

UNIVERSITE DE YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

ECOLE NATIONALE SUPERIEURE  
POLYTECHNIQUE DE YAOUNDE

\*\*\*\*\*

DEPARTEMENT DE GENIE  
INFORMATQUE

\*\*\*\*\*

ARTS ET HUMANITES NUMERIQUES

UNIVERSITY OF YAOUNDE I

\*\*\*\*\*

NATIONAL ADVANCED SCHOOL  
OF ENGINEERING OF YAOUNDE

\*\*\*\*\*

DEPARTMENT OF COMPUTER  
SCIENCE

\*\*\*\*\*

ARTS AND DIGITAL HUMANITIES



## UE : OS ET VIRTUALISATION

### RAPPORT PROJET : MISE EN PLACE D'UN PIPELINE CI/CD

**NOMS DES EXPOSANTS : FILIERE CYBERSECURITE ET INVESTIGATION  
NUMERIQUE ET MANAGEMENT DES SYSTEMES D'INFORMATION 5**

NOMS ET PRENOMS	MATRICULE
ZOO ZAME NELLY JESSICA	20P039
TOMI OLAMA GABRIELLE SOLANGE	21P643
MINKOULOU ABE ALEXANDRE PATRICK	21P598
DJEUMI NOUBET STEVE THIERRY	20P023

**Coordonnateur : M. DJOB MVONDO THYSTERE BARBE**

**Année académique : 2025-2026**

## **SOMMAIRE**

INTRODUCTION.....	3
I- PRÉSENTATION DES OUTILS .....	4
II- MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE.....	4
III- MISE EN ŒUVRE.....	5
Étape 1 : Installation et vérification des outils .....	5
Étape 2 : Préparation du dossier de travail .....	5
Étape 3 : créer le dépôt pour notre projet CI/CD .....	5
Étape 4 : Test rapide (important).....	6
Étape 5 : Créer la mini API .....	7
Étape 6 : Ajout des tests automatiques (CI) .....	10
Étape7 : Containerisation avec docker .....	13
Étape8 : Déploiement continu (cd) - déploiement sur railway.....	17
CONCLUSION DU RAPPORT .....	20
CONCLUSION GÉNÉRALE .....	20
RAPPEL DES ÉTAPES CLÉS ET RÉALISATIONS .....	21
APPRENTISSAGES PRINCIPAUX ET DIFFICULTÉS SURMONTÉES .....	22
BILAN ET PERSPECTIVES.....	23
RÉFÉRENCES ET LIENS DU PROJET : .....	24

## **INTRODUCTION**

Dans le développement logiciel moderne, la rapidité de livraison et la qualité du code sont devenues des exigences majeures. Les approches traditionnelles, reposant sur des tests manuels et des déploiements ponctuels, sont aujourd'hui insuffisantes face à la complexité croissante des systèmes informatiques.

Le CI/CD (Continuous Integration / Continuous Deployment) est une approche DevOps qui vise à automatiser l'intégration du code, les tests et le déploiement.

Ce projet s'inscrit dans cette dynamique et a pour objectif de concevoir une chaîne CI/CD autour d'une petite API développée en Python.

L'objectif principal est de permettre à toute modification du code source de déclencher automatiquement :

- L'installation de l'environnement,
- L'exécution des tests,
- Et la préparation au déploiement.

## I- PRÉSENTATION DES OUTILS

Les outils utilisés sont :

- **Python** : langage de programmation principal.
- **Flask** : micro-framework pour le développement de l'API.
- **Pytest** : framework de tests unitaires.
- **Git** : gestion de versions.
- **GitHub** : hébergement du dépôt.
- **GitHub Actions** : automatisation CI.
- **Docker** : conteneurisation de l'application.
- **Windows** : système d'exploitation utilisé pour l'environnement de développement.
- **Railway** : hébergement cloud

## II- MÉTHODOLOGIE GÉNÉRALE

La démarche suivie repose sur les étapes suivantes :

1. Mise en place de l'environnement de travail
2. Création d'une API simple
3. Implémentation de tests automatisés
4. Mise en place d'un pipeline CI
5. Gestion des erreurs d'environnement
6. Conteneurisation de l'application
7. Validation du processus CI/CD

Chaque étape a été validée localement avant d'être intégrée dans un pipeline automatisé.

### ❖ Architecture du déploiement de notre API

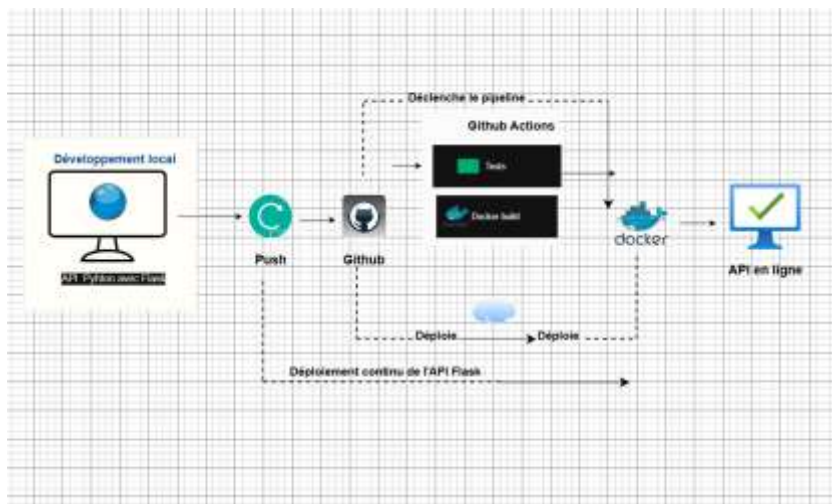


Figure 1: Architecture du déploiement de notre API

### III- MISE EN ŒUVRE

#### Étape 1 : Installation et vérification des outils

- Allez sur le site de chaque outil pour télécharger :
- Python : <https://www.python.org/>
- Git : <https://git-scm.com/> (Nous avons utilisé celui de notre camarade, car ayant déjà un compte pour le cas d'espèce)
- Vscode : <https://code.visualstudio.com/>
- Docker Desktop : <https://www.docker.com/products/docker-desktop/>

```
PS C:\Users\LENOVO> python --version
Python 3.14.2
PS C:\Users\LENOVO> Docker Desktop --version
Docker version 29.1.3, build f52814d
PS C:\Users\LENOVO> git --version
git version 2.51.0.windows.1
PS C:\Users\LENOVO>
```

Figure 2: Outils utilisés

#### Étape 2 : Préparation du dossier de travail

Sur le Bureau :

- Créer un dossier : ci-cd-projet

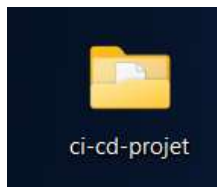


Figure 3: Dossier ci-cd-projet

- Ouvrir VS Code
- File → Open Folder → ci-cd-projet

#### Étape 3 : créer le dépôt pour notre projet CI/CD

- Sur GitHub (site web)
  1. Connectons-nous au compte GitHub
  2. En haut à droite, cliquons sur **+** → **New repository**
  3. Remplissons :
    - **Repository name** : **ci-cd-api**
    - Description (facultatif) : **Projet CI/CD mini API**
    - **Public**
  4. Cliquons sur **Create repository**

Nous arrivons sur une page avec des commandes.

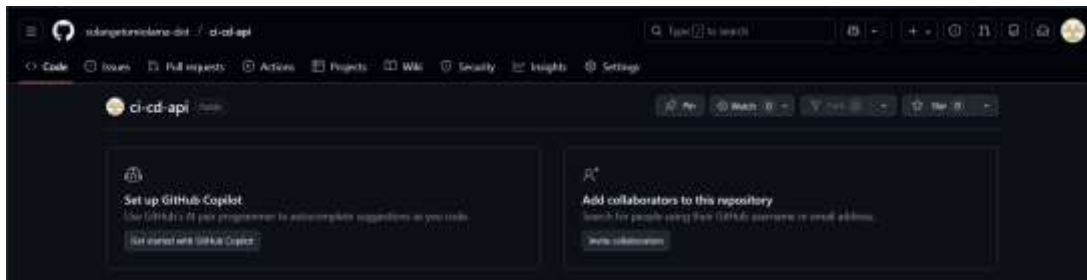


Figure 4: dépôt pour notre projet CI/CD

- ❖ Laisser cette page ouverte.
- ❖ Sur notre ordinateur (PowerShell)
  - a) Créons le dossier du projet (autre méthode si on ne veut pas le faire manuellement)
- ❖ Par exemple sur le Bureau :

```
cd Desktop  
mkdir ci-cd-api  
cd ci-cd-api
```

- b) Initialisons Git

```
git init
```

- c) Lier notre dossier à GitHub

- ❖ Sur la page GitHub, copions la ligne qui ressemble à :

```
git remote add origin https://github.com/solangetomiolama/ci-cd-projet.git
```

- ❖ Collons-la dans PowerShell et validons.

Puis :

```
git branch -M main
```

#### **Étape 4 : Test rapide (important)**

Dans PowerShell, tapons :

```
git status
```

- ❖ Nous devons voir un message qui parle de la branche **main**.

```

PS C:\Users\LENOVO> cd Desktop
PS C:\Users\LENOVO\Desktop> cd ci-cd-projet
PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git init
Initialized empty Git repository in C:/Users/LENOVO/Desktop/ci-cd-projet/.git/
PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git remote add origin https://github.com/solangetomiolama-dot/ci-cd-api.git
PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git branch -M main
PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git status
On branch main

No commits yet

Untracked files:
  (use "git add <file>..." to include in what will be committed)
    captures/

nothing added to commit but untracked files present (use "git add" to track)
PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> |

```

Figure 5: Liaison de notre dossier à GitHub

À ce stade, nous devons avoir :

- ❖ Un compte GitHub accessible
- ❖ Un dépôt ci-cd-api créé
- ❖ Un dossier ci-cd-api sur notre PC
- ❖ Git initialisé dedans

### Étape 5 : Créer la mini API

- Nous avons créé une **petite API en Python avec Flask**

**NB** : *Flask* est un **micro-framework Python** qui sert à créer des **applications web** et surtout des **API**.

- ❖ Création de la mini API :

Nous sommes déjà dans le dossier *ci-cd-projet*.

- Créer un environnement virtuel
- ❖ Dans PowerShell :

```
python -m venv venv
venv\Scripts\activate
```

```

PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> Set-ExecutionPolicy -Scope CurrentUser -ExecutionPolicy RemoteSigned
PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> venv\Scripts\activate
(venv) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> pip install flask pytest

```

Figure 6: Création d'un environnement virtuel

- Ça crée un environnement isolé pour le projet. Nous devons voir **(venv)** au début de la ligne.

**NB** : Il peut y avoir une erreur lors de la création, cette erreur est **normale sous Windows** : PowerShell bloque l'exécution des scripts, donc il empêche *activate.ps1* de s'exécuter.

```

PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> venv\Scripts\activate
venv\Scripts\activate : Impossible de charger le fichier C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet\venv\Scripts\Activate.ps1, car l'exécution de scripts est
désactivée sur ce système. Pour plus d'informations, consultez about_Execution_Policies à l'adresse https://go.microsoft.com/fwlink/?LinkID=135170.
Au caractère ligne:1 : 1
+ ~~~~~
+ ~~~~~
+ CategoryInfo          : Erreur de sécurité : (:) [], PSSecurityException
+ FullyQualifiedErrorId : UnauthorizedAccess

```

Figure 7: problème survenu lors de la création de l'environnement virtuel

- ❖ Pour le résoudre il faut taper la commande : ***Set-ExecutionPolicy -Scope CurrentUser -ExecutionPolicy RemoteSigned***
- ❖ Installation des bibliothèques : ***pip install flask pytest***
  - Flask : pour créer l'API
  - Pytest : pour les tests automatiques (CI)

```

C:\Users\LENGVO\Desktop\ci-cd-projet> pip install flask pytest
Collecting flask
  Downloading flask-2.1.2-py3-none-any.whl.metadata (3.2 kB)
Collecting pytest
  Downloading pytest-7.2.2-py3-none-any.whl.metadata (7.6 kB)
Collecting blinker>=1.5 (from flask)
  Downloading blinker-1.5.0-py3-none-any.whl.metadata (1.6 kB)
Collecting click>=8.1.3 (from flask)
  Downloading click-8.1.3-py3-none-any.whl.metadata (2.6 kB)
Collecting itsdangerous>=2.0.1 (from flask)
  Downloading itsdangerous-2.1.2-py3-none-any.whl.metadata (3.0 kB)
Collecting jinja2>=2.11.2 (from flask)
  Downloading jinja2-3.1.2-py3-none-any.whl.metadata (2.9 kB)
Collecting markupsafe>=2.0.1 (from flask)
  Downloading markupsafe-2.1.1-cp310-cp310-win_arm64.whl.metadata (2.8 kB)
Collecting werkzeug>=2.1.1 (from flask)
  Downloading werkzeug-2.1.2-py3-none-any.whl.metadata (3.0 kB)
Collecting colorama>=0.4 (from pytest)
  Downloading colorama-0.4.6-py2.py3-none-any.whl.metadata (17 kB)
Collecting iniconfig>=1.0.1 (from pytest)
  Downloading iniconfig-2.0.0-py3-none-any.whl.metadata (2.5 kB)
Collecting packaging>=20 (from pytest)
  Downloading packaging-21.3-py3-none-any.whl.metadata (2.3 kB)
Collecting pluggy>=0.12 (from pytest)
  Downloading pluggy-1.0.0-py3-none-any.whl.metadata (8.0 kB)
Collecting pygments>=2.7.1 (from pytest)
  Downloading pygments-2.14.0-py3-none-any.whl.metadata (2.5 kB)
Collecting flask-2.1.2-py3-none-any.whl (288 kB)
Collecting pytest-7.2.2-py3-none-any.whl (374 kB)
Collecting blinker-1.5.0-py3-none-any.whl (28 kB)
Collecting click-8.1.3-py3-none-any.whl (288 kB)
Collecting itsdangerous-2.1.2-py3-none-any.whl (18 kB)
Collecting jinja2-3.1.2-py3-none-any.whl (134 kB)
Collecting markupsafe-2.1.1-cp310-cp310-win_arm64.whl (18 kB)
Collecting werkzeug-2.1.2-py3-none-any.whl (88 kB)

```

Figure 8: Installation des bibliothèques

- ❖ Création de l'API
- ❖ Dans ton dossier ***ci-cd-projet***, créons un fichier ***app.py***
  - Mettons-y ce bout de code :

```

1 from flask import Flask, jsonify
2
3 app = Flask(__name__)
4
5 @app.route("/")
6 def home():
7     return jsonify(message="API CI/CD en ligne")
8
9 @app.route("/status")
10 def status():
11     return jsonify(status="ok")
12
13 if __name__ == "__main__":
14     app.run(host="0.0.0.0", port=5000, debug=True)
15

```

Figure 9: code du fichier app.py

- Explication simple du code app.py :
  - from flask import Flask, jsonify : On importe Flask et l'outil pour renvoyer du JSON.
  - app = Flask(\_\_name\_\_) : On crée l'application Flask.
  - @app.route("/") : On définit une route. Quand on va sur /, Flask exécute la fonction home() et renvoie un message JSON.
  - @app.route("/status") : Deuxième route. Elle permet de vérifier que l'API fonctionne.
  - if \_\_name\_\_ == "\_\_main\_\_": Le serveur se lance seulement si on exécute ce fichier directement.
  - app.run(host="0.0.0.0", port=5000, debug=True) : On démarre le serveur sur le port 5000, accessible sur le réseau, avec le mode debug activé.



Ce fichier crée une petite API avec Flask. On définit deux routes : une pour l'accueil et une pour le statut. Puis on lance le serveur pour rendre l'API accessible.

- *Que fait notre api ?*

Notre API est une **petite application web Flask** qui fournit **deux réponses simples** :

#### 1. Route Accueil /

- Quand on accède à :
- <http://localhost:5000/>, L'API renvoie : {"message": "API CI/CD en ligne"}
- Elle sert à montrer que l'API est accessible.

#### 2. Route Statut /status

- Quand on accède à :
- <http://localhost:5000/status>, L'API renvoie : {"status": "OK"}
- Elle sert à vérifier que l'API fonctionne correctement.

Notre API Flask expose deux routes : une pour l'accueil et une pour le statut. Elles renvoient des messages JSON pour confirmer que l'API est en ligne et opérationnelle.

- ❖ Lançons l'API : **python app.py**

```
(user) PS C:\Users\LEHVOV\Desktop\ci-ed-projet> python app.py
* Serving Flask app 'app'
* Debug mode: on
WARNING: This is a development server. Do not use it in a production deployment. Use a pr
* Running on all addresses (0.0.0.0)
* Running on http://127.0.0.1:58888
* Running on http://172.28.10.4:58888
Press CTRL+C to quit
* Restarting with stat
* Debugger is active!
* Debugger PIN: 137-552-748
127.0.0.1 - - [12/Jan/2026 12:38:24] "GET / HTTP/1.1" 200 -
127.0.0.1 - - [12/Jan/2026 12:38:24] "GET /favicon.ico HTTP/1.1" 404 -
127.0.0.1 - - [12/Jan/2026 12:38:29] "GET /status HTTP/1.1" 200 -
```

- Puis ouvre ton navigateur et teste :

<http://localhost:5000> Si nous voyons le message, parfait

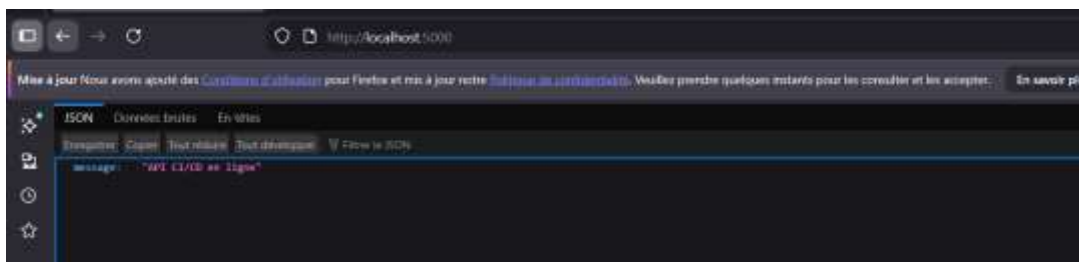


Figure 10: <http://localhost:5000>:

<http://localhost:5000/status>

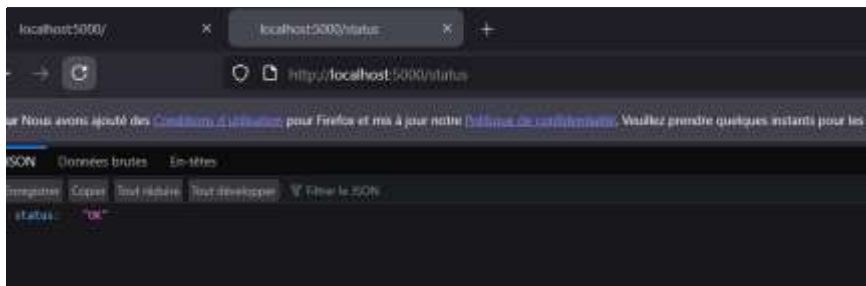


Figure 11: `http://localhost:5000`:

- Sauvegarder sur GitHub
- `git add`
- `git commit -m "Ajout de la mini API Flask"`
- `git push origin main`

**Nb :** pour que l'API s'ouvre, il faut la laisser tourner dans powershell et pour arrêter, faire `Ctrl+c`

#### ❖ Sauvegarde des dépendances

```
(venv) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> pip freeze > requirements.txt
```

Figure 12: Sauvegarde des dépendances

### Étape 6 : Ajout des tests automatiques (CI)

Le but : quand nous pushons (envoyer le code de l'ordinateur sur GitHub) sur GitHub, des tests se lancent automatiquement.

#### ❖ Créons le fichier de tests

- Dans le dossier ci-cd-projet, créons un fichier `test_app.py` :
- Installation des dépendances

```
(venv) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> pip install flask pytest
Collecting flask
  Downloading flask-3.1.2-py3-none-any.whl.metadata (3.2 kB)
Collecting pytest
  Downloading pytest-9.0.2-py3-none-any.whl.metadata (7.6 kB)
Collecting blinker-1.9.0 (from flask)
  Downloading blinker-1.9.0-py3-none-any.whl.metadata (1.6 kB)
Collecting click-8.1.3 (from flask)
  Downloading click-8.1.3-py3-none-any.whl.metadata (2.6 kB)
Collecting itsdangerous-2.2.0 (from flask)
  Downloading itsdangerous-2.2.0-py3-none-any.whl.metadata (1.9 kB)
Collecting jinja2-3.1.2 (from flask)
  Downloading jinja2-3.1.2-py3-none-any.whl.metadata (2.9 kB)
Collecting markupsafe-2.1.1 (from flask)
  Downloading markupsafe-2.1.1-cp314-cp314-win_amd64.whl.metadata (2.0 kB)
Collecting werkzeug-3.1.0 (from flask)
  Downloading werkzeug-3.1.0-py3-none-any.whl.metadata (4.0 kB)
Collecting colorama-0.4.6 (from pytest)
  Downloading colorama-0.4.6-py2.py3-none-any.whl.metadata (27 kB)
Collecting iniconfig-2.0.0 (from pytest)
  Downloading iniconfig-2.0.0-py3-none-any.whl.metadata (2.5 kB)
Collecting packaging-25.0 (from pytest)
  Downloading packaging-25.0-py3-none-any.whl.metadata (3.3 kB)
Collecting pluggy-1.6.0 (from pytest)
  Downloading pluggy-1.6.0-py3-none-any.whl.metadata (4.8 kB)
Collecting pygments-2.19.2 (from pytest)
  Downloading pygments-2.19.2-py3-none-any.whl (134 kB)
  Downloading flask-3.1.2-py3-none-any.whl (103 kB)
  Downloading pytest-9.0.2-py3-none-any.whl (374 kB)
  Downloading pluggy-1.6.0-py3-none-any.whl (20 kB)
  Downloading blinker-1.9.0-py3-none-any.whl (8.5 kB)
  Downloading click-8.1.3-py3-none-any.whl (108 kB)
  Downloading colorama-0.4.6-py2.py3-none-any.whl (20 kB)
  Downloading iniconfig-2.0.0-py3-none-any.whl (7.5 kB)
  Downloading itsdangerous-2.2.0-py3-none-any.whl (18 kB)
  Downloading jinja2-3.1.2-py3-none-any.whl (134 kB)
  Downloading markupsafe-2.1.1-cp314-cp314-win_amd64.whl (15 kB)
  Downloading packaging-25.0-py3-none-any.whl (66 kB)
```

- Ajoutons le code :

```

1 import pytest
2 from app import app
3
4 @pytest.fixture
5 def client():
6     """Crée un client de test pour l'application"""
7     with app.test_client() as client:
8         yield client
9
10 def test_home_route(client):
11     """teste la route principale (/"""
12     response = client.get('/')
13
14     # Vérifie que la réponse est 200 OK
15     assert response.status_code == 200
16
17     # Vérifie le contenu JSON
18     data = response.get_json()
19     assert data['message'] == "API CI/CD en ligne"
20
21 def test_status_route(client):
22     """teste la route /status"""
23     response = client.get('/status')
24
25     # Vérifie que la réponse est 200 OK
26     assert response.status_code == 200
27
28     # Vérifie le contenu JSON
29     data = response.get_json()
30     assert data['status'] == "OK"
31
32 def test_404_route(client):
33     """teste qu'une route inexistante renvoie 404"""
34     response = client.get('/inexistante')
35     assert response.status_code == 404
36

```

Figure 13: test\_app.py

❖ Tester manuellement les tests

- Dans PowerShell (toujours avec `(venv)` actif) : **pytest test\_app.py -v**

l'on devrait voir :

- test\_app.py::test\_home\_route PASSED
- test\_app.py::test\_status\_route PASSED
- test\_app.py::test\_404\_route PASSED

```

(venv) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> pytest test_app.py -v
===== test session starts =====
platform win32 -- Python 3.10.2, pytest-9.0.2, pluggy-1.6.0 -- C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet\venv\Scripts\python.exe
cachedir: .pytest_cache
rootdir: C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet
collected 3 items

test_app.py::test_home_route PASSED [ 33%]
test_app.py::test_status_route PASSED [ 66%]
test_app.py::test_404_route PASSED [100%]

===== 3 passed in 0.00s =====
(venv) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet>

```

Figure 14: Test manuel test\_app.py

❖ Créer le fichier de configuration GitHub Actions

- Créons un dossier et un fichier :
  - Crée le dossier .github/workflows : **mkdir -p .github\workflows**
  - Crée le fichier de pipeline CI

```

name: CI Pipeline
on:
  push:
    branches: [ main ]
  pull_request:
    branches: [ main ]
jobs:
  test:
    runs-on: ubuntu-latest
    steps:
      - name: Checkout code
        uses: actions/checkout@v4

      - name: Set up Python
        uses: actions/setup-python@v4
        with:
          python-version: '3.12'

      - name: Install dependencies
        run: |
          python -m pip install --upgrade pip
          pip install -r requirements.txt

```

Figure 15: fichier de pipeline CI

- Ajouter un fichier .gitignore
- Ouvrir le Bloc-notes (Notepad)
- Mettre ce contenu :

```

1 # Créer Python
2 __pycache__/
3 *.pyc
4 *.pyo
5 *.pyd
6
7 # Environnement virtuel
8 env/
9
10 # Captures d'écran
11 captures/
12
13 # Zip
14 *.pyc
15 *.pyo
16 *.pyd
17 *.pyc
18
19 # Python
20 __pycache__/
21 *.pyc
22
23 # Fichiers temporaires
24 *.log
25 *.tmp

```

- Enregistrer sous
- **Nom** : .gitignore (attention au point devant !)
- **Emplacement** : C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet
- **Type** : Tous les fichiers
- **Encoder en** : UTF-8
- **Enregistrer**
- ❖ Commit et push
  - Vérifier les changements
  - git status
  - Ajouter tout
  - git add
  - Commit
  - git commit -m "Étape 3 : ajout des tests automatiques et configuration CI"
  - Push sur GitHub

- git push origin main

```
no changes added to commit (use "git add" and/or "git commit -a")
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> dir .gitignore

Répertoire : C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
-a                11/03/2024   12:44             204 .gitignore

(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> # 1. Ajoute le fichier de tests
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git add test_app.py
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet>
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> # 2. Ajoute le README modifié
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git add README.md
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet>
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> # 3. Ajoute le nouveau .gitignore
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git add .gitignore
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git status
On branch main
Changes to be committed:
  (use "git restore --staged <file>..." to unstage)
        new file:   .gitignore
        modified:   README.md
        new file:   test_app.py

(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git commit -m "Étape 2 : ajout des tests automatiques et configuration du gitignore"
[main 5b611a] Étape 2 : ajout des tests automatiques et configuration du gitignore
```

Figure 16: Commit et push

- Envoie sur github (push)
- git push origin main

```
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git commit -m "Étape 3 : ajout des tests automatiques et configuration du gitignore"
[main cb5611a] Étape 3 : ajout des tests automatiques et configuration du gitignore
3 files changed, 176 insertions(+)
create mode 100644 .gitignore
create mode 100644 test_app.py
(env) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> git push origin main
Enumerating objects: 7, done.
Counting objects: 100% (7/7), done.
Delta compression using up to 8 threads
Compressing objects: 100% (5/5), done.
Writing objects: 100% (5/5), 2.29 MiB | 2.29 MiB/s, done.
Total 5 (delta 0), reused 0 (delta 0), pack-reused 0 (from 0)
To https://github.com/solangetoniolama-dot/ci-cd-api.git
   b55af15..cb5611a  main -> main
```

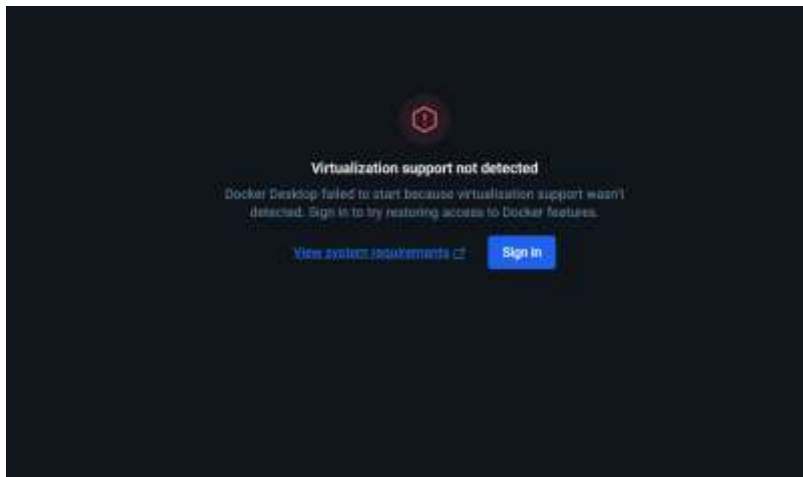
Figure 17: Envoie sur github (push)

## Étape 7 : Containerisation avec docker

**Objectif :** Empaqueter l'application dans un conteneur Docker pour garantir sa portabilité et sa reproductibilité entre différents environnements.

- **Docker** = une boîte qui contient toute ton application
  - Pourquoi Docker ?
- Ton application marche partout (PC, cloud, autre ordi)
  - Même environnement en dev et en prod
  - Pas de "ça marche chez moi mais pas chez toi"

**NB :** La configuration Docker a été réalisée avec la création du Dockerfile et l'intégration au pipeline CI. L'exécution locale n'a pas pu être réalisée, cependant la construction et les tests de l'image ont été validés automatiquement par GitHub Actions. Le pipeline GitHub Actions assure pleinement la construction et le test des images Docker, validant ainsi la configuration.



- ❖ Créer le Dockerfile
- Ouvrir le Bloc-notes (Windows + R, taper notepad, Enter)
- Mettre ce contenu

```
# Utilise une image Python officielle légère
FROM python:3.9-slim

# Définit le répertoire de travail dans le conteneur
WORKDIR /app

# Copie le fichier de dépendances
COPY requirements.txt .

# Installe les dépendances
RUN pip install --no-cache-dir -r requirements.txt

# Copie le reste du code
COPY . .

# Expose le port utilisé par Flask
EXPOSE 5000

# Commande pour lancer l'application
CMD ["python", "app.py"]
```

Figure 18: Dockerfile

- Fichier → Enregistrer sous
- Nom : Dockerfile (attention, PAS .txt)
- Type : Tous les fichiers
- Emplacement : C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet
- Enregistrer
- ❖ Vérifier que c'est bon :
- Dans PowerShell :
- # Vérifie que le fichier existe
- *dir Dockerfile*
- # Voir le contenu
- *cat Dockerfile*

L'on devrait voir notre fichier Dockerfile.

```
(name) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> dir Dockerfile

Répertoire : C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet

Mode                LastWriteTime         Length Name
----                -
-a-----         12/01/2026         12:36           442 Dockerfile

(name) PS C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet> cat Dockerfile
# Utilise une image Python officielle légère
FROM python:3.9-slim

# Définit le répertoire de travail dans le conteneur
WORKDIR /app

# Copie le fichier de dépendances
COPY requirements.txt .

# Installe les dépendances
RUN pip install --no-cache-dir -r requirements.txt

# Copie le reste du code
COPY . .

# Expose le port utilisé par Flask
```

Figure 19: vérification du fichier Dockerfile

❖ Créer le fichier .dockerignore : *C'est la liste des choses à ne PAS mettre dans la boîte.*

- Comment créer :

- Même méthode que Dockerfile
- Nom : .dockerignore

❖ Mettre à jour le pipeline ci :

- Maintenant, on va dire à GitHub Actions de tester Docker pour nous :

- Ouvre ton fichier ci.yml
- Dans PowerShell
- `cd C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet\.github\workflows`
- `notepad ci.yml`

- Remplacer tout par CE code :

```
name: CI Pipeline

on:
  push:
    branches: [ main ]
  pull_request:
    branches: [ main ]
  |
jobs:
  test:
    runs-on: ubuntu-latest

    steps:
      - name: Checkout code
        uses: actions/checkout@v3

      - name: Set up Python
        uses: actions/setup-python@v4
        with:
          python-version: '3.12'

      - name: Install dependencies
        run: |
          python -m pip install --upgrade pip
          pip install -r requirements.txt
```

Figure 20: nouveau code ci.yml

```

run: |
  pytest test_app.py -v

build-docker:
  runs-on: ubuntu-latest
  needs: test

  steps:
  - name: Checkout code
    uses: actions/checkout@v3

  - name: Set up Docker Buildx
    uses: docker/setup-buildx-action@v2

  - name: Build Docker image
    run: |
      docker build -t ci-cd-api .

  - name: Test Docker image
    run: |
      docker run -d --name test-container -p 5000:5000 ci-cd-api
      sleep 5
      docker ps
      curl --fail http://localhost:5000/status || exit 1
      docker stop test-container
      docker rm test-container

```

Figure 21: nouveau code ci.yml

- Sauvegarder et fermer
- ❖ Tester le pipeline
- Sauvegarder sur GitHub
  - Retourner au dossier principal : `cd C:\Users\LENOVO\Desktop\ci-cd-projet`
  - Ajouter les fichiers Docker
  - `git add Dockerfile .dockerignore .github/workflows/ci.yml`
  - Commit : `git commit -m "Étape 4 : Ajout Dockerfile et configuration Docker dans le pipeline"`
  - Push : `git push origin main`
- Vérifier sur GitHub
  - Ouvrir <https://github.com>
  - Aller dans le dépôt `ci-cd-projet`
  - Cliquer sur l'onglet "Actions"
  - Attendre 1-2 minutes
- L'on devrait voir :
  - test (Python tests) - 30s
- ❖ build-docker (Docker build) - 2.75s : ce qui valide le bon fonctionnement du pipeline

Ce que github a fait pour nous :

- Quand nous avons fait `git push`, GitHub a fait ***tout ça automatiquement*** :
  - Récupère notre code
  - Lance une machine Ubuntu (avec Docker déjà installé)
  - Lit notre Dockerfile



- Construit l'image "ci-cd-api"
- Lance un conteneur avec cette image
- Teste que l'API fonctionne dans le conteneur
- Affiche ✓ si tout est bon

*Le plus important : GitHub a **validé** que notre Dockerfile fonctionne, même si nous ne pouvons pas le tester localement.*

❖ Preuves que docker fonctionne :

- Logs de build sur GitHub

Job	Workflow	↕ Total minutes	Job runs	Runner type	Runner labels	
test	ci.yml	6	6	hosted	ubuntu-latest	...
build-docker	ci.yml	5	5	hosted	ubuntu-latest	...

### **Étape 8 : Déploiement continu (cd) - déploiement sur railway**

On va déployer ton API automatiquement sur Railway.

- Pourquoi Railway ?

- Gratuit pour les petits projets
- Facile à configurer
- Intégration GitHub automatique
- Pas besoin de carte bancaire
- URL publique immédiate

❖ Créer un compte Railway

- Ouvrir Railway : <https://railway.app>
- S'inscrire
- Cliquer sur "Start a New Project"
- Choisir "Deploy from GitHub repo"
- Se connecter avec notre compte GitHub
- Autoriser l'accès à Railway

- Sélectionner notre dépôt :

- Chercher **ci-cd-projet**
- Cliquer sur "Deploy"

❖ Configuration automatique :

- Railway détectera automatiquement :
  - ✓ Dockerfile → utilisera Docker pour le déploiement

- ✓ Port 5000 → exposera notre API
- Attendre 2-3 minutes que le déploiement se termine.

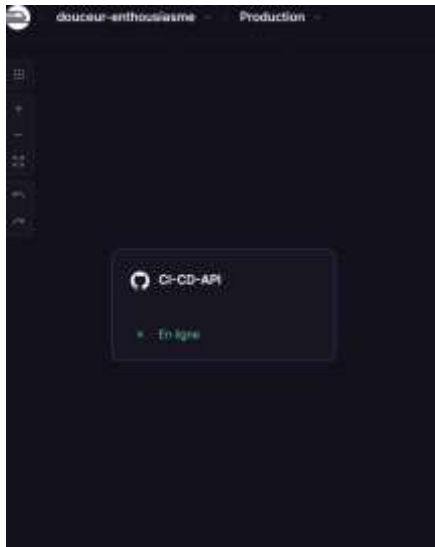
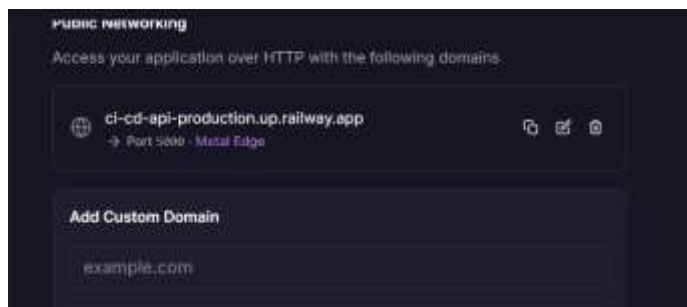


Figure 22: Déploiement API

#### ❖ Trouver notre url publique

- Dans Railway, allons sur ton projet
- Cliquons sur l'onglet "Settings"
- Cherchons "Public URL" ou "Domain"
- Copions l'URL (ex: `https://ci-cd-projet.up.railway.app`) : <https://ci-cd-api-production.up.railway.app/>



#### ❖ Testons l'URL :

- Ouvrons <https://ci-cd-api-production.up.railway.app/> → **Doit afficher** `{"message": "API CI/CD en ligne"}`



Figure 23: test `https://ci-cd-api-production.up.railway.app/`

- Ouvrons <https://ci-cd-api-production.up.railway.app/status> → **Doit afficher** `{\"status\": \"OK\"}`

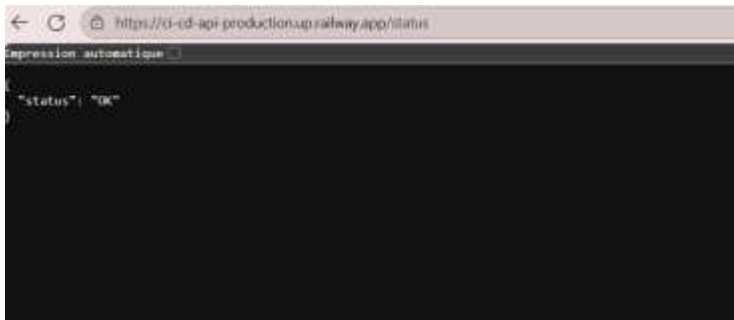


Figure 24: `https://ci-cd-api-production.up.railway.app/status`

## **CONCLUSION DU RAPPORT**

### ***CONCLUSION GÉNÉRALE***

Ce projet avait pour objectif de mettre en pratique les principes du DevOps à travers la conception et la mise en œuvre d'un pipeline complet d'Intégration et Déploiement Continu (CI/CD). L'ambition était de démontrer comment automatiser le cycle de vie d'une application web, depuis le développement local jusqu'à sa mise en production accessible sur Internet, en garantissant qualité et reproductibilité à chaque étape.

L'objectif a été pleinement atteint avec la mise en ligne réussie d'une API Flask fonctionnelle à l'adresse <https://ci-cd-api-production.up.railway.app>, validant ainsi l'ensemble de la chaîne d'outils et des processus mis en place. L'intégralité du code source, de l'historique des commits et de la configuration du pipeline est disponible et consultable publiquement sur le dépôt GitHub du projet : <https://github.com/solangetomiolama-dot/ci-cd-api>.

## ***RAPPEL DES ÉTAPES CLÉS ET RÉALISATIONS***

### 1) Mise en place de l'environnement et initialisation

- Configuration d'un environnement de développement sous Windows avec Python, Git et Docker.
- Création et gestion d'un dépôt Git versionné sur GitHub, établissant les bases de la collaboration et du suivi des modifications.

### 2) Développement de l'application cœur

- Conception d'une API web minimale mais robuste avec le framework Flask, offrant deux endpoints (`/` et `/status`) au format JSON.
- Gestion des dépendances via un environnement virtuel Python et un fichier `requirements.txt`, assurant l'isolation et la reproductibilité.

### 3) Assurance qualité par l'automatisation des tests

- Implémentation de tests unitaires ciblés avec **pytest** pour vérifier automatiquement le comportement de l'API.
- Configuration d'un pipeline d'intégration continue avec **GitHub Actions**, déclenché à chaque modification du code pour exécuter ces tests et valider la stabilité de l'application. L'historique des exécutions est visible dans l'onglet **Actions** du dépôt

### 4) Containerisation pour la portabilité

- Création d'un Dockerfile définissant l'environnement d'exécution complet de l'application.
- Intégration de la construction et du test de l'image Docker au sein du pipeline CI, garantissant que l'application peut s'exécuter de manière identique et isolée dans tout environnement compatible Docker.

### 5) Déploiement continu en production

- Connexion du dépôt GitHub à la plateforme cloud **Railway**.
- Obtention d'une URL publique permettant un accès global à l'API déployée.
- Validation du processus de déploiement automatique, où toute validation du pipeline CI entraîne une mise à jour en production sans intervention manuelle.

## ***APPRENTISSAGES PRINCIPAUX ET DIFFICULTÉS SURMONTÉES***

Ce projet, bien que structuré, a été ponctué de défis techniques caractéristiques du développement moderne, dont la résolution a été formatrice :

- Gestion des environnements et des dépendances : La confrontation à des incompatibilités de versions Python a souligné l'importance cruciale de figer et de tester les environnements, un pilier de la reproductibilité.
- Précision dans la configuration: Des erreurs de syntaxe dans des fichiers de configuration (YAML pour GitHub Actions, Dockerfile) ont démontré que la rigueur et l'attention aux détails sont essentielles dans les pratiques DevOps, où l'infrastructure est définie par du code.
- Abstraction et utilisation des services cloud: La limitation matérielle locale (virtualisation désactivée) a été contournée en utilisant intelligemment les services cloud (GitHub Actions, Railway), illustrant la puissance et la flexibilité des outils DevOps contemporains.
- Résilience et débogage: Chaque obstacle, depuis les problèmes d'exécution de scripts PowerShell jusqu'à la configuration des domaines sur Railway, a renforcé la capacité à lire les messages d'erreur, rechercher des solutions et adapter la démarche.

## ***BILAN ET PERSPECTIVES***

Le projet a abouti à la création d'une chaîne de déploiement entièrement automatisée et opérationnelle. Le pipeline CI/CD constitue désormais un système fiable qui garantit que tout nouveau code est testé, emballé et déployé en production dès qu'il est validé sur la branche principale. L'ensemble du processus est transparent et consultable, du code source sur le lien git à l'application en ligne sur Railway.

Cette réalisation concrétise plusieurs principes fondamentaux du DevOps : l'automatisation pour gagner en efficacité et en fiabilité, l'infrastructure as code pour la reproductibilité, et l'intégration continue pour une détection précoce des anomalies.

- ***Perspectives d'évolution*** : Ce socle fonctionnel ouvre la voie à de nombreuses améliorations, telles que l'ajout de tests d'intégration, la mise en place d'environnements de pré-production, l'intégration d'outils de qualité de code, l'ajout d'une base de données, ou la mise en place de stratégies de déploiement plus avancées (blue-green, canary).

## **RÉFÉRENCES ET LIENS DU PROJET :**

- Dépôt GitHub (code source et historique) : <https://github.com/solangetomiolama-dot/ci-cd-api>
- Application en production :\*\* <https://ci-cd-api-production.up.railway.app>
- Pipeline CI/CD :<https://github.com/solangetomiolama-dot/ci-cd-api/actions>