RAPPORT DE PROJET

MONITORING D'UNE APPLICATION WEB AVEC PROMETHEUS & GRAFANA

Prepared By :
Dabo Ali

Prepared For:
DR DIOMANDE

06/18/2025

Contents

RÉSUMÉ EXÉCUTIF DU PROJET

Ce projet vise à mettre en place une solution professionnelle de supervision d'une application web à l'aide de **Prometheus** et **Grafana**. L'objectif est de permettre la collecte, la visualisation et l'alerte en temps réel sur les métriques applicatives et système, tout en facilitant l'exploitation et la maintenance grâce à des outils modernes et open source. La solution est entièrement **dockerisée** pour assurer une reproductibilité et une facilité de déploiement maximales.

OBJECTIFS DU PROJET

Les objectifs principaux de ce projet sont les suivants :

- Mettre en place un **monitoring complet** d'une application web (Flask) en collectant des métriques applicatives, système et de conteneurs.
- Visualiser les données en temps réel via des **dashboards Grafana** dynamiques et personnalisés.
- Détecter et alerter sur les anomalies de performance ou d'erreur via **Alertmanager**.
- Fournir une **architecture reproductible** et facilement déployable grâce à **Docker Compose**.
- Simuler des scénarios de charge et d'erreur pour valider l'efficacité du système de monitoring.

CHOIX TECHNIQUES

Le succès de ce projet repose sur la sélection et l'intégration judicieuse des technologies suivantes :

Langage principal : **Python** (avec le framework Flask) pour l'application web à monitorer.

Monitoring:

Prometheus: Utilisé pour le **scraping**, le stockage des séries temporelles et l'évaluation des règles d'alerte.

Node Exporter : Collecte des métriques système (CPU, mémoire, disque, réseau) de la machine hôte.

cAdvisor: Collecte des métriques d'utilisation des ressources des conteneurs Docker.

Visualisation : **Grafana** (dashboards dynamiques, explorations, alerting).

Orchestration: **Docker Compose** pour définir et exécuter l'application et tous les services de monitoring dans des conteneurs isolés et connectés.

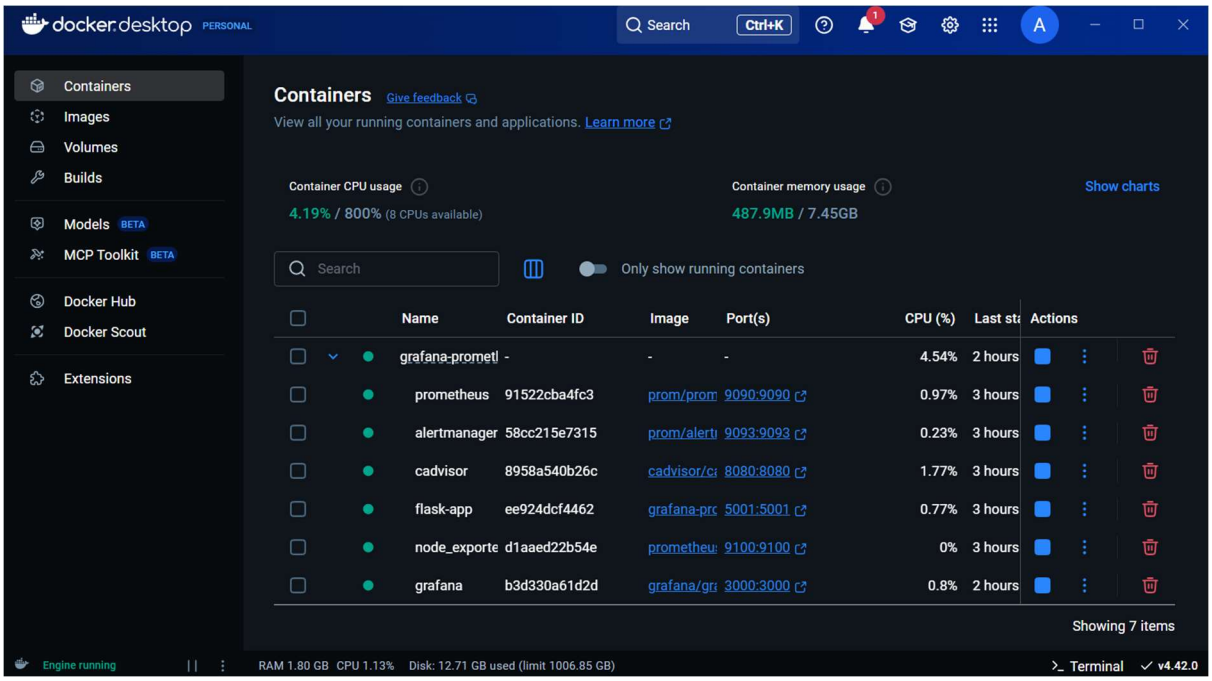
Alerting: **Alertmanager** (gestion des alertes, déduplication, regroupement et routage vers des récepteurs comme Slack ou des webhooks).

Gestion des secrets: Utilisation d'un fichier *.env* pour la gestion des variables d'environnement sensibles (ex: `PROMETHEUS_HEX`).

Système d'exploitation cible: Windows 10/11, compatible Linux (via les scripts de démarrage).

Autres outils: *gunicorn* pour un serveur WSGI de production, *psutil* pour des métriques système fines dans l'application Flask, *requests* pour les tests de charge.

ESPACE POUR CAPTURE D'ÉCRAN DE LA STACK DOCKER



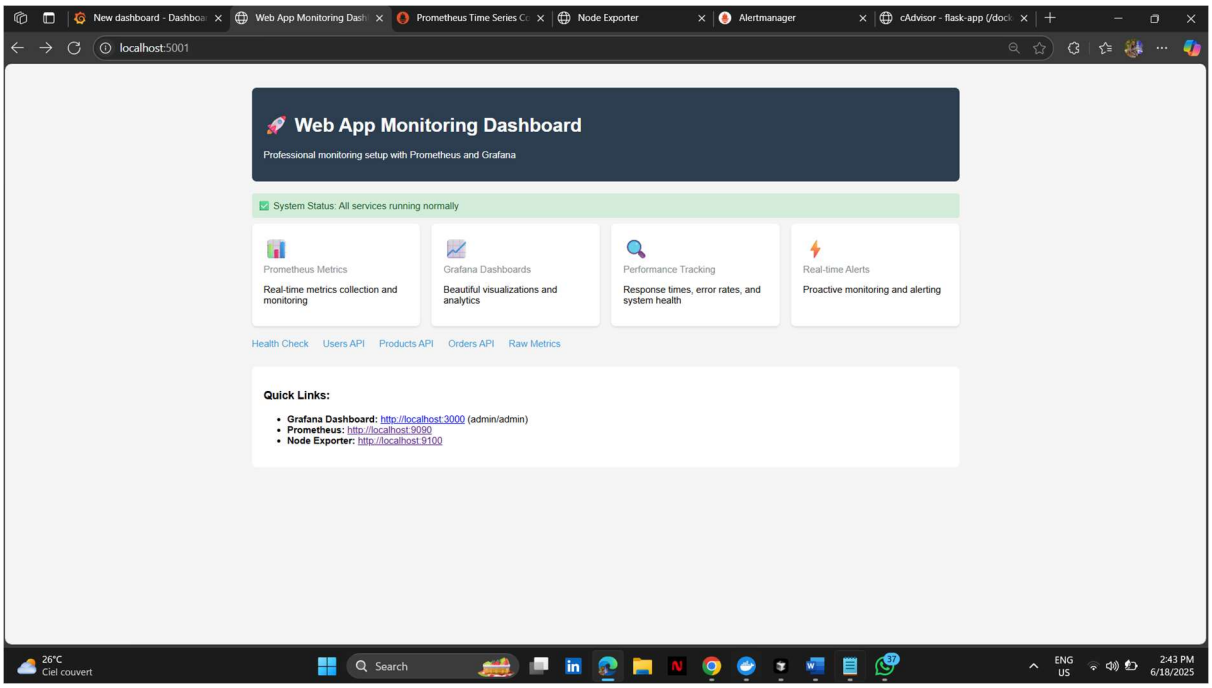
ARCHITECTURE DE LA SOLUTION

L'architecture de la solution est conçue pour être modulaire, robuste et facile à déployer, s'appuyant fortement sur la conteneurisation.

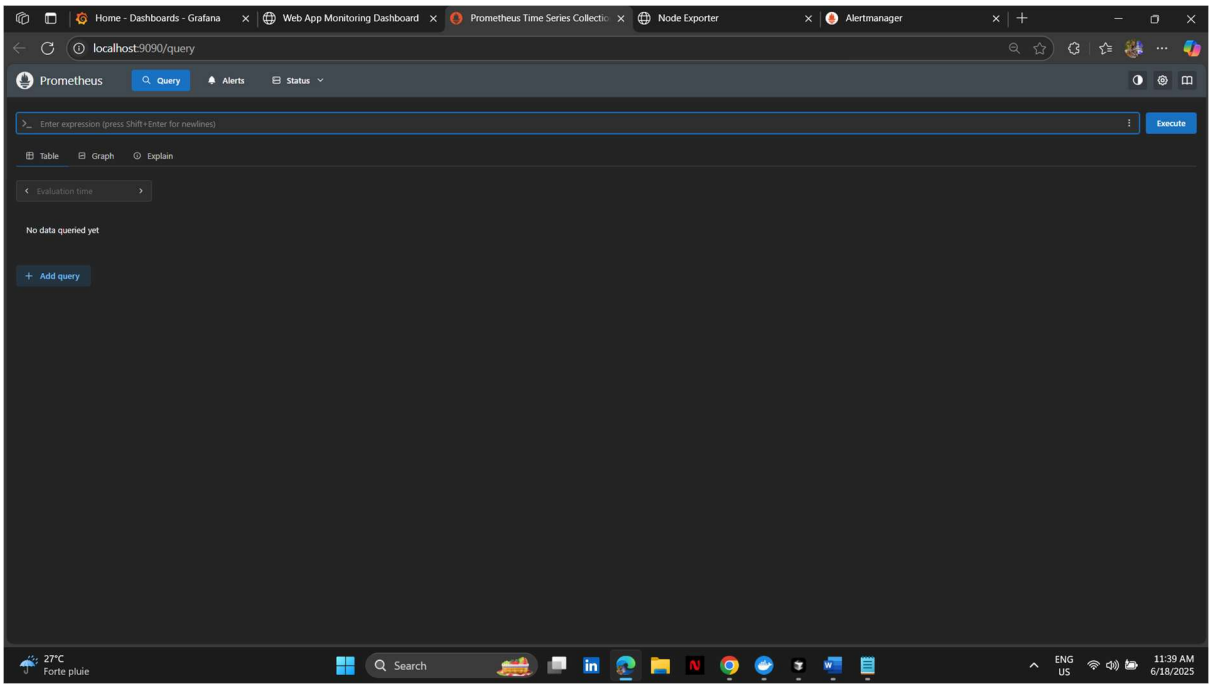
Schéma Général

Description Détaillée

1. **Application Flask**: Notre application web est le service principal à monitorer. Elle expose un endpoint `/metrics` compatible Prometheus, instrumenté pour collecter des données sur le taux de requêtes, la latence, les erreurs, l'utilisation CPU/mémoire et les requêtes actives. L'application Flask (Web App Monitoring Dashboard).



2. **Prometheus**: C'est le cœur du système de monitoring. Lui-même (Prometheus Time Series Collection and Processing Server) pour sa propre santé. Il stocke ces données et évalue les règles d'alerte définies dans *prometheus-rules.yml*.

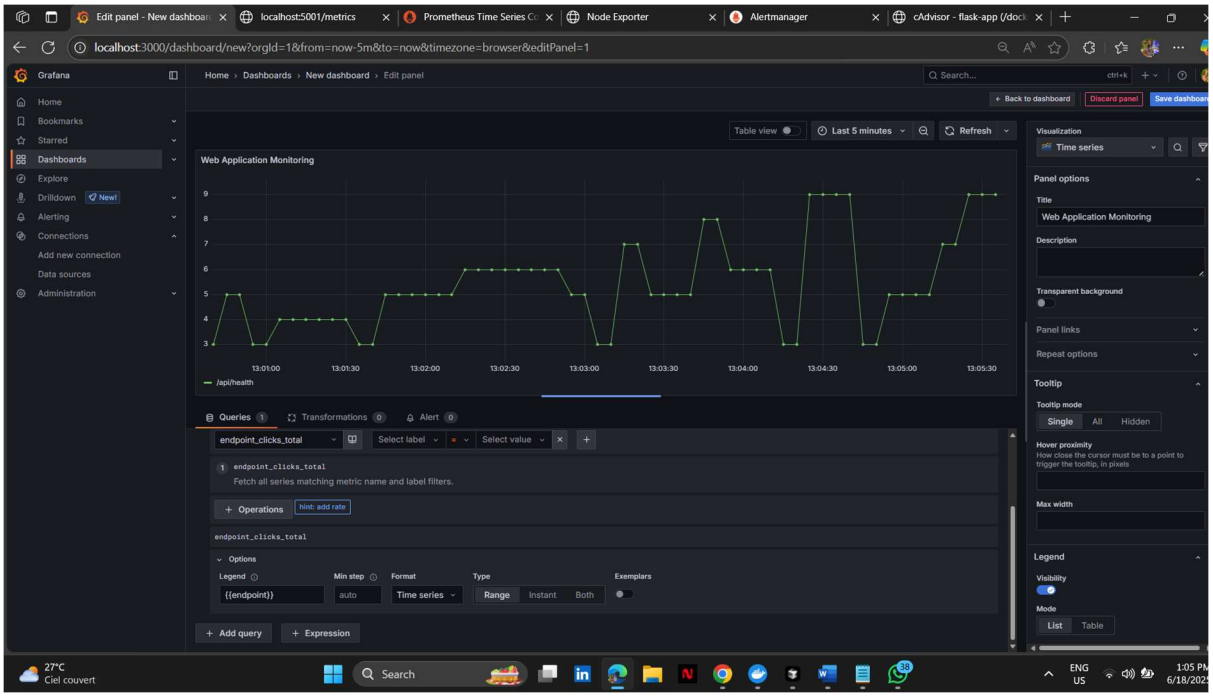


Prometheus est configuré pour **scraper** les métriques de :

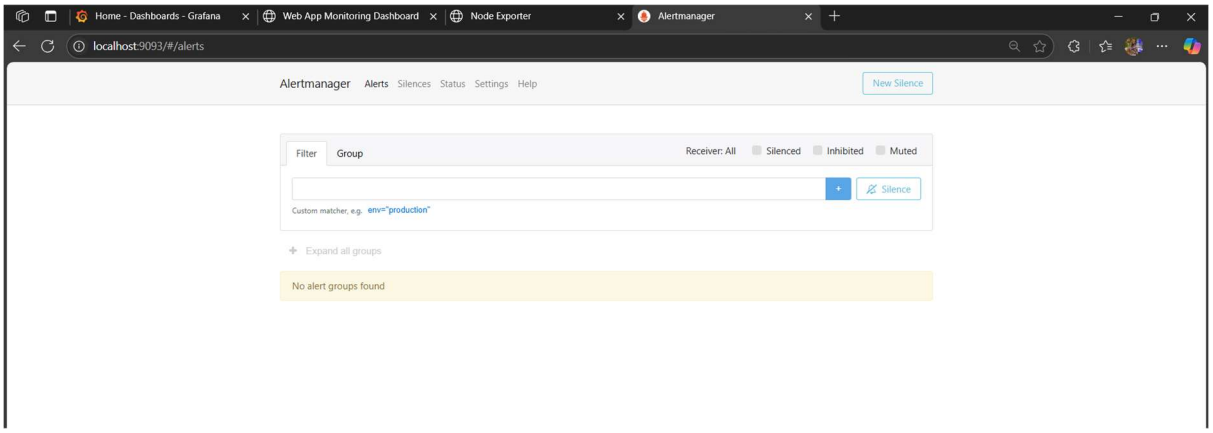
Node Exporter (Node Exporter) pour les métriques système de la machine hôte.

cAdvisor (cAdvisor - /) pour les métriques d'utilisation des ressources des conteneurs Docker.

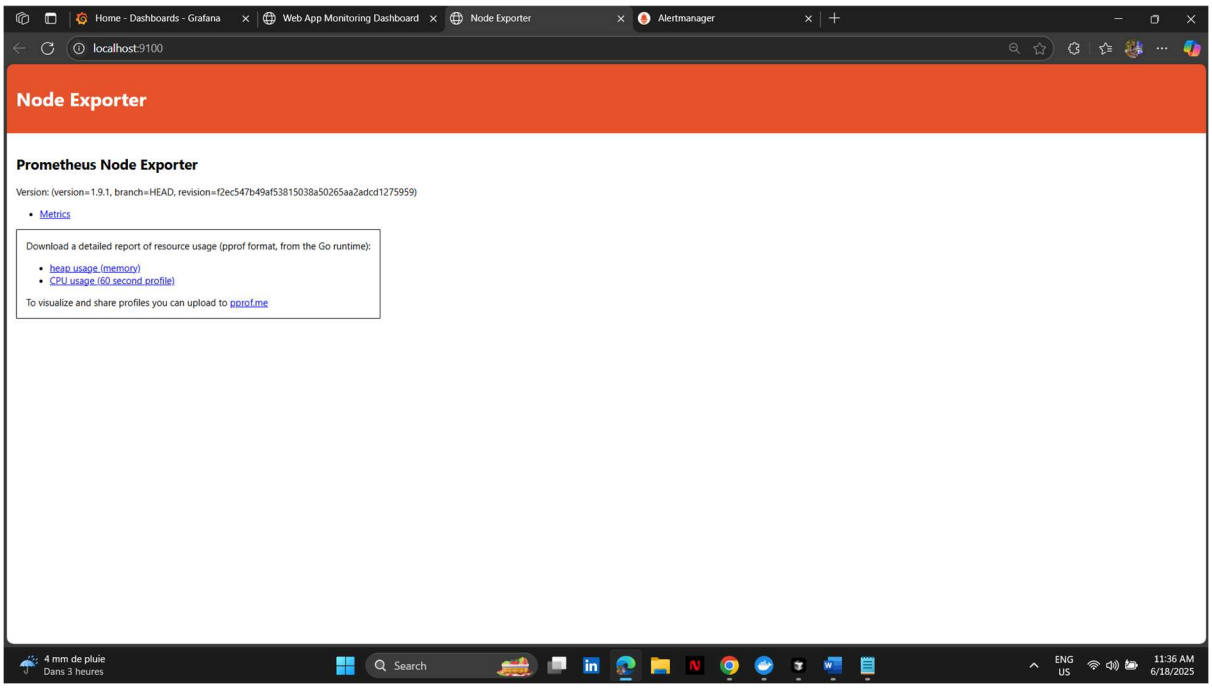
3. **Grafana**: Se connecte à Prometheus en tant que source de données. Il est utilisé pour créer des **tableaux de bord dynamiques** qui visualisent les métriques collectées en temps réel. Le provisioning automatique via *datasources/datasource.yml* et *dashboards/dashboard.yml* assure que Grafana est prêt à l'emploi avec un dashboard prédéfini (web-app-dashboard.json).



4. **Alertmanager** : Reçoit les alertes de Prometheus, les déduplique, les regroupe et les achemine vers les récepteurs configurés (ex: Slack, webhooks), selon les règles définies dans *alertmanager.yml.*



5. **Node Exporter**: Un agent léger qui expose des métriques système de la machine hôte.



6. **cAdvisor** : Un agent qui collecte et agrège les métriques d'utilisation des ressources (CPU, mémoire, réseau, système de fichiers) de tous les conteneurs Docker en cours d'exécution.

7. Docker Compose: Orchestre tous ces services. Le fichier *docker-compose.yml* définit chaque service, ses dépendances, ses volumes persistants (pour Prometheus et Grafana afin de conserver les données), et son réseau dédié `monitoring-network` pour une communication interne sécurisée

Configuration des fichiers clés

docker-compose.yml: Définit les services (prometheus, alertmanager, grafana, flask-app, node_exporter, cadvisor), leurs images Docker, les ports exposés, les volumes persistants et le réseau.

prometheus.yml :Contient la configuration globale de Prometheus et les **scrape_configs** pour découvrir les cibles de monitoring.

prometheus-rules.yml : Définit les règles d'alerte basées sur PromQL, avec des seuils et des périodes de déclenchement.

alertmanager.yml : Configure les routes d'alerte et les récepteurs (ex: Slack).

grafana/provisioning/datasources/datasource.yml : Configure automatiquement Prometheus comme source de données dans Grafana.

grafana/provisioning/dashboards/dashboard.yml et grafana/provisioning/dashboards/web-app-dashboard.json : Gèrent le provisioning automatique des dashboards Grafana.

ÉTAPES DE RÉALISATION

Le projet a été mené à bien à travers les étapes suivantes :

Initialisation du projet et création du dépôt Git : Mise en place de la structure de base du projet et gestion de version.

Développement de l'application Flask instrumentée avec Prometheus :

- Création de l'application web *app.py* avec des endpoints d'API (utilisateurs, produits, commandes, santé).
- Intégration de la bibliothèque *prometheus_client* pour exposer des métriques personnalisées (taux de requêtes, latence, erreurs) et système (CPU, mémoire).
- Ajout de fonctionnalités pour simuler des erreurs */api/error* et des latences */api/slow* afin de tester le système d'alerte.

Rédaction des Dockerfile et `docker-compose.yml :

- Création du *Dockerfile* pour l'application Flask, assurant une image légère et sécurisée (utilisateur non-root).
- Élaboration du *docker-compose.yml* pour orchestrer tous les services (Flask, Prometheus, Grafana, Alertmanager, Node Exporter, cAdvisor) avec leurs configurations, volumes et réseau dédié.

Configuration de Prometheus:

- Création du fichier *prometheus.yml* pour définir les cibles de **scraping** (Flask, Node Exporter, cAdvisor, Prometheus lui-même).
- Définition des règles d'alerte dans *prometheus-rules.yml* (ex: *HighErrorRate*, *HighLatency*, *HighCPULoad*).

Provisioning automatique de Grafana :

- Configuration des fichiers *datasources/datasource.yml* pour ajouter Prometheus comme source de données.
- Mise en place des fichiers *dashboards/dashboard.yml* et *web-app-dashboard.json* pour charger automatiquement un dashboard de monitoring complet au démarrage de Grafana.

Mise en place de l'Alertmanager:

- Création du fichier *alertmanager.yml* pour définir les récepteurs (webhook générique pour Slack ou autres) et les routes d'alerte.

Tests de charge et simulation d'erreurs:

- Développement d'un script *load-test.py* pour générer du trafic sur l'application web et simuler des conditions réelles.
- Utilisation des endpoints */api/error* et */api/slow* pour déclencher manuellement les alertes et vérifier leur bon fonctionnement.

Documentation et scripts de démarrage multiplateforme:

- Rédaction d'un fichier *README.md* détaillé.
- Création de scripts de démarrage *start.sh* (Linux/Mac) et *start.bat* (Windows) pour simplifier le déploiement et inclure des vérifications de santé.
- Mise en place d'un fichier *gitignor`* pour exclure les fichiers sensibles et temporaires.

RÉSULTATS OBTENUS

Les résultats obtenus démontrent la réussite du projet dans la mise en œuvre d'une solution de monitoring complète et fonctionnelle :

Supervision en temps réel: Capacité à suivre en direct la performance et la santé de l'application Flask et de l'infrastructure sous-jacente (CPU, mémoire, Docker).

Dashboards Grafana dynamiques et personnalisés: Visualisation claire et intuitive des métriques clés (taux de requêtes, latence, erreurs, utilisation des ressources) à travers un tableau de bord pré-configuré, facilitant l'identification rapide des tendances et des anomalies.

Alertes automatiques et proactives: Déclenchement fiable des alertes sur des événements critiques (taux d'erreur élevé, lenteur des réponses, saturation CPU/mémoire) grâce à Prometheus et Alertmanager, permettant une intervention rapide.

Déploiement reproductible et simplifié : L'ensemble de la stack est conteneurisée et orchestrée via Docker Compose, permettant un déploiement rapide et identique sur n'importe quelle machine compatible Docker. Les scripts *start.sh* et *start.bat* facilitent grandement le démarrage.

Validation des alertes: Le script *load-test.py* a permis de simuler du trafic et de valider que les alertes se déclenchent correctement lorsque les seuils sont atteints.

Accessibilité: Tous les services sont accessibles via des URLs locales dédiées :

- Grafana Dashboard: `http://localhost:3000` (admin/admin)
- Prometheus: `http://localhost:9090`
- Alertmanager: `http://localhost:9093`
- Web Application: `http://localhost:5001`
- cAdvisor : `http://localhost:8080`
- node exporter: `http://localhost:9100`

DIFFICULTÉS RENCONTRÉES ET SOLUTIONS

Au cours de la réalisation de ce projet, plusieurs défis techniques ont été rencontrés et surmontés :

Problème d'encodage du fichier *.env* sous Windows:

- **Problème**: Les fichiers *.env* générés automatiquement sous Windows pouvaient avoir des problèmes d'encodage (ex: BOM) ce qui rendait la lecture des variables d'environnement difficile pour les applications conteneurisées.
- **Solution**: Le script `start.bat` a été ajusté pour forcer l'encodage ASCII ou UTF-8 sans BOM lors de la création du fichier *.env*, assurant une compatibilité multiplateforme.

-

Erreur de configuration Prometheus (scrape_timeout > scrape_interval) :

- **Problème**: Une configuration initiale où le `scrape_timeout` de Prometheus était supérieur ou égal au `scrape_interval` pouvait entraîner des comportements inattendus ou des alertes erronées.
- **Solution**: Ajustement minutieux des intervalles et des délais (*scrape_interval, scrape_timeout*) dans pr*ometheus.yml* pour garantir une collecte de métriques cohérente et éviter les faux positifs.

Dépendances Python manquantes ou incorrectes dans le Dockerfile:

- Problème: Omission de certaines bibliothèques (*psutil*, *gunicorn*) ou versions incompatibles dans *requirements.txt* lors de la construction de l'image Docker de l'application Flask.
- **Solution**: Révision et mise à jour rigoureuse du fichier *requirements.txt* pour inclure toutes les dépendances nécessaires et spécifier des versions compatibles, suivie d'une reconstruction de l'image Docker.

Simulation de charge sous Windows sans *openssl* pour la clé de *l'API*:

- **Problème**: La génération d'une clé d'API hexadécimale pour le fichier *.env* via *openssl* n'était pas nativement disponible sous Windows.
- **Solution**: Adaptation du script `start.bat` pour utiliser des commandes PowerShell alternatives *([System.Convert]::ToHexString((Get-Random -Count 10 -Maximum 256 | ForEach-Object { [byte]$_ }))*) pour générer une clé sécurisée et aléatoire.

Problèmes de permissions pour les volumes Docker:

- **Problème**: Des erreurs d'accès aux volumes persistants de Prometheus et Grafana sous Linux ou Docker Desktop (Windows/Mac) en raison de problèmes de permissions de fichiers.
- **Solution**: S'assurer que les utilisateurs au sein des conteneurs (ex: *prometheus*, *grafana*) ont les permissions nécessaires sur les dossiers montés, ou utiliser des options de volume Docker qui gèrent automatiquement les permissions (*:z* ou *:Z* pour SELinux, ou s'assurer que les UIDs/GIDs correspondent).

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Ce projet a permis de mettre en œuvre une stack de monitoring professionnelle, facilement déployable et extensible, offrant une visibilité complète sur la performance et la santé d'une application web et de son infrastructure conteneurisée. Les outils open source utilisés (Prometheus, Grafana, Docker) offrent une grande flexibilité et une forte valeur ajoutée pour la supervision d'applications modernes.

L'architecture robuste et la facilité de déploiement via Docker Compose en font une base solide pour de futurs développements.

Perspectives

Intégration d'un pipeline CI/CD pour le déploiement automatisé: Automatiser le build des images Docker, le déploiement de la stack et la mise à jour des configurations via des outils comme Jenkins, GitLab CI/CD ou GitHub Actions.

Ajout de notifications vers d'autres canaux: Étendre les récepteurs d'Alertmanager pour inclure Teams, email, PagerDuty, ou SMS, afin d'adapter les notifications aux préférences des équipes.

Extension à la supervision multi-applications ou microservices: Adapter la configuration de Prometheus pour **scraper** plusieurs applications Flask ou des microservices différents, gérés par un seul tableau de bord Grafana.

Déploiement sur le cloud (AWS, Azure, GCP) avec Kubernetes : Migrer la stack Docker Compose vers une orchestration plus avancée avec Kubernetes pour une gestion de la haute disponibilité, de l'auto-scaling et du déploiement à l'échelle de production.

Intégration de Loki pour la gestion des logs: Ajouter Loki (avec Promtail) à la stack pour une collecte centralisée des logs, permettant de corréler les métriques et les logs pour un débogage plus efficace.

Annexes :

Lien vers le dépôt GitHub

Manuel d'installation

Guide d'utilisation

Fichiers joints au rapport :

Code source (archive ZIP)

Présentation PowerPoint

Journal de bord du projet (PDF)

Ce document constitue le rapport final du projet réalisé dans le cadre du cours CloudOps. Tous les éléments techniques décrits sont opérationnels et testés.