploiement progressif d'une nouvelle version logicielle à une fraction restreinte des utilisateurs (les « canaries ») pour détecter rapidement les anomalies.

Objectifs

-  Détecter précocement les anomalies en prod
-  Minimiser les risques lors des déploiements
-  Réagir rapidement grâce à un monitoring renforcé

Fonctionnement

1. Déploiement à un groupe restreint (les FF peuvent servir de filtre)
2. Surveillance des métriques clés (erreurs, latence, UX)
3. Extension progressive ou rollback selon les résultats

Avantages

-  Limite l'impact d'un incident
-  Feedback rapide et fiable
-  Améliore la confiance et réduit le stress des équipes

● Dark Deployment

Définition :

Déploiement d'une nouvelle version ou de nouveaux modules en production **sans les exposer** aux utilisateurs finaux

Objectifs

-  Tester l'infrastructure et les performances
-  Identifier les problèmes d'intégration en avance de phase
-  Préparer un basculement rapide (feature toggle)

Blue-Green Deployment

Définition :

Technique de déploiement où **deux environnements identiques** (Blue et Green) sont utilisés pour minimiser les interruptions

Fonctionnement

1. **Blue** : environnement en production actuel
2. **Green** : nouvelle version déployée en parallèle
3. Test sur Green → bascule du trafic → mise à jour terminée !

Le déploiement suivant sera donc en Green -> Blue

Objectifs

-  Déployer sans downtime
-  Pouvoir revenir rapidement à l'ancienne version en cas de problème
-  Sécuriser les mises en production

Avantages

-  Bascule instantanée
-  Rollback facile et rapide (hors données)

 Challenges au niveau des évolutions des modèles de données et de leur compatibilité...

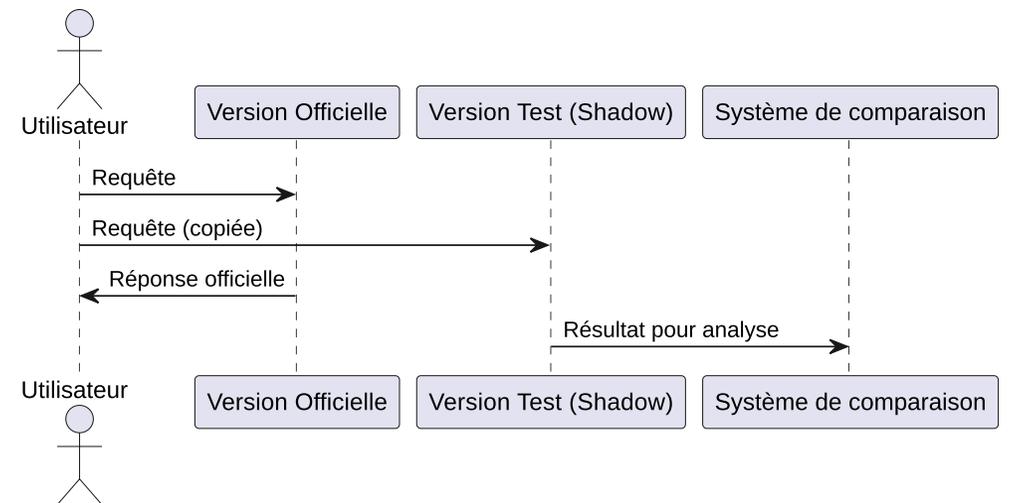
Shadow Traffic (ou Double Commande)

Définition :

Technique où **le trafic utilisateur est dupliqué** vers une nouvelle version sans impacter la réponse envoyée.

Objectifs

- Valider le comportement de la nouvelle version
- Comparer les résultats avec l'ancienne version
- Détecter les écarts sans risque pour les utilisateurs



Fonctionnement

1. Le trafic réel est envoyé aux deux versions
2. Seule la réponse de la version officielle est utilisée
3. Les réponses sont comparées en interne

Avantages

-  Permet de vérifier l'intégration (configuration, tuning...)
-  Tests réalistes en conditions de production
-  Aucune perturbation pour les utilisateurs
-  Détection précoce d'erreurs ou de régressions fonctionnelles

GitOps

Définition :

Approche où **Git est la source unique de vérité** pour décrire l'état désiré d'un système, souvent pour du déploiement cloud/Kubernetes.

Si ce n'est pas dans Git, ÇA N'EXISTE PAS !

Fonctionnement

- Les configurations (infra, apps) sont **stockées dans Git**
- Les modifications sont faites par **pull | merge requests (PR/MR)**
- Les personnes sont identifiées via un **compte dédié**, pas un compte de service

GitOps - Avantages

-  Déploiements traçables et auditables
-  Rollbacks facilités
-  Déploiements reproductibles et fiables
-  Séparation claire entre développement et opérations

Convention over Configuration (ou 'on rails')

Principe :

Privilégier des **standards explicites** et les valeurs par défaut plutôt que laisser de nombreuses options manuelles.

Exemples :

- Maven qui "opinionalise" la structure des sources
- Comptes de service en dur déductibles par convention (ex: `cs-monapi` pour l'API `monapi`)

Objectifs

-  Simplifier les décisions techniques
-  Gagner en **productivité** et en **prévisibilité**
-  Accélère le **onboarding**
-  Réduire les erreurs et les écarts de pratique

✗ Quelques anti-patterns d'intégration à éviter

Interventions humaines non maîtrisées

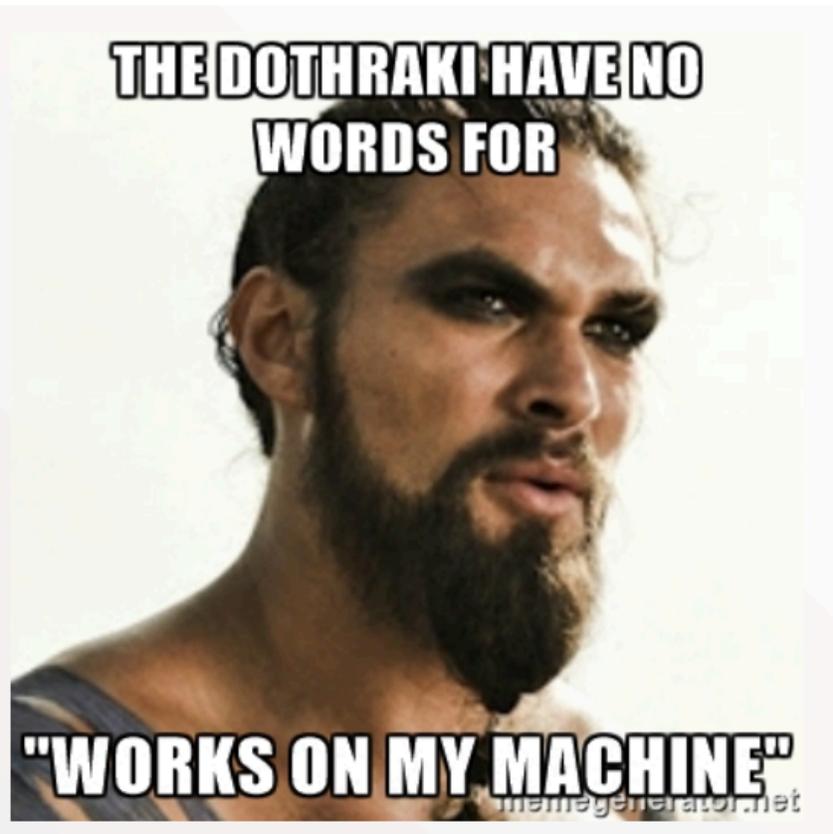
- Déploiements manuels, procédures non automatisées
- Dépendance à des **workflows informels ou oraux**
- Risques d'erreurs, de non-reproductibilité et de ralentissement

⚠ Intégration continue défailante

- **Builds lancés à la main**, sans trigger automatique
- **Tests trop longs** (> 10 mins) ou non-reproductibles
- **Perte de confiance** dans les pipelines CI/CD
- **Temps de feedback trop élevé** → ralentit la boucle de développement
- **Contrôles** (qualimétrie, sécurité, performances...) **contournés** ou shuntés par les devs

🌀 Chaos dans la gestion de version

- Trop de **branches parallèles** → complexité, conflits, dérives
- **Absence de tags** -> difficile de retrouver la version qui a été livrée
- **Branches actives longtemps sans rebase** = dette technique
- **Absence de convention de nommage** des messages de commits et branches (voir le [Conventional Commit](#))



↔ Écart (ou impédance) DEV-PROD

- Des **binaries différents** selon les environnements (ex : DEV, TEST, PROD)
- **Spécificité de l'environnement de DEV**
 - (ex: développement sous Windows, déploiement sous Linux)
- Génération locale, configuration manuelle, "ça marche chez moi / **Works on my machine**"

1.6 Le DevSecOps

DevSecOps intègre **la sécurité** dès le début du cycle DevOps, au lieu de l'ajouter à la fin.

C'est l'évolution naturelle du DevOps et l'état de l'art actuel.

Fondamentaux du DevSecOps

1. Intégration de la sécurité dès le départ (Secure By Design)

La sécurité n'est plus un "étape finale", elle est intégrée dès la conception et le développement.

2. Culture collaborative Dev + Sec + Ops

Les développeurs, les équipes sécurité et les opérations travaillent ensemble, en continu.

3. Automatisation des contrôles de sécurité

Scans de vulnérabilités, tests statiques, politiques de sécurité automatisées dans les pipelines CI/CD.

✓ 4. "Shift Left"

Détecter les failles **le plus tôt possible**, dès l'écriture du code, pour éviter des corrections tardives coûteuses.

✓ 5. Observabilité et réponse aux incidents

Surveillance continue, journaux centralisés, alertes, détection d'anomalies et réponse rapide aux menaces.

✓ 6. Politique de moindre privilège et de séparation des responsabilités

Chaque composant n'a que les droits nécessaires à son fonctionnement. Isolation stricte des rôles.

✓ 7. Sensibilisation à la sécurité dans les équipes

Formation continue, bonnes pratiques, revues de code avec une vision sécurité.

✓ 8. Conformité outillée

Outil de suivi de conformité (RGPD, ISO, etc.) comme les SIEM (Security information and event management). Ex: Splunk.

DevOps vs DevSecOps

	DevOps	DevSecOps
 Objectif	Livrer plus vite et plus souvent	Livrer vite et en toute sécurité
 Focus	Automatisation, CI/CD, collaboration	Sécurité intégrée dans tout le cycle
 Pratiques	CI/CD, Monitoring, IaC, observabilité	+ Scans, tests de sécurité, politique zero-trust
 Acteurs	Dev + Ops	Dev + Sec + Ops
 Sécurité	Souvent en fin de cycle	Intégrée dès le début (Shift Left)

? Lequel choisir ?

-  **DevSecOps est une évolution naturelle du DevOps**
-  Choisissez **DevSecOps dès que des données sensibles, un contexte réglementaire ou une exposition web** sont en jeu.
-  Pour des projets internes simples, DevOps peut suffire (au départ)... mais sécuriser dès le début reste toujours préférable.

 Aujourd'hui, dans un contexte de plus en plus dangereux (attaques, DDOS, rançongiciels, hameçonnage...), l'**approche DevSecOps est à privilégier** dans la plupart des cas.

Principes de Secure by Design : sécurité = critère d'architecture comme la performance

- **Moindre privilège** : chaque composant ne dispose que des droits strictement nécessaires
- **Séparation des responsabilités** : les fonctions critiques sont isolées pour limiter les impacts
- **Surface d'attaque minimale** : réduction des points d'entrée exposés
- **Défense en profondeur** : plusieurs couches de sécurité superposées
- **Comportement sûr par défaut** : tout ce qui n'est pas explicitement autorisé est refusé
- **Validation stricte des entrées** : toutes données externes sont considérées comme non fiables
- **Auditabilité** : les actions critiques sont traçables et exploitables en cas d'incident

Défense en profondeur (Defense in Depth)

Principe fondamental de la sécurité : **multiplier les couches de protection** pour réduire le risque d'intrusion ou de compromission, même en cas de faille.

 Certaines normes et meilleures pratiques recommandent la **diversité technologique** (dans la mesure du raisonnable) pour éviter les monocultures technologiques

Exemple: utiliser des firewalls de vendeurs différents

Couches typiques de défense

1. **Contrôles physiques** : data centers sécurisés, badges, portiques, caméras...
2. **Réseau** : firewalls, segmentation, VPN, sécurité des flux (TLS)
3. **Infrastructure** : durcissement des OS, patches de sécurité, monitoring système
4. **Accès et identités** : authentification forte, RBAC, MFA
5. **Applications** : validation des entrées, protections contre les injections
6. **Données** : chiffrement, gestion des secrets, contrôle d'accès aux bases
7. **Surveillance et réponse** : journaux, alertes, Intrusion Detection System (IDS), Intrusion Prevention System (IPS), plans d'intervention

Etude de cas : rôle du DevSecOps dans le cadre d'une CVE majeure ?

Log4shell (CVE-2021-44228) :

Impact : Exécution de code à distance (RCE) sur les serveurs vulnérables

Score CVSS : 10.0 / 10 (critique)

Composant affecté : Log4j 2 (versions < 2.15.0)

Vecteur : Chaînes de log contenant des expressions `${jndi:ldap://...}` injectées depuis des requêtes utilisateur

Exploitabilité : Très simple — aucun accès authentifié requis

Séance 2 – Écosystème technologique : IaC, CI/CD & sécurité (1h20)

- 1 - L'outillage et l'infrastructure DevOps / Cloud Native...
- 2 - Rappel sur les conteneurs
- 3 - Kubernetes : le système nerveux du cloud
- 4 - L'Infrastructure as Code (IaC)
- 5 - La CI / CD

💡 2.1 L'outillage et l'infrastructure DevOps / Cloud Native...

Voir le [Landscape CNCF](#) (Cloud Native Computing Foundation)

- Un écosystème foisonnant...
- ... en évolution rapide et constante

The image displays the CNCF Landscape, a vast collection of logos for open-source tools and services. The landscape is organized into several horizontal sections, each representing a different category of technology. A tooltip for Slurm is visible, providing a brief description of the tool. The bottom row includes sections for Observability, Continuous Optimization, Chaos Engineering, and Feature Flagging.

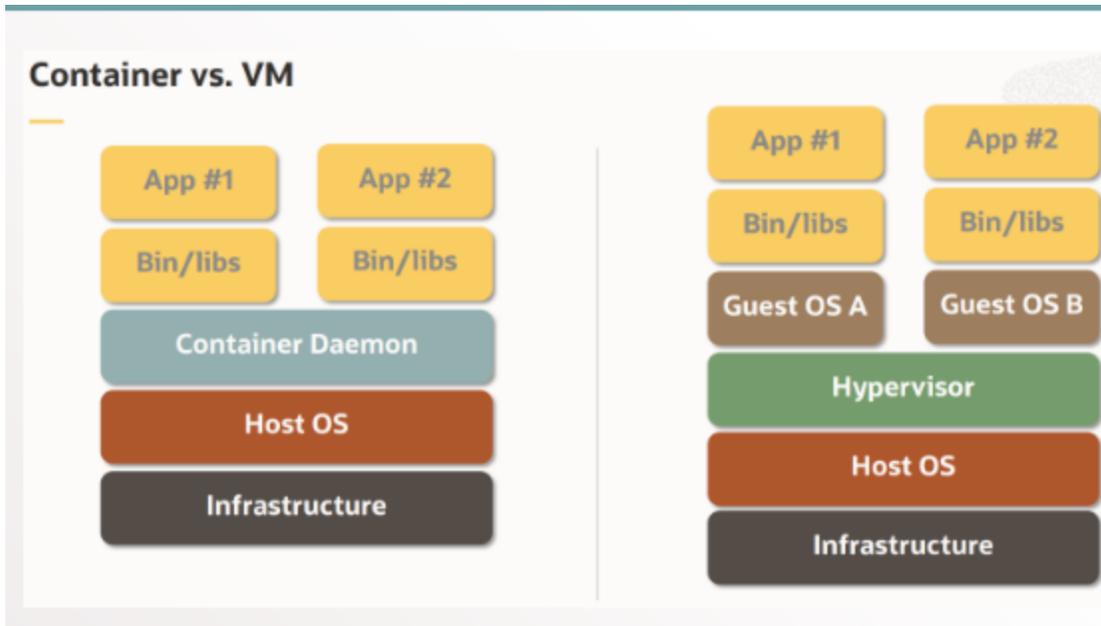
2.2 Rappel sur les conteneurs

Un **conteneur** est un environnement léger, isolé et portable, permettant d'exécuter une application avec toutes ses dépendances.

Caractéristiques

- **Partage le noyau** de l'hôte (contrairement à une VM)
- **Étanche** (processus isolés)
- **Démarrage rapide**, faible empreinte mémoire
- **Image immuable** = mêmes résultats sur tous les environnements
- Facile à versionner, tester, déployer

Conteneurs et VMs



i Ne pas opposer VM et conteneurs :

- VM : premier découpage pour grosses machines
- Les conteneurs tournent très souvent dans des VMs...
- Mais pas toujours (**bare metal**)

Les images de conteneurs

Une **image de conteneur** est une archive contenant tout le nécessaire pour lancer une application (les binaires mais aussi ses librairies et les librairies système dont il a besoin).

Norme de référence : **OCI (Open Container Initiative)**

- Standard ouvert pour les **formats d'image** et les **runtimes**
- Assure la **portabilité** entre outils : Docker, Podman, containerd, etc.

🧅 Notion d'"onions" (couches)

- Une image est construite **par couches successives**
- Chaque instruction (RUN, COPY...) ajoute une **nouvelle couche**
- Les couches sont **en cache** et **partagées** entre images
- On peut **reconstruire partiellement** l'image si une couche change
- Consolidées sous la forme d'une archive (`.tar.gz`)
- **Publiées (push) dans un registre d'image** (ex: Artifactory, GitLab Container Registry, GitHub Container Registry, ...) pour pouvoir être récupérées (pull)

Exemple de Dockerfile (Node.js)

```
# Image de base officielle
FROM node:18-slim

# Répertoire de travail
WORKDIR /app

# Dépendances
COPY package*.json ./
RUN npm install

# Code source
COPY . .

# Port exposé
EXPOSE 3000

# Commande de démarrage
CMD ["npm", "start"]
```

Exemples d'outils de construction et execution des conteneurs

- **Docker** : création et exécution de conteneurs (via un démon RESTful)
- **Podman** : alternative sans démon
- **Containerd / CRI-O** : autres moteurs d'exécution de haut niveau (gèrent le cycle de vie, le pull, l'exécution des conteneurs)
- **Kaniko/Buildah** : construction d'images OCI en userspace (hors conteneur)
- **runc** (par défaut, écrit en Go) / **crun** (écrit en C) / **youki** (en Rust) : moteurs d'exécution bas niveau



KUBERNETES

2.3 Kubernetes : le système nerveux du cloud

“Kubernetes (K8s) is an open-source system for automating deployment, scaling, and management of containerized applications.”

— kubernetes.io

✨ **Kubernetes : un projet open source majeur**

- **Amorcé par Google en 2014**
- Inspiré de **Borg** (orchestrateur interne de Google)
- **Donné à la CNCF** en 2015
- Principaux contributeurs : Google, Red Hat, VMware, Microsoft, Amazon

Chiffres clés

- **2^e projet open source** le plus actif (après Linux)
- **1500+ contributeurs actifs**
- **70k+ stars** sur GitHub
- **80% des grandes organisations dans le monde** utilisent K8S en 2025 (contre 63% en 2024) ([source CNCF](#))

Pourquoi Kubernetes ?

- 🦾 Orchestration des conteneurs à grande échelle
- 🌐 Portabilité cloud (AWS, Azure, GCP, on-premise)
- 🛠️ Communauté et écosystème très riches

Une infrastructure **managée au-dessus** de l'infrastructure

-  Conteneurs = **unités de calcul** (compute)
-  Volumes = **stockage persistant**
-  Services/Ingress/Network Policies = **réseau intelligent et sécurisé**

 Kubernetes orchestre **tout automatiquement**

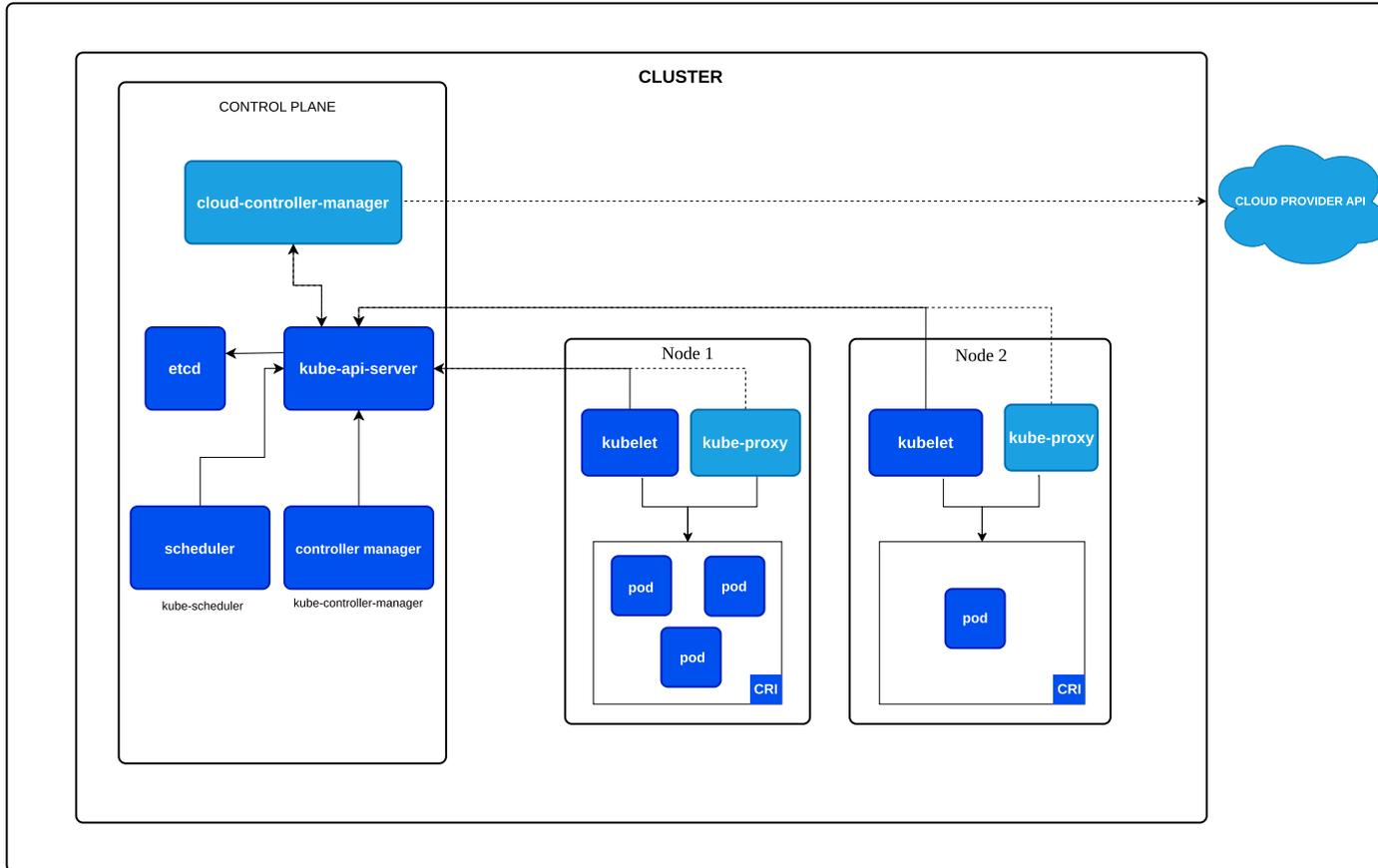
Développement & exploitation

- Déploiement **déclaratif** (YAML, GitOps)
- **Scalabilité automatique** selon la charge
- **Déploiement avancé** : rolling updates
- **Résilience intégrée** : redémarrage, réplication
- **Observabilité native** (logs, métriques, events)

Kubernetes = moteur des apps cloud-native

- Déploiement continu, microservices, tolérance aux pannes
- Utilisé par : Google, Spotify, BlaBlaCar, OVH, etc.
- Standard de fait pour les plateformes modernes (AKS, EKS, GKE...)

Architecture de K8S



Source: <https://kubernetes.io/docs/concepts/architecture/>

Exemple de déploiement Kubernetes

```
apiVersion: apps/v1
kind: Deployment
metadata:
  name: webapp
spec:
  replicas: 3
  selector:
    matchLabels:
      app: webapp
  template:
    metadata:
      labels:
        app: webapp
    spec:
      containers:
        - name: nginx
          image: nginx:1.25
          ports:
            - containerPort: 80
```

K9S, un navigateur Kubernetes

```
1:admmae@dv501ci04g2130: ~  
Context: default  
Cluster: default  
User: default  
K9s Rev: 0.19.4 [15293]  
K8s Rev: v1.17.5+k3s1  
CPU: 29%  
MEM: 57%  
  
<0> all          <a> Attach      <shift-l> Logs Previous  
<1> kube-system <ctrl-d> Delete    <shift-f> Port-Forward  
<2> default      <d> Describe <s> Shell  
<e> Edit       <y> YAML  
<ctrl-k> Kill  
<l> Logs  
  
Pod(s) (default) [20]  
NAME                 READY  RESTARTS  STATUS      CPU  MEM  %CPU/R  %MEM/R  %CPU/L  %MEM/L  IP           NODE                AGE  
pact-broker-5d8665b497-6mppd  1/1    0  Running    1  74   0        0        0        0        0  10.42.3.13  dv501ci04g2133    36d  
pact-broker-db-0           1/1    0  Running    1  31   0        0        0        0        0  10.42.3.18  dv501ci04g2133    36d  
plantuml-5c74fbb6c-68kmb   1/1    0  Running    1  274  0        0        0        0        0  10.42.2.65  dv501ci04g2132    36d  
rece-adaptateur-batch-f6bff57d4-rxt7t  1/1    0  Running    1  448  0        0        0        0        0  10.42.0.122 dv501ci04g2130    8m34s  
rece-basepivot-db-0        1/1    0  Running    8  888  0        0        0        0        0  10.42.3.16  dv501ci04g2133    36d  
rece-demandedila-api-7f5654c56d-6zxjn  1/1    0  Running    2  460  0        0        0        0        0  10.42.2.231 dv501ci04g2132    7m34s  
rece-document-obj-0        1/1    0  Running   12  566  0        0        0        0        0  10.42.2.68  dv501ci04g2132    36d  
rece-document-obj-new-0    1/1    0  Running   12  263  0        0        0        0        0  10.42.2.198 dv501ci04g2132    23h  
rece-habilitation-db-0     1/1    0  Running    1  51   0        0        0        0        0  10.42.1.171 dv501ci04g2131    7d17h  
rece-requete-api-77cd59f5d7-9qmgmt  1/1    0  Running    1  507  0        0        0        0        0  10.42.1.194 dv501ci04g2131    40h  
rece-requete-db-0         1/1    0  Running    1  43   0        0        0        0        0  10.42.3.34  dv501ci04g2133    10d  
rece-requetedila-batch-85694c498b-nx555  1/1    0  Running    1  421  0        0        0        0        0  10.42.1.197 dv501ci04g2131    7m3s  
rece-secure-api-74f7d5499f-dmsj7      1/1    0  Running    1  427  0        0        0        0        0  10.42.1.191 dv501ci04g2131    2d19h  
rece-specs-59c44fcc44-mqj42          1/1    0  Running    1  10   0        0        0        0        0  10.42.0.117 dv501ci04g2130    2d15h  
rece-tech-db-0             1/1    0  Running    1  45   0        0        0        0        0  10.42.3.33  dv501ci04g2133    10d  
rece-televerification-db-0           1/1    0  Running    1  28   0        0        0        0        0  10.42.2.67  dv501ci04g2132    36d  
rece-televerification-ui-756d74bcfd-wvmhk  1/1    0  Running    1  16   0        0        0        0        0  10.42.1.168 dv501ci04g2131    8d  
rece-ui-67c88db65f-vs9b9            1/1    0  Running    1  10   0        0        0        0        0  10.42.2.230 dv501ci04g2132    58m  
rece-verificationctv-api-7fdbcb48f4-kdctw  1/1    0  Running    1  414  0        0        0        0        0  10.42.1.177 dv501ci04g2131    3d23h  
sagadila-demandedila-db-0           1/1    0  Running    1  71   0        0        0        0        0  10.42.3.14  dv501ci04g2133    36d  
  
<pod>
```



Outil presque indispensable et permettant d'accélérer grandement la gestion d'un cluster K8S

✓ Objectifs

- Déployer des environnements **de façon reproductible**
- **Versionner** l'infrastructure (comme du code)
- **Automatiser** la création, modification et suppression de ressources
- Réduire les **erreurs manuelles** et les écarts entre environnements

La notion d'état désiré

En Infrastructure as Code, on décrit **l'état final attendu** de l'infrastructure, et non les étapes pour y parvenir

- **L'état désiré** représente ce que **l'infrastructure doit être** :
types de ressources, configurations, relations
- L'outil IaC (ex : Terraform) se charge de **comparer l'état réel** à l'état désiré et applique les **changements nécessaires**

Exemples

- "Je veux **2 serveurs** EC2 avec 8 Go de RAM"
- "Je veux un **load balancer** devant mes pods Kubernetes"
- "Je veux une **base PostgreSQL** avec sauvegarde quotidienne"
- "Je veux **4 instances** à tout moment de mon serveur Web et situés sur des noeuds différents"

Avantages

- **Automatisation** des changements
- **Détection des dérives** entre ce qui est déployé et ce qui est attendu
- **Idempotence** : rejouer le code n'a pas d'effet s'il n'y a rien à changer

En résumé

Les outils IaC ne spécifient pas *comment faire*, mais *ce que l'on veut obtenir*

 Tous les outils d'IaC, quelle que soit leur niveau d'abstraction (voir plus loin) utilisent ce concept mais à des niveaux différents.

- Dans un déploiement **Kubernetes**, ce sera par exemple « je désire au moins **cinq instances** (pods) de mon application »
- Dans un **playbook Ansible**, ce sera : « Je veux que le fichier `/etc/xyz.conf` existe" ou "le **service SystemD ABC** est démarré »

Exemples d'outils IaC orientés provisionnement

Outil	Éditeur / Origine	Description principale
Terraform	HashiCorp	Provisionnement multi-cloud déclaratif en HCL
Pulumi	Pulumi Corp.	IaC en langages classiques (Python, TS, Go...)
CloudFormation	Amazon Web Services (AWS)	Déploiement d'infra AWS en JSON/YAML
ARM / Bicep	Microsoft (Azure)	Provisionnement pour Azure (ARM = JSON, Bicep = DSL)
Deployment Manager	Google Cloud	IaC pour GCP avec YAML/Jinja
Crossplane	Upbound	Provisionnement Kubernetes via CRDs

Exemple de fichier Terraform (HCL)

```
provider "aws" {
  region = "eu-west-3" # Paris
}

resource "aws_instance" "web" {
  ami           = "ami-0c55b159cbfafa1f0" # Amazon Linux 2
  instance_type = "t2.micro"

  tags = {
    Name = "MonServeurWeb"
  }
}
```

Outils IaC orientés Gestion de Configuration

Outil	Mode	Particularités
Ansible	Agentless (push)	Simple, basé sur SSH, YAML déclaratif
Puppet	Agent + serveur	DSL propre, très utilisé en entreprise
Chef	Agent + serveur	Basé sur Ruby, flexible mais complexe
SaltStack	Push + Pull hybride	Rapide, orienté événements

 Ces outils permettent de **configurer et maintenir l'état des serveurs**, une fois provisionnés par des outils d'IaC de provisionnement comme Terraform ou Pulumi

 Une **approche conteneurs** (voir plus loin) reste **préférable** si supportée

Exemple de fichier Ansible (YAML)

```
- name: S'assurer que nginx est démarré
hosts: webservers
become: true

tasks:
  - name: Démarrer et activer nginx
    ansible.builtin.service:
      name: nginx
      state: started
      enabled: true
```

Exemple de configuration Pulumi (Typescript)

```
import * as pulumi from "@pulumi/pulumi";
import * as aws from "@pulumi/aws";

// Create an S3 bucket
const bucket = new aws.s3.Bucket("my-bucket", {
    acl: "private",
    tags: {
        Environment: "Dev",
        Name: "MyPulumiBucket",
    },
});

// Export the bucket name
export const bucketName = bucket.id;
```

Outils IaC orientés conteneur

Outil	Rôle principal	Particularités
Dockerfile	Décrit l'image du conteneur	Définition du build, base de tout conteneur
Docker Compose	Décrit des stacks multi-conteneurs en local	Idéal pour le DEV, moins adapté à la PROD
Helm	Gestion de packages Kubernetes (charts)	Templating puissant, logique de versionnage
Kustomize	Overlays et variantes d'objets Kubernetes	Natif K8s, sans langage de templating
CDK8s	IaC Kubernetes via des langages de programmation	Basé sur JS/TS/Python, alternative à YAML (jeune)

 Ces outils permettent de **configurer et maintenir l'état des serveurs**, une fois provisionnés par des outils d'IaC de provisionnement comme Terraform ou Pulumi.

 Nous préconisons plutôt Kustomize pour les applications internes de l'organisation et Helm pour les applications externe (déjà packagées en Helm).

Exemple de fichier Kustomize

```
# production/kustomization.yaml

resources:
- deployment.yaml
- service.yaml

commonLabels:
  app: demo-app

patches:
- target:
    kind: Deployment
    name: mon-app
  patch: |
    - op: replace
      path: /spec/replicas
      value: 3
```

2.4 Notions de déploiement sécurisé

Un déploiement sécurisé repose sur plusieurs **couches complémentaires** de protection

Gestion des secrets

- Ne jamais stocker de secrets (jetons, clés...) en clair dans le code source
- Utiliser des outils dédiés : **Vault**, **Sealed Secrets**, **AWS Secrets Manager**
- Injecter les secrets via des variables d'environnement ou des volumes sécurisés

Réseaux et isolation

- Segmenter (VLAN) les flux réseau : **externe / interne / administration**
- Appliquer des politiques de réseau (ex. : **NetworkPolicy**)
- Réduire la surface d'exposition des services (ex. : ingress, firewall, proxy)

Contrôle d'accès basé sur les rôles (RBAC)

- Appliquer le principe du **moindre privilège**
- Définir les rôles avec précision : développeur, opérateur, administrateur, observateur...
- Implémenter le RBAC au niveau de **Kubernetes**, du **cloud**, des **pipelines CI/CD** et des **registries**

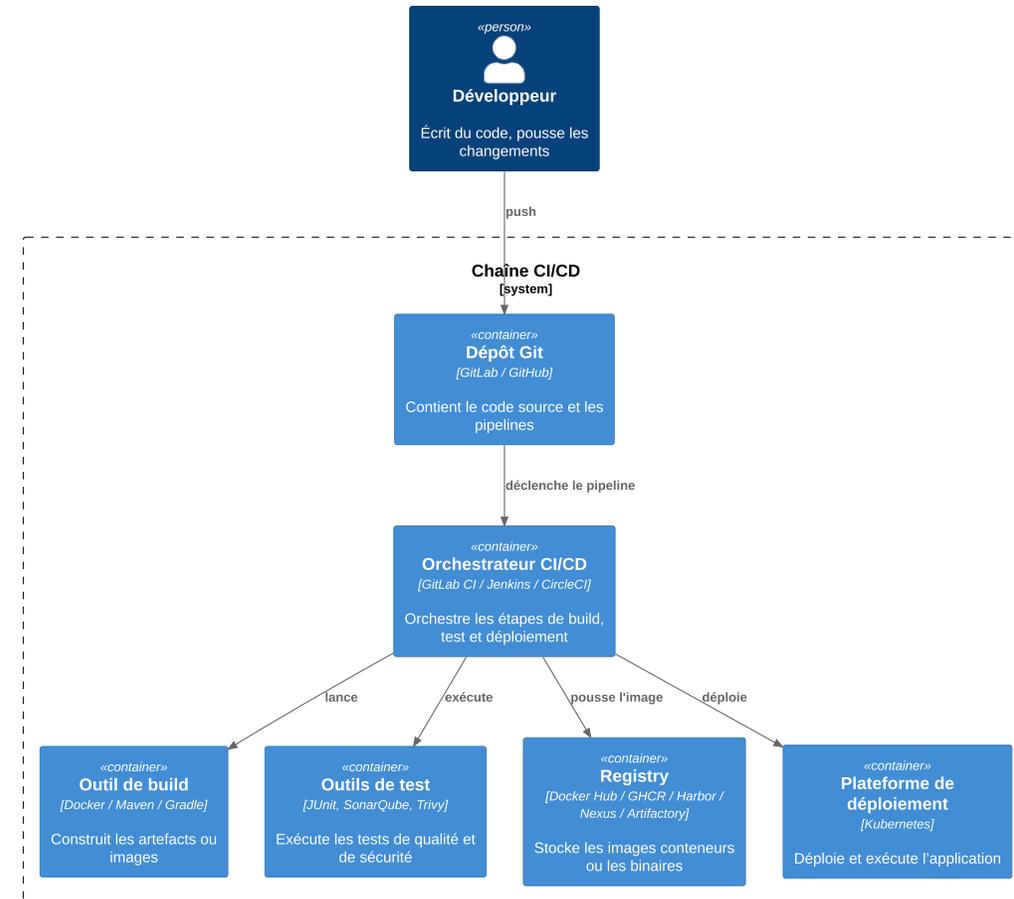
Exemple de RBAC dans Kubernetes

```
# Role : lecture des Pods dans un namespace
apiVersion: rbac.authorization.k8s.io/v1
kind: Role
metadata:
  namespace: mon-namespace
  name: lecture-pods
rules:
  - apiGroups: [""]
    resources: ["pods"]
    verbs: ["get", "list", "watch"]

# RoleBinding : association du rôle à un utilisateur
apiVersion: rbac.authorization.k8s.io/v1
kind: RoleBinding
metadata:
  name: liaison-lecture-pods
  namespace: mon-namespace
subjects:
  - kind: User
    name: alice
    apiGroup: rbac.authorization.k8s.io
roleRef:
  kind: Role
  name: lecture-pods
  apiGroup: rbac.authorization.k8s.io
```

2.5 La CI / CD

La CI/CD automatise la **construction, les tests et le déploiement** des applications, afin de **livrer plus vite, plus souvent, et avec plus de fiabilité**



⚙️ CI – Intégration Continue (*Continuous Integration*)

- **Construit** les livrables finaux selon les technologies et langages et via diverses opérations : **Compilation, Transpilation, Minification, Bundling, Optimisation, Obfuscation, Linkage, Packaging** (zip, image OCI, war, deb, msi, jar,..), etc.
- Automatiser les **tests à chaque modification du code**
- Peut intégrer des tests de performance
- ... et des **tests de sécurité**
- Détecter rapidement les régressions (**feedback rapide**)
- Analyse la qualité du code (Qualimétrie) : **inspection continue**
- Favoriser les **petites livraisons fréquentes**
- Exemples d'outils : GitLab CI, Jenkins, GitHub Actions, CircleCI, Drone

GitLab CI/CD en bref

 **GitLab CI/CD** = système d'intégration et de déploiement continu intégré à GitLab

- Exécute des **pipelines** dès qu'un commit/push/MR est effectué
- Décrit le pipeline dans un fichier `.gitlab-ci.yml` à la racine du dépôt
- Utilise des **jobs** parallélisables, organisés en **stages** (build, test, deploy...) en série
- Les scripts exécutés par les jobs sont simplement des commandes bash (simple et puissant)

 Fonctionne avec des **runners** auto-hébergés ou cloud. En général, les **jobs** sont exécutés sous la forme de **conteneurs** (beaucoup plus reproductible)

Exemple de pipeline GitLab CI simple

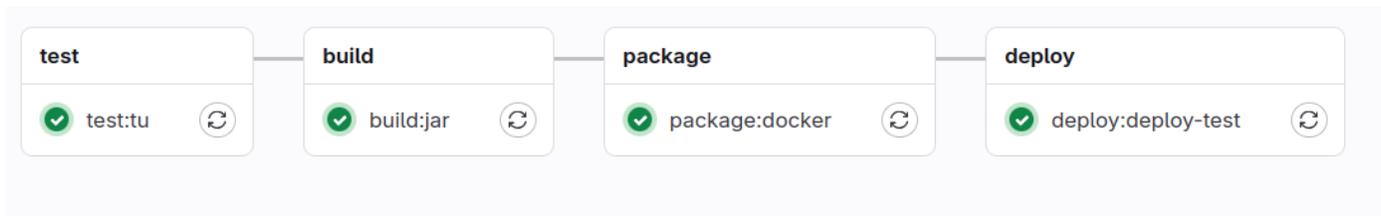
```
stages:
  - build
  - test
  - deploy

build-job:
  stage: build
  script:
    - echo "Compilation..."
    - make

test-job:
  stage: test
  script:
    - echo "Tests unitaires"
    - make test

deploy-job:
  stage: deploy
  script:
    - echo "Déploiement en staging"
    - ./deploy.sh
  only:
    - main
```

Un pipeline Gitlab-CI simple avec CD en test



Un pipeline Drone-CI simple avec CD en PROD

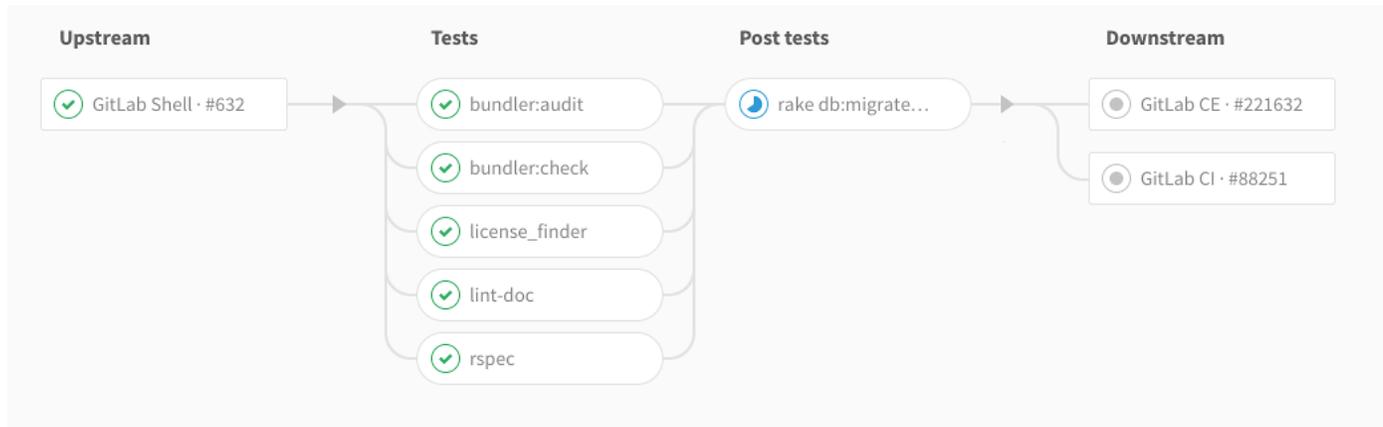
The screenshot displays the Drone-CD interface for a pipeline named 'site-perso'. The pipeline is currently running, and the 'clone' step is highlighted. The console logs show the following output:

```
1 Cloning with 0 retries
2 Initialized empty Git repository in /drone/src/.git/
3 + git fetch origin +refs/heads/main:
4 From https://git.florat.net/bflorat/site-perso
5 * branch      main      -> FETCH_HEAD
6 * [new branch] main      -> origin/main
7 + git checkout 73954d67035a393b4de63d0402f429bb7e2253d7 -b main
8 Switched to a new branch 'main'
9
```

The pipeline stages and steps are as follows:

PIPELINE STAGES	1 stage
default	01:00
clone	00:08
build_site	00:05
build_nginx_image	00:45
deploy_k8s	00:02

Un pipeline plus complexe avec parallélisation et pipeline downstream



Source : gitlab.com

⚙️ Jenkins : le vétéran de la CI/CD

- 🧑 Jenkins est un outil open-source d'intégration continue (CI)
- 🧱 Très modulaire, basé sur des **plugins** (plus de 1800 !)
- ⚙️ Pipelines décrits par un DSL (Domain Specific Language) basé sur Groovy
 - DSL déclaratif (plus simple, structuré) → `pipeline { ... }`
 - DSL scripté (plus flexible, moins lisible) → `node { ... }`
- 🌐 Déploiement sur serveur (local ou cloud), UI web
- 🛠️ Configuration possible par UI **ou via code (Jenkinsfile)**

💡 A moins d'être sur une CI-CD historique, préférer Gitlab-CI ou d'autres CI plus modernes pour éviter le plugin-hell (plugins instables et incompatibles) bien qu'il soit possible de coder des jobs en bash...

Exemple de Jenkinsfile simple (Déclaratif)

```
pipeline {
  agent any

  stages {
    stage('Build') {
      steps {
        echo 'Compilation du projet...'
        sh 'make'
      }
    }
    stage('Tests') {
      steps {
        echo 'Lancement des tests...'
        sh 'make test'
      }
    }
    stage('Déploiement') {
      when {
        branch 'main'
      }
      steps {
        echo 'Déploiement en production...'
        sh './deploy.sh'
      }
    }
  }
}
```

📄 La qualimétrie, exemple avec SonarQube



💡 Utilisez le **plugin Sonarlint** sur votre IDE pour améliorer votre code avant même d'être commité

CD – Déploiement Continu (*Continuous Delivery / Deployment*)

- **Continuous Delivery** : le code est toujours prêt à être déployé (déploiement manuel)
- **Continuous Deployment** : le code validé est déployé automatiquement (en environnement de test voire en production pour les organisations très matures)

Ajout de sécurité dans les pipelines CI/CD

L'intégration de la sécurité dans la chaîne CI/CD est un pilier de l'approche

DevSecOps

Elle permet de détecter les failles **tôt, automatiquement, et de manière répétable**

Analyse de code et dépendances

SAST (Static Application Security Testing)

- Analyse du **code source** avant l'exécution
- Détecte les failles connues (ex : injections, erreurs de logique)
- Exemple : SonarQube, Semgrep

DAST (Dynamic Application Security Testing)

- Analyse l'application en **exécution**, sans connaître le code
- Exemples : OWASP ZAP, Burp Suite

SCA (Software Component Analysis)

- Vérifient les CVEs dans les dépendances
- Exemples : **OWASP Dependency Check**, **npm audit**, **Trivy**, **Grype**, **Artifactory XRay**

Intégrité des artefacts : signature & attestation

Signatures de build

- Assurent que les images / artefacts **proviennent bien de votre pipeline**
- Permettent la **vérification en production** avant déploiement

Outils courants

- **cosign** : signature et vérification d'images conteneurs
- **Sigstore** : chaîne complète pour signer, publier et vérifier les artefacts

 Ajoute de la **traçabilité** et de la **confiance** à la chaîne logicielle

Sécuriser les artefacts : SBOM & provenance

SBOM (Software Bill of Materials)

- Liste exhaustive des composants d'une image ou d'un build
- Permet de retrouver facilement les dépendances, leurs versions et leurs licences **en production** (alors que le SCA ne s'applique que lors du build)
- Requis par certaines normes (ex : NIS2, ISO 27001, DORA, ...)

Provenance

- Informations sur **qui a construit quoi, quand, et avec quoi**
- Permet l'**auditabilité** complète du build

Outils : **Syft, DependencyTrack, CycloneDX,...**

Exemple de SBOM au format CycloneDX

```
{
  "bomFormat": "CycloneDX",
  "specVersion": "1.4",
  "version": 1,
  "components": [
    {
      "type": "library",
      "name": "spring-boot-starter-web",
      "version": "3.2.5",
      "licenses": [
        { "license": { "id": "Apache-2.0" } }
      ],
      "purl": "pkg:maven/org.springframework.boot/spring-boot-starter-web@3.2.5"
    },
    {
      "type": "library",
      "name": "log4j-api",
      "version": "2.23.1",
      "licenses": [
        { "license": { "id": "Apache-2.0" } }
      ],
      "purl": "pkg:maven/org.apache.logging.log4j/log4j-api@2.23.1"
    },
    ...
  ]
}
```

Exercice

Comment intégrer une analyse SCA d'un logiciel JavaScript dans un pipeline ?

Séance 3 – Marché du travail, métiers du DevSecOps, rôle de l'encadrant (1h20)

- 1 - Les principaux métiers de l'intégration
- 2 - De nouvelles exigences transverses
- 3 - La formation continue
- 4 - Sécurité, culture d'équipe, et responsabilité technique
- 5 - Ressources pour approfondir

3.1 Les principaux métiers de l'intégration

 Intégrateur applicatif

 Intégrateur d'exploitation / SysOps

 Site Reliability Engineer (SRE)

 Métier : Ingénieur DevOps

Métier : Intégrateur applicatif

 **Objectif principal** : Assurer que les dépendances sont compatibles, à jour et sûres

Activités principales

- Assemble les applications avec leurs dépendances :
Maven, npm, Gradle, PyPI, etc.
- Gère les conflits de version et maintient la **cohérence globale**
- Met en œuvre l'analyse de sécurité des composants (SCA)
- Maintient une **documentation claire et traçable**

 **Compétences clés** : outils de build, dépendances, sécurité logicielle, veille technologique

Métier : Intégrateur d'exploitation / SysOps

 **Objectif principal** : Assurer le bon fonctionnement quotidien des systèmes informatiques en environnement Cloud

 Le SysOps est l'évolution naturelle du SysAdmin dans un environnement cloud.

Activités principales

- Surveille et gère les systèmes, services et applications
- Résout les incidents et problèmes techniques au quotidien
- Met en œuvre les **mises à jour** et **correctifs**
- Code et exécute des opérations manuelles ou planifiées d'**Infrastructure as Code (IaC)**
- Gère les **sauvegardes** et les **restaurations**
- Collabore avec les équipes DEV pour planifier les déploiements
- Maintient la **documentation opérationnelle**

Métier : Site Reliability Engineer (SRE)

 **Objectif principal** : Améliorer la **fiabilité** des systèmes et applications grâce à des pratiques d'**ingénierie logicielle**

Activités principales

- Développe des outils de **supervision, alerting et automatisation**
- Fiabilise le SI via l'**Infrastructure as Code (IaC)**
- Configure les environnements pour assurer **robustesse et résilience**
- Conduit des **tests de résilience** (ex. : **chaos engineering**)
- Optimise les performances, réalise des **benchmarks**
- Propose aux équipes DevOps les **bonnes pratiques IaC** (et les documente)
- Rédige les **post-mortems** après incidents

Métier : Ingénieur DevOps/DevSecOps

 **Objectif principal** : Favoriser la collaboration entre les équipes **développement** et **exploitation** (SysOps, SRE...), pour **accélérer et fiabiliser** le cycle de développement et de déploiement logiciel

Activités principales

- Automatise les processus de **développement, tests et déploiement** (CI/CD)
- Écrit et maintient l'**Infrastructure as Code** (Terraform, Kubernetes, Ansible...)
- Aide les DEV à appliquer les bonnes pratiques infra et sécurité (souvent issues du SRE)
cloud-native, haute disponibilité, rejeux, résilience
- Met en place des démarches d'**amélioration continue**
- Participe à la **documentation technique et process**
- Intègre la **sécurité dans la CI/CD** (SAST, DAST, ...)

Comparatif des rôles liés à l'intégration et à l'exploitation

Rôle	Objectif principal	Proximité Devs	Posture
Intégrateur applicatif	Assurer la compatibilité et la sécurité des dépendances	+++	Proactif
SysOps	Garantir le fonctionnement quotidien des systèmes	+	Réactif
DevOps / DevSecOps	Fluidifier et sécuriser le cycle Dev / Ops	++	Proactif ++
SRE	Améliorer la fiabilité via l'ingénierie logicielle	+	Proactif +++

Compétences clés pour devenir DevOps

Compétences techniques indicatives

- **Langages de programmation** : Python, Go, Bash
- **Systemes d'exploitation** : Linux, Windows
- **Conteneurisation & Orchestration** : Docker, Kubernetes
- **Gestion de configuration** : Ansible, Puppet, Chef
- **CI/CD** : GitLab CI, Jenkins, ArgoCD, ...
- **Infrastructure as Code** : Terraform, CloudFormation, Vagrant
- **Cloud** : AWS, OVH Public Cloud, Azure, GCP, ...
- **Surveillance & Logs** : Prometheus, Grafana, ELK Stack

 Prêt à démarrer ?

Guide des technologies à connaître pour devenir DevOps :

 <https://roadmap.sh/devops>

Compétences humaines

- Communication & collaboration
- Résolution de problèmes
- Adaptabilité
- Culture DevOps & mindset agile

En résumé

- L'intégrateur applicatif agit en amont, sur la qualité des dépendances
- Le **SysOps** assure la **continuité de service** au quotidien dans le cloud
- Le **DevOps/DevSecOps** crée les **ponts et les automatismes** entre Devs et Ops
- Le **SRE** agit en **ingénieur de la fiabilité**, avec des outils et une culture de production avancée

Des métiers en pleine croissance

Non délocalisables

-  Développeurs parfois remplacés par l'IA, des progiciels ou du SaaS
-  Sysadmins souvent remplacés par des solutions cloud

mais:

 **SysOps / DevOps / SRE** : essentiels à la fiabilité

 **Multi-rôles recherchés** → Développement, automatisation, infra, observabilité

3.2 Nouvelles exigences transverses

Les organisations modernes doivent intégrer de nouvelles préoccupations **dès la conception et dans tous les métiers du cycle de vie logiciel.**

En tant que futur encadrant, vous serez également responsable :

- De la **maîtrise des coûts**
- De la **qualité de l'observabilité** et de sa **conformité réglementaire**
- Des **arbitrages** entre **sécurité, performance** et **vie privée**
- De l'**impact environnemental** des pratiques techniques (**écoconception**)

 L'objectif est de concevoir des systèmes à la fois **robustes, responsables** et **durables**.

FinOps – Optimisation des coûts cloud

- Suivi et **pilotage des dépenses cloud** par les équipes techniques
- Budgétisation, alertes, accountability, optimisation multi-cloud
- Collaboration Dev + Finances + Ops

Intérêt économique des tests et de la CI/CD

Le coût d'un bug augmente **exponentiellement** avec le temps

- Plus un défaut est détecté **tard**, plus il coûte cher à corriger :
 - 25€ en phase de dev
 - 2500€ ou + en production
- Les boucles longues favorisent l'accumulation de dette technique invisible

Règle d'or : la **rétroaction rapide**

 "**10 minutes max**" : temps idéal pour un retour complet dans un pipeline

 Objectif :

- Identifier les erreurs **immédiatement après le commit**
- Corriger à chaud → développeur encore “dans le flow”
- Réduire les context switches, les bugs en prod, et la frustration

 Une CI/CD bien conçue = investissement qui **diminue les coûts cachés**

💰 Coût d'un bug avec la phase du projet

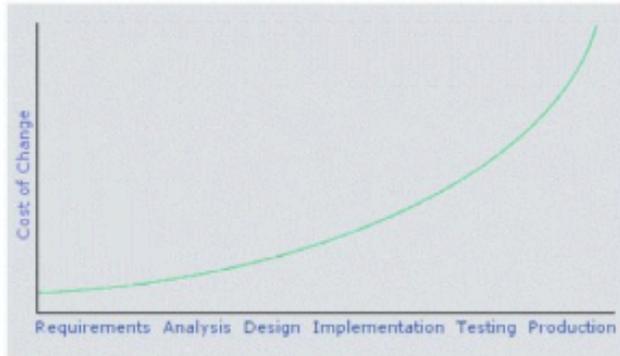


Fig. 4. The cost of change rising exponentially over time (Beck [1999])



Applied Software Measurement, Capers Jones, 1996
Building Security into The Software Life Cycle, Marco M. Morana, 2006

Règle des 10 mins max : boucle de rétroaction maximale pour un pipeline



Source : Code complete, 2nd edition, by Steve McConnell

Éthique de l'observabilité

“Ce que l'on mesure et stocke doit être justifié, maîtrisé et proportionné.”

- Les **logs** contiennent souvent des **données personnelles** (IP, identifiants, comportements)
- Le **RGPD** impose une **justification claire**, une **durée de conservation limitée**, et un **usage proportionné**
- L'**observabilité** doit soutenir le **bon fonctionnement** du système, **sans surveillance excessive**
- **Journaliser uniquement** ce qui est **utile** à la supervision ou à l'analyse post-mortem
- **Éviter** les logs contenant des **données sensibles** ou **nominatives**
- Mettre en place des **politiques de rétention** et de **rotation des journaux**
- **Restreindre l'accès** aux journaux et **auditer** leur consultation

GreenOps – Réduction de l’empreinte environnementale

- Réduction de la **consommation énergétique des services IT**
- Optimisation des ressources (CPU, stockage, cloud idle, etc.)
- Sensibilisation à la **sobriété numérique**

Le rôle de l’encadrant inclut également une **responsabilité environnementale** :

- **Réduire** les volumes de **logs, métriques** et **traces** à l’essentiel
- **Limiter la durée de conservation** des données de monitoring et sauvegardes
- **Éviter la redondance fonctionnelle** entre outils
- **Favoriser des solutions sobres** en énergie et en ressources

3.3 La Formation continue

 Dans le monde du DevSecOps, les technologies évoluent encore plus vite que dans le domaine du code. Des formations régulières sont indispensables. Prévoir *a minima* des **MOOCs** (Udemy, Coursera, edX...) réguliers.

Certifications clés dans le cloud, le DevOps et la sécurité

De nombreuses certifications permettent de **valoriser ses compétences techniques**

et de se spécialiser selon son profil : Cloud, Infrastructure, Sécurité ou DevSecOps.

Cloud & Infrastructure

- **AWS Certified Solutions Architect / DevOps Engineer**
- **CKA** (Certified Kubernetes Administrator)
 - Pour administrer et gérer des clusters Kubernetes en production
- **CKAD** (Certified Kubernetes Application Developer)
 - Pour concevoir et déployer des applications sur Kubernetes
- **Terraform Associate** (HashiCorp Certified)

Sécurité

- Formations de l'**ANSSI** comme la formation **ESSI** "Expert en Sécurité des systèmes d'information" ouverte aux organisations vitales pour la nation.
- **CISSP** (Certified Information Systems Security Professional) – niveau expert
- **CEH** (Certified Ethical Hacker) – sécurité offensive

DevSecOps

- **DevSecOps Foundation** (DevOps Institute)
- **Practical DevSecOps** – plus technique, orienté pipelines CI/CD

S'auto-évaluer sur la sécurité

Forces possibles :

- Connaissance des failles classiques (OWASP top 10...)
- Capacité à auditer du code ou des configurations
- Sensibilisation aux enjeux RGPD, traçabilité, logs

Lacunes fréquentes :

- Sécurité réseau ou infrastructure (TLS, firewalls, cloud IAM)
- CI/CD sécurisé, gestion des secrets
- Modélisation des menaces, tests d'intrusion, audit

3.4 Sécurité, culture d'équipe, et responsabilité technique

Aujourd'hui, un encadrant technique ne peut plus ignorer la **sécurité**

Elle se construit dans la **culture d'équipe** et les **choix technologiques**

Gouvernance de la sécurité dans l'équipe

- Clarifier les responsabilités : **qui fait quoi en sécurité ?**
- Mettre en place des **rituels sécurité** : revue de code, threat modeling, revue des exceptions CVE, ...
- **Anticiper les risques humains** : erreurs, négligence, turnover
- Être le garant des **bonnes pratiques** (pas le pompier)

Rôles dans l'équipe

- **Développeurs** : appliquent les bonnes pratiques de codage sécurisé
- **DevOps / SRE** : gèrent la sécurité infra, secrets, CI/CD
- **Encadrant / Tech Lead** : impulse la direction, arbitre les choix
- **Product Owner** : comprend les enjeux sécurité liés au métier

Choix technologiques orientés sécurité

- Frameworks avec protections intégrées (CSRF, XSS, injections...)
- Authentification et chiffrement dès la conception
- Traçabilité : surveillance, logs, audit trail
- Choix d'outils maintenus, documentés, et **audités**

Culture sécurité by design

- Sécurité = qualité → **intégrée dès le départ** (« Shift to the Left »)
- **User stories** incluant sécurité (ex : rôles, gestion des données sensibles)
- Vérifications automatiques SAST/DAST/SCA dans **CI/CD**
- **Formation continue** : Capture The Flag (CTF) internes, katas sécurité (cas d'école à corriger), analyse de post-mortems, ...



Sécurité au quotidien

- Exemples de **rituels** :
 - Atelier “**Sécurité du mois**” (présentation d'un problème de PROD par exemple)
 - Focus sécurité en **rétrospective**
 - **Mini audits en peer review**
- Montrer l'exemple : **ne jamais merger un code douteux**, même sous pression

Posture de l'encadrant responsable

- Cultiver un climat de confiance : “on peut parler de faille sans crainte”, **blameless**.
- Rendre la sécurité **visible** : KPIs, alertes, dashboards
- Défendre les **chantiers sécurité/dette technique** face aux priorités business
- **Valoriser les efforts invisibles** autour de la sécurité

3.5 Ressources pour approfondir

- [OWASP.org](https://www.owasp.org) : Top 10, Cheat Sheets, outils de test
- [DevSecOps.org](https://www.devsecops.org) : principes, pratiques, retours terrain
- [CNCF Security TAG](https://www.cncf.io/security-tag/) : bonnes pratiques cloud native
- [HackTricks](https://www.hacktricks.com) : encyclopédie sécurité offensive/défensive
- Cybrary, Root Me, TryHackMe... : entraînement pratique (CTF, labs)