

### Travail de Bachelor

## Conception d'un nouveau serious game autour du « Ethical hacking »

Extension du jeu « Shana a disparu »

Étudiante

**Camille Koestli**

Enseignant responsable

Sylvain Pasini

Année académique

2025-26



Département des Technologies de l'information et de la communication (TIC)  
Filière Informatique et systèmes de communication  
Orientation Sécurité informatique  
Étudiante : Camille Koestli  
Enseignant responsable : Sylvain Pasini

Travail de Bachelor 2025-26

Conception d'un nouveau serious game autour du « Ethical hacking »

---

**Résumé publiable**

La HEIG-VD a développé un serious game dans l'objectif de démythifier le ethical hacking, d'initier le public à la cybersécurité ainsi que de faire connaître ses activités. Le scénario « Shana a disparu » immerge le joueur, de tout niveau, dans une histoire où il doit retrouver son amie disparue.

Ce travail de Bachelor s'inscrit dans la continuité. L'objectif était de concevoir un nouveau scénario immersif permettant au public de découvrir une nouvelle intrigue ainsi que de nouvelles techniques de ethical hacking.

Ce travail a débuté par la proposition de plusieurs scénarios ont été proposés, puis un seul a été retenu « Fuite de données dans le *Centre Hospitalier Horizon Santé* ». Ce dernier serious game est composé 7 nouveaux challenges techniques de difficulté progressive. Il a été implémenté sur l'architecture existante (Node.js, MongoDB, MySQL) et a été enrichi avec un IDE Python embarqué, des terminaux SSH interactifs et un bot automatisé.

Le joueur incarne un membre de l'équipe de sécurité de l'hôpital et doit réagir rapidement face à une demande de rançon sur les données volées. Les défis abordent l'analyse forensique, l'injection SQL, l'exploitation XSS, le reverse engineering et l'analyse de logs.

Ce nouveau serious game permettra aux futur·e·s participant·e·s de s'immerger dans un scénario réel, devant s'introduire dans le serveur des attaquants, et découvrant de nouvelles techniques de ethical hacking.

Étudiante :

Camille Koestli

Date et lieu :

Signature :

.....

Enseignant responsable :

Sylvain Pasini

Date et lieu :

.....

# Préambule

Ce travail de Bachelor (ci-après TB) est réalisé en fin de cursus d'études, en vue de l'obtention du titre de Bachelor of Science HES-SO en Ingénierie.

En tant que travail académique, son contenu, sans préjuger de sa valeur, n'engage ni la responsabilité de l'auteur, ni celles du jury du travail de Bachelor et de l'Ecole.

Toute utilisation, même partielle, de ce TB doit être faite dans le respect du droit d'auteur.

HEIG-VD

Vincent Peiris  
Chef de département TIC

Yverdon-les-Bains, le 09.10.2025

# Authentification

La soussignée, Camille Koestli, atteste par la présente avoir réalisé ce travail et n'avoir utilisé aucune autre source que celles expressément mentionnées

Yverdon-les-Bains, le 09.10.2025

Camille Koestli

# Remerciements

Je tiens tout d'abord à exprimer ma gratitude envers M. Pasini Sylvain, mon professeur, pour son accompagnement, ses conseils précieux et sa disponibilité tout au long de ce projet. Grâce à lui, j'ai pu réaliser un projet que j'ai réellement apprécié. Je le remercie également pour la confiance qu'il m'a accordée afin de réaliser ce projet important pour le groupe Y-Security. Je remercie également M. Vallon Axel pour son aide et ses retours constructifs qui m'ont permis d'avancer dans ma réflexion et d'améliorer la qualité de mon travail. Je tiens aussi à remercier l'équipe Y-Security pour m'avoir donné l'opportunité de travailler sur ce projet passionnant. Leur conseils et leur expertise ont été d'une grande aide pour mener à bien ce travail.

Je souhaite aussi adresser mes sincères remerciements aux personnes qui ont pris le temps de relire mon rapport et de leurs retours variés et constructifs : Mme Koestli Nathalie, M. Oliveira Kevin, M. Roland Samuel et Mme Oliveira Vitória. Leurs remarques et leur patience ont été d'une grande aide.

Enfin, je remercie chaleureusement toutes les personnes qui ont accepté de tester mon application. Leurs retours m'ont permis d'identifier des axes d'amélioration et de renforcer l'expérience offerte par le serious game. Grâce à leur implication, ce projet a pu évoluer et atteindre une maturité pédagogique et technique solide.

# Table des matières

<b>Préambule .....</b>	<b>4</b>
<b>Authentification .....</b>	<b>5</b>
<b>Remerciements .....</b>	<b>6</b>
<b>Cahier des charges .....</b>	<b>11</b>
Contexte .....	11
Problématique .....	11
Objectifs .....	11
Livrables .....	12
Planification .....	12
<b>Glossaire .....</b>	<b>13</b>
<b>1 Introduction .....</b>	<b>17</b>
1.1 Sensibilisation à la sécurité informatique .....	17
1.2 Enjeu des compétences en cybersécurité .....	17
1.3 Contexte .....	17
1.4 Problématique .....	20
1.5 Motivations et objectifs du projet .....	20
1.5.1 Découvrir et démystifier l'ethical hacking .....	20
1.5.2 Sensibiliser aux dangers et transmettre les bonnes pratiques .....	20
1.5.3 Promouvoir la HEIG-VD et son pôle Y-Security .....	20
1.5.4 Orienter les jeunes vers la cybersécurité .....	20
1.6 Solutions existantes .....	20
1.7 Approches possibles .....	21
<b>2 Planification .....</b>	<b>22</b>
<b>3 État de l'art .....</b>	<b>23</b>
3.1 Différentes classes de plateformes existantes .....	23
3.1.1 Cyber-ranges académiques et industriels .....	23
3.1.2 Laboratoires et exercices pratiques .....	24
3.1.3 Plateformes CTF (Capture The Flag) .....	24
3.1.4 Outils de sensibilisation en entreprise .....	25

---

3.1.5 Serious games narratifs en cybersécurité .....	25
3.2 Plateforme <i>CyberGame</i> .....	26
<b>4 Architecture de la plateforme <i>CyberGame</i> existante .....</b>	<b>27</b>
4.1 Présentation générale .....	27
4.2 Mécanisme de jeu .....	28
4.2.1 Scénario 1 : « Shana a disparu » .....	28
4.2.2 Scénario 2 : « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » .....	29
4.3 Analyse critique .....	29
4.3.1 Points forts .....	29
4.3.2 Axes d'amélioration .....	31
4.4 Architecture technique .....	33
4.4.1 Vue d'ensemble de l'infrastructure .....	33
4.4.2 Frontend .....	34
4.4.3 Cartographie des challenges .....	35
4.4.4 Gestion des données .....	36
4.4.5 Backend .....	36
4.4.6 Webssh et conteneurs SSH .....	37
4.5 Analyse de la sécurité .....	37
<b>5 Propositions de nouveaux scénarios .....</b>	<b>41</b>
5.1 Scénario réaliste : Blackout dans le Centre Hospitalier Horizon Santé .....	41
5.1.1 <i>Mail Contagieux</i> : OSINT et forensic d'email .....	42
5.1.2 <i>Shadow VPN Portal</i> : Exploitation Web .....	42
5.1.3 <i>Script d'infection</i> : Reverse Engineering .....	43
5.1.4 <i>Coffre chiffré</i> : Cryptographie .....	43
5.1.5 <i>Radiographie piégée</i> : Stéganographie .....	44
5.2 Scénario aventureur : Opération « CipherFox » - Infiltration .....	45
5.2.1 <i>Hotspot Mirage</i> : OSINT et Cryptographie .....	46
5.2.2 <i>Admin Bypass</i> : Web Exploitation .....	46
5.2.3 <i>Micro-Patch</i> : Reverse Engineering .....	47
5.2.4 <i>SecureNote Cipher</i> : Cryptographie .....	47
5.2.5 <i>DNS Drip</i> : Forensique réseau .....	48
5.3 Scénario science-fiction : Fuite de l'Acheron .....	49
5.3.1 <i>HashLock</i> : Cryptographie .....	50
5.3.2 <i>Portail Tech</i> : Exploitation Web .....	50
5.3.3 <i>Drone Patch</i> : Reverse Engineering .....	51
5.3.4 <i>Service Secret</i> : Enum système / Forensic .....	52
5.3.5 <i>Plan Secret</i> : Stéganographie .....	52
5.4 Choix du scénario final .....	54
<b>6 Scénario définitif et liste des challenges détaillés .....</b>	<b>55</b>
6.1 Challenge 1 <i>Mail Contagieux</i> : OSINT et forensic email .....	59
6.1.1 Description .....	59
6.1.2 Techniques et outils .....	60

---

6.2 Challenge 2 <i>Portail Frauduleux</i> : Exploitation Web (SQL) .....	61
6.2.1 Description .....	61
6.2.2 Techniques et outils .....	62
6.3 Challenge 3 <i>Partage Oublié</i> : Mauvaise configuration d'accès .....	63
6.3.1 Description .....	63
6.3.2 Techniques et outils .....	63
6.4 Challenge 4 <i>Clé cachée</i> : Cryptographie et métadonnées .....	65
6.4.1 Description .....	65
6.4.2 Techniques et outils .....	66
6.5 Challenge 5 <i>Script Mystère</i> : Reverse Engineering .....	67
6.5.1 Description .....	67
6.5.2 Techniques et outils .....	68
6.6 Challenge 6 <i>Cookie Admin</i> : Mauvaise gestion des sessions .....	69
6.6.1 Description .....	69
6.6.2 Techniques et outils .....	70
6.7 Challenge 7 <i>Blocage ciblé</i> : Défense et journalisation .....	71
6.7.1 Description .....	71
6.7.2 Techniques et outils .....	72
<b>7 Implémentation des challenges .....</b>	<b>73</b>
7.1 Architecture générale .....	73
7.2 Détails d'implémentation par challenge .....	75
7.2.1 Challenge 1 .....	75
7.2.2 Challenge 2 .....	76
7.2.3 Challenge 3 .....	78
7.2.4 Challenge 4 .....	80
7.2.5 Challenge 5 .....	81
7.2.6 Challenge 6 .....	82
7.2.7 Challenge 7 .....	84
7.3 Intégration sur le site web .....	87
7.3.1 Initialisation des flags côté serveur .....	87
7.3.2 Ajout du mini-site de jeu « Horizon » .....	87
7.3.3 Raccordement dans la page d'accueil, routage et configuration des flags <code>.env</code> / <code>.env.prod</code> .....	88
7.4 Améliorations de l'implémentation et futures corrections .....	88
<b>8 Tests .....</b>	<b>90</b>
8.1 Tests unitaires .....	90
8.1.1 Configuration de l'environnement de test .....	90
8.1.2 Détails des tests par challenge .....	90
8.2 Tests utilisateurs .....	92
8.2.1 Protocole de test .....	92
8.3 Résultats et bilan des tests .....	93
8.3.1 Performance par niveau de compétence .....	93
8.3.2 Points forts identifiés .....	93

---

---

## TABLE DES MATIÈRES

---

8.3.3 Points faibles et pistes d'amélioration .....	94
<b>9 Conclusion .....</b>	<b>95</b>
<b>Bibliographie .....</b>	<b>97</b>
<b>Outils utilisés .....</b>	<b>102</b>
Rédaction du rapport .....	102
Outils de documentation .....	102
Outils techniques .....	102
Environnement de développement .....	102
Technologies backend .....	102
Technologies frontend .....	102
Infrastructure et déploiement .....	102
Tests .....	103
Assistance au développement .....	103
<b>Journal de travail .....</b>	<b>104</b>
<b>Annexes .....</b>	<b>107</b>
Annexe A Fichier JSON de configuration .....	107
Annexe B API Express ( <code>index.js</code> ) .....	108
Annexe C Modèles Mongoose ( <code>db.js</code> ) .....	116
Annexe D Base MySQL ( <code>init.sql</code> ) .....	117
Annexe E Docker Compose ( <code>docker-compose.yml</code> ) .....	118
Annexe F Docker Compose nouveau ( <code>docker-compose.yml</code> ) .....	120
Annexe G Implémentation du jeu « Horizon » ( <code>horizonmain.js</code> ) .....	123
Annexe H Présentation des challenges (ancienne version des défis) .....	131

# Cahier des charges

## Contexte

*CyberGame* est une plateforme de serious game développée initialement par le pôle Y-Security de la HEIG-VD. Le pôle Y-Security est reconnu comme un acteur majeur en cybersécurité en Suisse romande. Il a pour mission de former, sensibiliser et accompagner différents publics autour des enjeux de sécurité informatique, grâce à la recherche appliquée, la formation et la mise en place d'outils innovants.

La plateforme *CyberGame* vise à rendre l'apprentissage de la cybersécurité ludique et accessible à tous, à travers des scénarios interactifs et progressifs. Le jeu « Shana a disparu » est un exemple phare : il propose une initiation au ethical hacking, combinant narration immersive et challenges techniques pour faire découvrir les bases de la cybersécurité.

Ce jeu a rencontré un grand succès auprès d'un large public.

## Problématique

Le succès de « Shana a disparu », créé en 2020, a conduit de nombreuses personnes à le terminer entièrement. Un second scénario, « Sauve la Terre de l'arme galactique ! », a été mis en place en 2021 mais a remporté un plus faible succès.

Le public étant de plus en plus curieux et averti sur ce sujet, il devient pertinent de développer un nouveau scénario afin de répondre à la demande notamment en proposant une histoire qui techniquement amène le participant·e à un plus haut niveau de compétences.

L'objectif est donc d'intégrer des défis techniquement plus avancés, tout en conservant l'approche narrative immersive qui fait l'intérêt et l'originalité du « serious game ».

Cette nouvelle histoire s'adressera donc à des participant·e·s ayant résolu le premier scénario (Shana) ou ayant quelques connaissances de base en sécurité informatique.

## Objectifs

L'objectif de ce travail est de produire une nouvelle expérience ludique tout en intégrant une approche de sensibilisation.

- Concevoir un nouveau scénario :
  - Créer une histoire captivante, qui peut être une suite de Shana ou une intrigue totalement nouvelle.
  - Proposer des niveaux plus complexes que les scénarios existants.

- Inclure 5 à 10 challenges de difficulté progressive.
- Imaginer les épreuves en réfléchissant au côté sensibilisation et notamment aux messages que le participant·e en tirera.
- Introduire les nouveaux concepts techniques et pédagogiques correspondants.
- Thématisques techniques :
  - Couvrir plusieurs aspects de la cybersécurité comme l'exploitation web, escalade de priviléges, reverse engineering, forensic, etc.
  - Intégrer un robot interactif pour simuler le comportement d'utilisateur·trice·s vulnérables (ex. clics sur une XSS).
  - Intégrer tous les challenges dans une narration immersive et cohérente, fidèle à l'esprit du projet.
- Développer le nouveau serious game :
  - Il doit être intégré dans la plateforme *CyberGame* existante, tant sur la forme, que sur le contenu des technologies utilisées.
  - Inclure le scénario complet, les étapes du jeu, les mécaniques interactives, ainsi que les apports techniques et pédagogiques nécessaires.
  - Gérer les parties backend nécessaires.
  - Garantir la sécurité de l'infrastructure et du contenu.
- Réaliser des tests utilisateur·trice·s et appliquer les correctifs nécessaires pour assurer une expérience optimale.

## Livrables

Les livrables seront les suivants :

- Plateforme *CyberGame* mise à jour, incluant l'ensemble du nouveau scénario opérationnel.
- Un rapport complet, comprenant :
  - Des propositions de scénarios, avec motivation du scénario retenu.
  - La documentation détaillée du scénario retenu, incluant la liste complète des challenges.
  - La documentation de la plateforme *CyberGame*, incluant la description de l'existant et des évolutions apportées, ainsi que l'explication et justification des choix techniques.
  - Une analyse de la sécurité de la plateforme.
  - Les tests fonctionnels réalisés.
  - Les tests utilisateur·trice·s réalisés : méthodologie, résultats, retours collectés, et correctifs appliqués.

## Planification

Le travail se déroule entre le 7 juillet et le 10 octobre 2025, pour un total de 450h :

- Du 7 juillet au 15 septembre : travail à temps plein ( 45h/semaine).
- Du 16 septembre au 10 octobre : travail à temps partiel ( 12–13h/semaine).

Le rendu intermédiaire est prévu pour la date du 31 juillet 2025, le rendu final est fixé au 10 octobre 2025, enfin, la défense devra être fixée après le 13 février 2026.

# Glossaire

- **Admin Bypass** : Technique qui vise à contourner les mécanismes de contrôle d'accès d'une application web afin d'obtenir des privilèges administratifs.
- **API (Application Programming Interface)** : Interface qui permet à différents logiciels de communiquer entre eux.
- **Backend** : Partie serveur d'une application, qui traite les données, gère la logique et interagit avec la base de données.
- **Base64** : Méthode d'encodage permettant de représenter des données binaires sous forme de texte ASCII, souvent utilisée pour transmettre des données.
- **Bot** : Programme automatisé simulant le comportement humain.
- **Bruteforce** : Technique d'attaque qui consiste à tester toutes les combinaisons possibles pour découvrir un mot de passe ou une clé.
- **Cookie** : Petit fichier stocké par un navigateur, qui contient des informations de session.
- **Cryptanalyse** : Science consistant à analyser et décrypter des informations chiffrées sans posséder la clé.
- **Cryptographie** : Discipline qui vise à protéger l'information en la rendant illisible pour toute personne non autorisée, par des techniques de chiffrement et de hachage.
- **CTF (Capture The Flag)** : Compétition de cybersécurité où les participant·e·s doivent résoudre des défis techniques pour retrouver un « flag ».
- **Cyber-range** : Environnement simulé pour pratiquer des compétences en cybersécurité dans un cadre réaliste et sécurisé.
- **Docker** : Technologie de virtualisation qui permet d'exécuter des applications dans des conteneurs isolés. Utilisée ici pour déployer les services backend, bases de données et bot.
- **DOM (Document Object Model)** : Représentation d'un document HTML permettant de manipuler son contenu via JavaScript.
- **Ethical hacking** : Pratique légale et éthique du piratage informatique visant à identifier les vulnérabilités d'un système pour le sécuriser.
- **EXIF (Exchangeable Image File Format)** : Métadonnées contenues dans les fichiers image et audio.

- **Exploit / Exploitation Web** : Technique qui utilise une vulnérabilité d'un site web pour en détourner le fonctionnement.
- **Express** : Framework web minimaliste pour Node.js qui facilite la création d'applications et d'API.
- **Flag** : Chaîne de caractères qui est la solution à un challenge. Il valide la réussite d'une étape.
- **Forensic** : Discipline de l'investigation numérique visant à analyser des preuves informatiques (fichiers, journaux, courriels, etc.).
- **Framework** : Ensemble d'outils et de bibliothèques facilitant le développement d'applications.
- **Frontend** : Partie visible d'une application web où les utilisateur·trice·s interagissent (HTML, CSS, JavaScript).
- **Ghidra** : Outil open-source de reverse engineering pour analyser des programmes compilés.
- **Hash** : Valeur unique calculée à partir d'un fichier ou d'un mot de passe.
- **HTML (HyperText Markup Language)** : Langage qui utilise des balises pour créer des pages web.
- **IDE (Integrated Development Environment)** : Environnement de développement intégré avec des outils pour écrire, tester et déboguer du code.
- **Iframe** : Élément HTML permettant d'intégrer un document HTML dans un autre document.
- **Injection SQL** : Attaque qui consiste à insérer du code SQL malveillant dans une requête pour détourner son but initial.
- **JavaScript** : Langage de programmation utilisé pour rendre les pages web interactives.
- **Jest** : Framework JavaScript permettant de réaliser des tests unitaires automatisés.
- **JSDOM** : Bibliothèque JavaScript simulant un environnement DOM pour les tests.
- **JSON (JavaScript Object Notation)** : Format d'échange de données structurées.
- **JWT (JSON Web Token)** : Standard permettant d'échanger des informations sécurisées entre deux parties, souvent utilisé pour gérer l'authentification et les sessions.
- **Known-plaintext attack** : Attaque cryptographique où l'attaquant connaît une partie du texte en clair et du texte chiffré correspondant.
- **Logs** : Fichiers qui enregistrent des événements et activités d'un système.
- **Métadonnées** : Données décrivant d'autres données, comme les informations EXIF dans une image.
- **Middleware** : Composant logiciel intermédiaire qui traite les requêtes entre le client et le serveur.
- **MongoDB** : Base de données NoSQL utilisée pour stocker des informations.
- **Mongoose** : Bibliothèque Node.js qui permet l'interaction avec MongoDB.
- **MySQL** : Base de données relationnelle SQL.
- **ngrok** : Outil de développement qui permet d'exposer des serveurs locaux sur Internet sans nécessiter de changement de configuration de routeur.

- **Node.js** : Environnement d'exécution JavaScript côté serveur, utilisé pour développer l'API backend du projet.
- **Obfuscation** : Technique qui rend le code difficile à comprendre pour masquer son fonctionnement.
- **OSINT (Open Source Intelligence)** : Technique de recherche et de collecte d'informations à partir de sources publiques (réseaux sociaux, sites web, documents en ligne, ...).
- **Path Traversal** : Vulnérabilité qui accède à des fichiers en dehors du répertoire autorisé en manipulant les chemins.
- **Phaser** : Framework JavaScript pour créer des jeux 2D dans le navigateur.
- **Phishing** : Technique d'hameçonnage qui a pour objectif de tromper les victimes pour obtenir des informations sensibles.
- **PowerShell** : Interface en ligne de commande et langage de script de Microsoft pour l'automatisation.
- **Prototype Pollution** : Vulnérabilité JavaScript permettant de modifier les propriétés des objets prototypes.
- **Puppeteer** : Bibliothèque Node.js qui contrôle un navigateur Chrome sans interface graphique pour l'automatisation.
- **Pyodide** : Port de Python vers WebAssembly permettant d'exécuter Python dans le navigateur.
- **Rainbow table** : Table précalculée de correspondances entre des hashes et leurs valeurs originales pour le cassage de mots de passe.
- **Ransomware** : Logiciel malveillant chiffrant les données d'une victime et exigeant une rançon pour leur restitution.
- **React** : Bibliothèque JavaScript pour construire des interfaces utilisateur interactives.
- **Reverse Engineering** : Analyse d'un programme pour comprendre son fonctionnement sans avoir accès au code source.
- **Reverse proxy** : Serveur intermédiaire qui redirige les requêtes des clients vers d'autres serveurs.
- **Route** : Point d'accès défini dans une application web associé à une fonction spécifique.
- **Serious Game** : Jeu conçu avec un objectif pédagogique ou de sensibilisation.
- **Session** : Ensemble d'informations stockées côté serveur ou client permettant de suivre l'état d'un utilisateur connecté.
- **SHA (Secure Hash Algorithm)** : Famille d'algorithmes cryptographiques qui produit des empreintes numériques sécurisées.
- **SOC (Security Operations Center)** : Centre opérationnel de sécurité qui surveille et analyse les menaces informatiques.
- **Social Engineering (Ingénierie sociale)** : Manipulation psychologique qui trompe des individus pour leur soutirer des informations sensibles ou leur faire exécuter des actions malveillantes.

- **SQL (Structured Query Language)** : Langage standardisé pour gérer et interroger des bases de données relationnelles.
- **SSH (Secure Shell)** : Protocole sécurisé pour se connecter à distance à des machines.
- **Stéganographie** : Technique qui dissimule un message ou une donnée à l'intérieur d'un autre fichier (image, audio, texte).
- **Terminal** : Interface en ligne de commande permettant d'interagir avec un système d'exploitation.
- **Token** : Jeton d'authentification prouvant l'identité d'un utilisateur lors de ses interactions avec un système.
- **Traefik** : Reverse proxy et load balancer utilisé pour router les requêtes entre le frontend, le backend et les services de la plateforme.
- **UUID (Universally Unique Identifier)** : Identifiant unique de 128 bits utilisé pour identifier des ressources sans collision.
- **Vulnérabilité** : Faille de sécurité dans un système pouvant être exploitée par un attaquant.
- **WAF (Web Application Firewall)** : Pare-feu qui protège les applications web contre diverses attaques.
- **Webssh** : Interface web permettant d'accéder à un terminal SSH directement depuis un navigateur.
- **WHOIS** : Protocole de recherche d'informations sur les propriétaires de noms de domaine ou d'adresses IP.
- **XSS (Cross-Site Scripting)** : Vulnérabilité qui injecte du code malveillant dans une page web consultée par d'autres utilisateurs.
- **Zipinfo** : Commande qui affiche des informations détaillées sur le contenu d'une archive ZIP.

# 1 Introduction

## 1.1 Sensibilisation à la sécurité informatique

La digitalisation expose, chaque jour, les utilisateur·trice·s aux menaces informatiques. 79% des Européen·ne·s estiment que l'amélioration de la cybersécurité est indispensable (1), pourtant 52 % ne se sentent pas capables de se protéger suffisamment (2). Le phishing représente 36 % des failles de sécurité, avec plus de 3,4 milliards de courriels frauduleux envoyés quotidiennement (3). Les attaques deviennent de plus en plus complexes, les ransomwares ont augmenté de 57,5 % entre novembre 2024 et février 2025 (4), et les cybercriminels utilisent désormais l'IA pour personnaliser leurs attaques.

De plus, le monde professionnel fait face à une pénurie critique de compétences. En 2024, 67 % des organisations estimaient ne pas disposer des compétences nécessaires pour atteindre leurs objectifs de sécurité (5), et 58 % des incidents majeurs étaient directement liés à un manque de formation (6).

Face à ces défis, les serious games émergent comme une solution prometteuse. La recherche démontre leur efficacité pour sensibiliser même les personnes sans bagage technique (7). Ces jeux permettent d'apprendre la cryptographie, les réseaux, les scripts et les attaques web dans un environnement sans risque, où expérimenter et faire des erreurs deviennent nécessaire pour un apprentissage (8).

## 1.2 Enjeu des compétences en cybersécurité

Le secteur fait face à une pénurie importante, plusieurs enquêtes annuelles estiment qu'environ 4,8 millions de professionnels manquent à l'échelle mondiale (5). De plus, 64 % des experts dans le domaine considèrent que le manque de compétences impacte davantage les organisations qu'un simple manque d'effectifs. Cette lacune se traduit directement en incidents avec environ 70 % des failles graves de cybersécurité qui sont dues à des erreurs humaines (9). La formation devient donc une stratégie à considérer, pour les professionnels et pour sensibiliser le grand public aux bonnes pratiques.

## 1.3 Contexte

C'est dans ce contexte que le pôle Y-Security de la HEIG-VD, acteur majeur de la cybersécurité en Suisse romande et en Europe depuis plus de vingt ans (10), a créé la plateforme *CyberGame*. Son objectif est de rendre accessible au grand public le hacking éthique à travers des serious games narratifs et immersifs. Deux scénarios sont actuellement disponibles (11) :

- « Shana a disparu » (2020) : une enquête qui initie aux bases du piratage éthique
- « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » (2021) : une mission interplanétaire qui reprend les mêmes concepts

« Shana a disparu » a rencontré un grand succès. À travers une interface web interactive, les joueur·euse·s résolvent des énigmes techniques pour retrouver la trace d'une jeune femme disparue.

Chaque défi est présenté avec des indices progressifs et une boîte à outils pédagogique pour guider l'apprentissage.



Fig. 1. – « Shana a disparu » - Interface du jeu (12)

La Figure 1 montre l'interface de navigation. Les joueur·euse·s explorent un site web interactif, inspectent le code source et valident leurs réponses pour progresser dans l'histoire.



## Qu'est-ce que le code source ?

Une page web est un document HTML interprété par un navigateur. Un document HTML est organisé de façon à ce qu'un navigateur web (p.ex : Chrome, Firefox ou Opera) soit capable de l'interpréter afin de présenter à l'utilisateur une page web agréable et non pas du texte brut.

Le document est sous la forme d'un code HTML qui est créé par le serveur web avec lequel vous parlez. Le serveur web à qui vous parlez est identifié par une URL ([www.siteweb.com](http://www.siteweb.com)). Comme le serveur est au courant de ce que vous désirez voir, il est capable de vous fournir une page sur mesure avec, par exemple, votre identifiant et les informations de votre compte.

## Comment accéder à un code source ?

Fig. 2. – Boîte à outils (13)

La Figure 2 présente la boîte à outils intégrée qui est composée de guides d'inspection du code, d'analyse des requêtes HTTP, de scripting Python, etc.

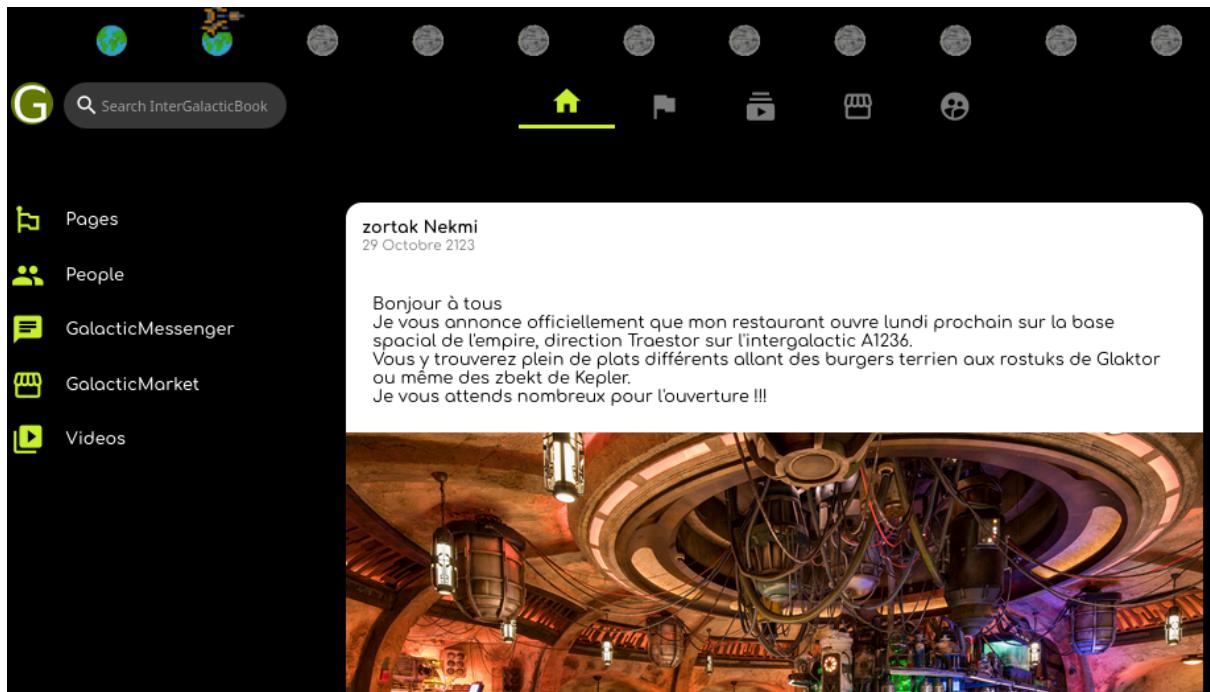


Fig. 3. – « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » - Interface du jeu (14)

Le second scénario (Figure 3) reprend la même mécanique, mais reste moins populaire du au manque de nouveaux défis techniques et surtout à un manque de réalisme.

## 1.4 Problématique

La plateforme *CyberGame* doit relever plusieurs défis : celui de maintenir l'engagement des utilisateur·trice·s qui ont terminé les scénarios existants, et celui de répondre à la demande croissante du marché pour des compétences techniques plus avancées. Pour continuer à sensibiliser efficacement à la cybersécurité, il est crucial d'offrir de nouveaux défis plus complexes qui approfondissent les techniques d'ethical hacking, tout en préservant l'accessibilité et l'immersion narrative qui ont fait le succès de « Shana a disparu ».

La question centrale est donc : « *Comment créer une nouvelle histoire immersive et prenante qui intègre plusieurs techniques d'ethical hacking, afin de sensibiliser et former les utilisateur·trice·s de tous les niveaux ?* »

## 1.5 Motivations et objectifs du projet

Le projet vise à développer un nouveau scénario pour la plateforme *CyberGame* qui réponde à plusieurs objectifs clés.

### 1.5.1 Découvrir et démythifier l'ethical hacking

L'image du « pirate informatique » reste souvent associée à des activités illégales et malveillantes. Ce projet vise à faire découvrir l'ethical hacking au grand public et à démythifier la démarche d'un·e professionnel·le de la sécurité. En mettant les joueur·euse·s dans la peau d'un·e hacker éthique, le scénario permet de comprendre les techniques utilisées dans le but de protéger et non de nuire.

### 1.5.2 Sensibiliser aux dangers et transmettre les bonnes pratiques

À travers son approche immersive, le jeu vise à sensibiliser les gens aux dangers du numérique. Grâce à l'exploitation de vulnérabilités dans un environnement contrôlé, les joueur·euse·s découvrent, de manière implicite, certaines techniques de protection qu'ils peuvent appliquer dans leur vie.

### 1.5.3 Promouvoir la HEIG-VD et son pôle Y-Security

Ce serious game constitue également une sorte de publicité pour la HEIG-VD et son pôle Y-Security. Le projet contribue à faire connaître les formations dans le domaine de la cybersécurité. Il montre aussi l'engagement de la HEIG-VD dans la sensibilisation et la formation.

### 1.5.4 Orienter les jeunes vers la cybersécurité

Enfin, ce projet offre aux jeunes une opportunité de tester et de découvrir la cybersécurité sans avoir forcément beaucoup de connaissances préalables. Le jeu aide les futur·e·s étudiant·e·s à les orienter vers cet avenir professionnel grâce au côté ludique du serious game.

L'objectif global est donc de développer un nouveau scénario pour *CyberGame* qui intègre des défis de niveau intermédiaire tout en restant accessible aux débutant·e·s, le tout dans une narration captivante. Ce serious game doit sensibiliser le grand public aux enjeux de sécurité informatique tout en étant dans une optique de formation, d'apprentissage et en répondant aussi à ces motivations.

## 1.6 Solutions existantes

Il existe aussi d'autres solutions similaires dans le domaine de l'ethical hacking, mais plutôt sous la forme de Capture The Flag (CTF) comme « Root Me », « Hack the Box », « TryHackMe », ...; des

cyber-ranges qui sont plutôt destinés à des expert·e·s en cybersécurité ; ou encore des formations en ligne comme « SoSafe » qui proposent des cours et des exercices pratiques sur la cybersécurité sans forcément intégrer d'histoire narrative et immersive.

Ces solutions montrent une augmentation de l'intérêt général pour la cybersécurité. Elles utilisent des approches ludiques mais peu combinent une narration et une progression techniques comme le fait « Shana a disparu ».

## 1.7 Approches possibles

Pour proposer une nouvelle expérience qui s'adresse à tout le monde tout en permettant de sensibiliser mais aussi de rester ludique, plusieurs options peuvent être envisagées :

- La première option serait de développer une extension directe du scénario existant avec de nouveaux challenges plus techniques.
- Alors que la deuxième serait de créer un nouveau jeu totalement indépendant avec un nouveau scénario, tout en restant dans le même mode de fonctionnement que le jeu précédent.

L'option choisie est de créer un nouveau scénario qui s'adresse à tout le monde. Ce scénario doit être accessible aux débutant·e·s tout en proposant des défis plus complexes pour les utilisateur·trice·s plus expérimenté·e·s. Il doit également intégrer des éléments narratifs immersifs pour maintenir l'intérêt et la motivation des joueur·euse·s.

## 2 Planification

Cette partie décrit la planification du projet avec la décomposition des tâches, les étapes clés et le calendrier prévu pour la réalisation du travail.

1. Analyse du scénario existant : *07.07.2025 – 09.07.2025*
  - Étudier les mécaniques de jeu et les défis utilisés dans « Shana a disparu ».
  - Identifier les technologies utilisées et les types de challenges (web, forensic, ...).
  - Évaluer les points positifs et les points à améliorer du scénario actuel.
  - Étudier l'architecture de la plateforme *CyberGame*
2. Recherche et écriture du scénario : *10.07.2025 – 23.07.2025*
  - S'inspirer de CTF, serious games et projets similaires pour la structure et le contenu des défis.
  - Identifier les outils et environnements de développement.
  - Identifier les bonnes méthodes pédagogiques adaptées à la sensibilisation à la cybersécurité à travers un jeu interactif.
  - Élaborer plusieurs scénarios, puis détailler celui qui a été retenu.
3. Conception et développement des challenges : *24.07.2025 – 03.09.2025*
  - Définir les thématiques techniques abordées et les attaques à réaliser (XSS, reverse engineering, stéganographie, ...).
  - Concevoir entre 5 et 10 challenges.
  - Développer les services ou environnements nécessaires.
  - Ajouter un bot interactif pour simuler certaines interactions ou attaques.
  - S'assurer de la clarté des consignes et de la logique de chaque challenge.
4. Intégration dans la plateforme *CyberGame* : *04.09.2025 – 09.09.2025*
  - Adapter les contenus au format de *CyberGame*.
5. Tests et validation : *10.09.2025 – 19.09.2025*
  - Réaliser des tests unitaires pour chaque challenge.
  - Réaliser des tests utilisateur·trice·s et faire tester les défis par d'autres personnes pour ajuster la difficulté.
  - Corriger les éventuels bugs ou incohérences.
6. Documentation technique et pédagogique : *20.09.2025 – 08.10.2025*
  - Documenter chaque challenge : objectif, compétences visées, indices, solutions, pièges courants.
  - Rédiger la documentation du scénario.
  - Décrire les choix techniques et les modifications apportées à la plateforme.
  - Documenter les tests.

## 3 État de l'art

Ce chapitre a pour objectif d'analyser les approches existantes de formation en cybersécurité pour identifier la place que pourraient avoir les serious games narratifs comme *CyberGame*.

### 3.1 Différentes classes de plateformes existantes

Actuellement, les différents outils de formations en cybersécurité se structurent autour de différentes catégories d'outils, chacune répondant à des besoins et publics différents :

- Les cyber-ranges pour réaliser un entraînement professionnel.
- Les plateformes CTF (Hack The Box (15), TryHackMe (16), RootMe (17)) pour faire de la pratique.
- Les outils de sensibilisation en entreprise.
- Les cours, formations avec des exercices pratiques ou des laboratoires.
- Les serious games narratifs pour sensibiliser et former à la cybersécurité.

Il est important de comprendre leurs forces et limites afin d'avoir un premier aperçu de l'intérêt des serious games.

#### 3.1.1 Cyber-ranges académiques et industriels

**Public** : Professionnel·le·s expérimenté·e·s.

**Objectifs** : Entraînement professionnel avancé.

Les cyber-ranges (Figure 4) sont des environnements simulés utilisés par les institutions et entreprises pour l'entraînement professionnel avancé (18). Ils reproduisent des infrastructures réalistes où les équipes testent leurs attaques ou leurs défenses, identifient des vulnérabilités et protègent le système dans un environnement sans risque (19).



Fig. 4. – Schéma d'un cyber-range (18)

Les limites de ces plateformes sont qu'elles ciblent exclusivement des professionnel·le·s expérimenté·e·s et restent inaccessibles au grand public, du à leur complexité et à leur coût. Elles ne répondent pas à l'objectif de sensibilisation large visé par *CyberGame*.

### 3.1.2 Laboratoires et exercices pratiques

**Public :** Étudiant·e·s en formation.

**Objectifs :** Apprentissage avec l'aide d'enseignant·e·s sur des compétences techniques, mise en pratique de concepts théoriques.

Ces apprentissages guidés permettent de mettre en pratique des compétences spécifiques dans un cadre contrôlé. Les formations, comme la HEIG-VD (20), proposent des travaux pratiques ce qui permet l'expérimentation dans des environnements sécurisés et encadrés.

Cependant, ces dispositifs restent généralement limités au contexte académique ou de formation payante et ne sont pas accessibles au grand public en dehors des cursus.

### 3.1.3 Plateformes CTF (Capture The Flag)

**Public :** Étudiant·e·s, passionné·e·s, professionnel·le·s (niveau avancé).

**Objectifs :** Compétitions, pratique technique, ressources pédagogiques.

Les CTF proposent des défis techniques isolés organisés par catégorie (Figure 5). Ils sont utilisés lors de compétitions ou comme ressources pédagogiques. Ces plateformes (Hack The Box, TryHackMe, RootMe) permettent aux participant·e·s de capturer des « flags » cachés dans des systèmes vulnérables (21).



Fig. 5. – Page des challenges de RootMe (17)

Le problème de ce genre de dispositif est qu'il s'agit d'une approche très technique et segmentée, où chaque défi est indépendant et ne s'inscrit pas dans une progression narrative. De plus, les participant·e·s doivent souvent avoir une base technique solide pour aborder les défis, ce qui peut décourager les débutant·e·s.

### 3.1.4 Outils de sensibilisation en entreprise

**Public** : Collaborateur·trice·s en entreprise, grand public.

**Objectifs** : Sensibilisation aux menaces courantes.

Les formations en ligne, ateliers pratiques et simulations d'attaques (ex. SoSafe (22)) visent à sensibiliser les collaborateur·trice·s aux menaces courantes, comme le phishing, ingénierie sociale, gestion des mots de passe, ...

Souvent théoriques et peu immersifs, ces outils proposent un apprentissage avec peu de pratique. Leur accès payant et leur ciblage des entreprises restreignent leur portée au grand public. Ils leur manquent la dimension ludique qui caractérise les serious games.

### 3.1.5 Serious games narratifs en cybersécurité

**Public** : Variable, du grand public aux utilisateur·trice·s avancé·e·s.

**Objectifs** : Formation, sensibilisation par le jeu et la narration immersive.

Les serious games utilisent la mécanique ludique pour enseigner des concepts complexes. Définis par Zyda comme « *un concours intellectuel, joué sur ordinateur selon des règles spécifiques, qui utilise le divertissement pour atteindre des objectifs de formation, d'éducation, de santé, de politique publique ou de communication stratégique* » (23) (p.26, citation traduite), ils combinent engagement actif, narration immersive et apprentissage par l'expérimentation, ce qui permet aux joueur·euse·s de prendre des décisions et d'observer leurs conséquences dans un environnement sécurisé.

Bien qu'efficaces pour la sensibilisation, la majorité des serious games en cybersécurité ciblent des utilisateur·trice·s avancé·e·s et privilégient les aspects techniques (piratage, architectures réseau) au détriment des dimensions humaines (7). De plus, la plupart sont anglophones et payants (UrbanGaming (24), Shirudo (25), Cyber Wargame (26)), ce qui limite leur accessibilité au grand public.

### **3.2 Plateforme *CyberGame***

La plateforme *Cybergame* proposé par le groupe Y-Security se distingue en proposant des scénarios gratuits, en français, combinant accessibilité pour les débutant·e·s et progression technique. Le défi est désormais d'élargir l'offre avec un nouveau scénario plus avancé, tout en préservant la narration immersive qui a fait le succès de « Shana a disparu ».

# 4 Architecture de la plateforme *Cyber-Game* existante

Ce chapitre présente l'architecture technique de la plateforme *CyberGame*, en détaillant le frontend et backend, ainsi que les mécanismes de jeu. Il est important de souligner qu'il s'agit d'une analyse de la plateforme de 2020 avant sa restructuration qui aura lieu. Cette analyse porte donc sur l'état initial du site, avant l'ajout de nouvelles fonctionnalités, la refonte du design ou l'amélioration de l'expérience utilisateur.

## 4.1 Présentation générale

Le site web est une plateforme pédagogique créée par le pôle Y-Security de la HEIG-VD. Il a pour objectif d'introduire à l'ethical hacking et propose actuellement deux scénarios interactifs. La plateforme est donc conçue avec une page d'accueil (11) qui présente le cadre général. Le premier jeu « Shana a disparu » (12) ainsi qu'un autre scénario « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » (14) se trouvent sur la plateforme. Pour aider les joueur·euse·s à avancer dans les différents challenges, tout en restant dans son navigateur, une boîte à outils et un petit IDE Python ont été mis en place (11).

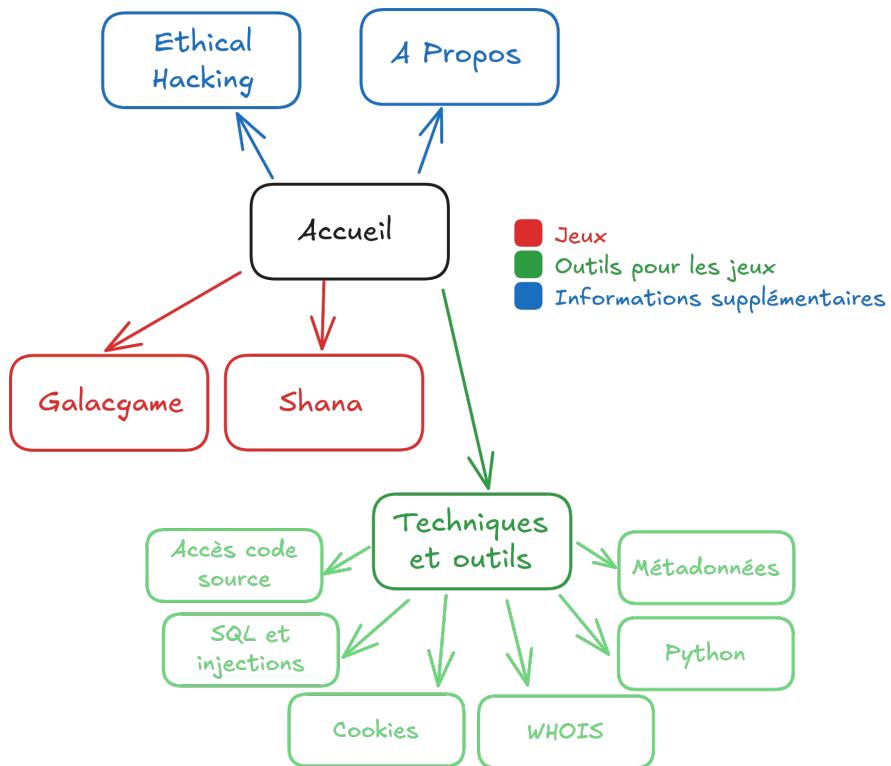


Fig. 6. – Schéma de l'architecture globale de la plateforme *CyberGame*

## 4.2 Mécanisme de jeu

La plateforme *CyberGame* propose deux parcours structurés sous forme d'histoires progressives qui mettent en œuvre des techniques du hacking éthique. Chacun propose une enquête avec un scénario dont les étapes doivent être validées dans l'ordre afin de pouvoir progresser dans le déroulement de l'enquête.

Le participant·e découvre, étape par étape, la méthodologie d'un professionnel·le de la cybersécurité à travers la chaîne « collecte – exploitation – preuve », où chaque résolution dévoile un indice pour le défi suivant. Chaque challenge reste en surface pour montrer à quoi pourrait ressembler des attaques de grandes envergures qui combinent une suite de failles bien différentes sur des aspects réseau, d'application web, d'analyses de fichier ou de systèmes intégrant de la cryptographie.

### 4.2.1 Scénario 1 : « Shana a disparu »

Le scénario « Shana a disparu » (12) a pour objectif d'amener le joueur·euse dans une enquête de neuf challenges qui imite la progression d'une investigation numérique. L'histoire commence par la reconstruction du mot de passe Windows de Shana à partir des informations qui se trouvent sur le profil Instagram de la victime. Le challenge suivant est l'exploration de l'historique de navigation pour extraire ses derniers sites consultés. Une fois le site trouvé, un lien caché en texte invisible est inséré sur la page. Le défi suivant consiste à inspecter le code source pour trouver des informations qui vont nous permettre de progresser. Une fois l'information trouvée, le jeu redirige le joueur·euse vers une page où la manipulation de cookie est nécessaire et où il faut modifier la valeur d'une variable de session pour débloquer la page cachée. Ensuite, il s'agit d'un chiffrement de César qu'il faut renverser

pour découvrir une date clé, puis l'altération manuelle de la fin d'une URL afin d'accéder à un répertoire non indexé. Le challenge suivant demande une injection SQL qui va permettre de contourner l'authentification et d'obtenir de nouvelles informations, qui se trouvent grâce à l'extraction des coordonnées GPS dissimulées dans les métadonnées EXIF d'une photo.

#### **4.2.2 Scénario 2 : « Sauve la Terre de l'arme galactique ! »**

Le second scénario que nous retrouvons sur la plateforme « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » (11), utilise les mêmes principes mais dans un univers de science-fiction. Le joueur·euse est plongé·e dans une enquête afin de retrouver les plans d'une arme galactique et ainsi sauver le monde. Dans un premier temps, le joueur·euse exploite la barre de recherche d'un réseau fictif pour obtenir des fragments de conversation. Ensuite, le participant·e va utiliser l'ingénierie sociale pour retrouver des réponses de sécurité, imprudemment divulguées en ligne, ce qui va permettre de retrouver le mot de passe et ainsi d'accéder au profil. Des challenges similaires se retrouvent dans les deux jeux comme la manipulation des cookies, l'ajustement d'un paramètre dans l'URL d'un lien, l'injection SQL afin de contourner un mot de passe, l'utilisation des métadonnées d'une image à l'aide de l'outil exiftool et enfin de la cryptographie. Des challenges supplémentaires ont été ajoutés comme l'utilisation d'une requête WHOIS, qui sert à identifier le propriétaire d'une adresse IPv6 et intercepter son trafic. Pour terminer, le joueur·euse doit réaliser une attaque par bruteforce en codant un petit script Python.

### **4.3 Analyse critique**

#### **4.3.1 Points forts**

Parmi les forces de la plateforme, les enquêtes sont construites afin de suivre une progression gradauelle. Chaque épreuve ré-exploite la précédente et favorise un apprentissage différent. La narration permet de maintenir le joueur·euse motivé·e mais le garde dans une optique d'apprentissage.

En effet, la boîte à outils intégrée, qui contient les fiches pratiques, évite aux débutant·e·s de devoir faire trop de recherches et ainsi leur permet de se focaliser sur le jeu.

De plus, grâce à un mini IDE Python et un terminal intégré, comme le montre les Figure 7 et Figure 8, le joueur·euse n'a rien besoin d'installer sur sa machine. L'expérience se déroule entièrement sur le navigateur, ce qui facilite l'accès au jeu et évite les installations complexes.

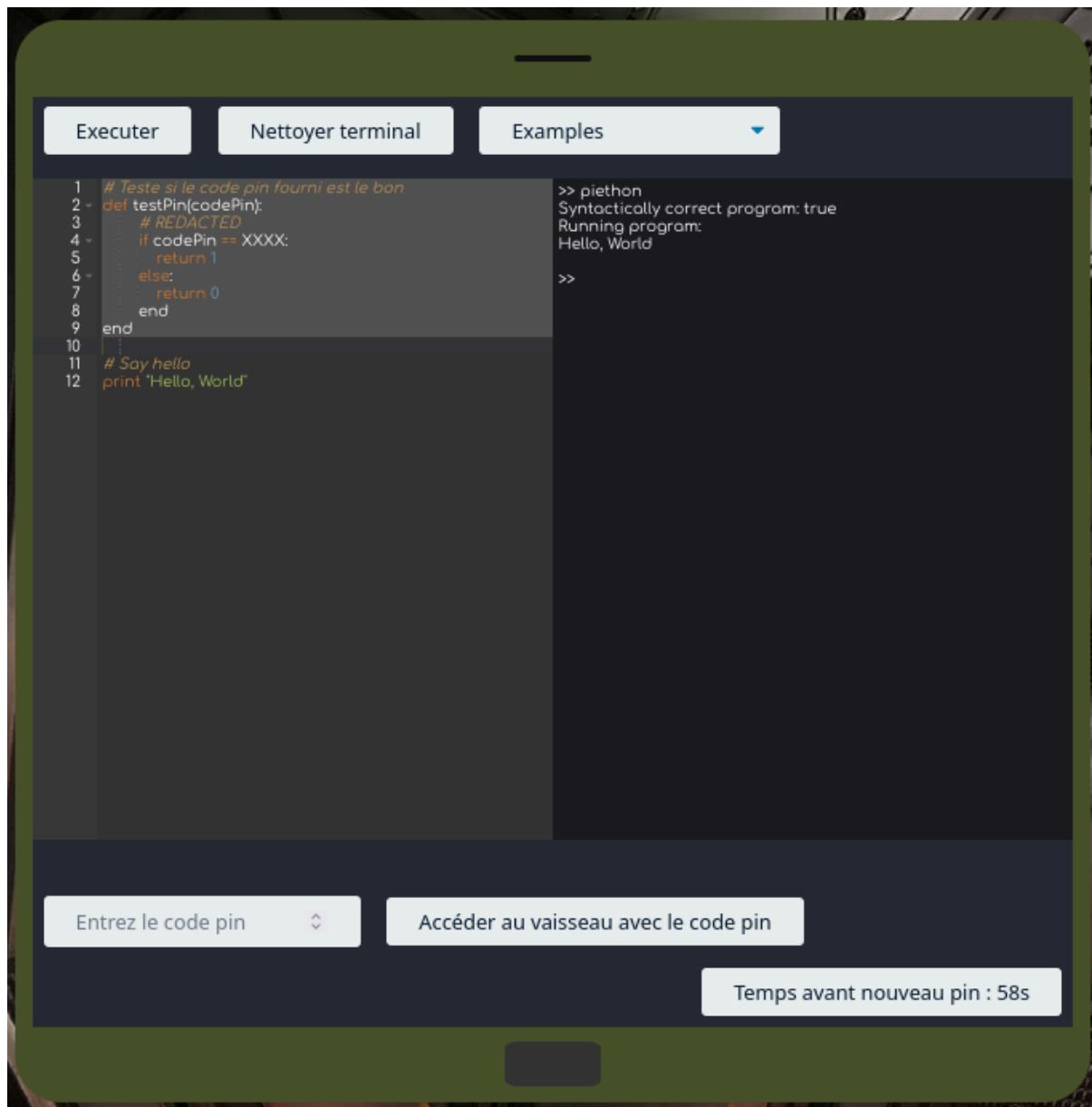


Fig. 7. – IDE présent sur le jeu « Sauve la Terre de l'arme galactique ! », dans le challenge 6

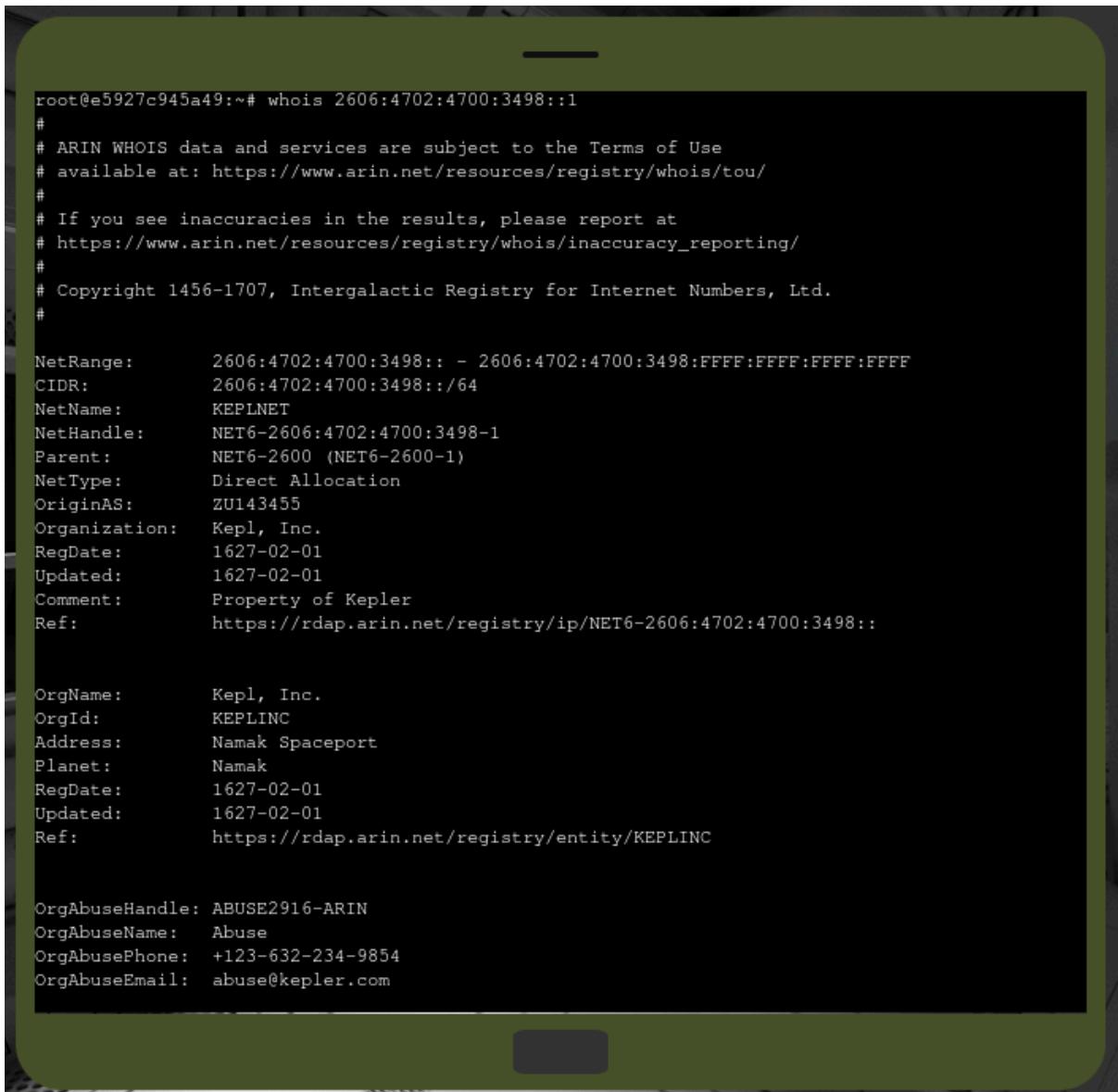


Fig. 8. – Terminal présent sur les 2 jeux, dans les challenges 9 de « Shana a disparu » et 5, 8 dans « Sauve la Terre de l'arme galactique ! »

#### 4.3.2 Axes d'amélioration

Quelques points mériteraient des améliorations. D'abord, la police VT323-Regular permet de créer une certaine ambiance mais elle est peu lisible, ce qui peut gêner la compréhension et la lecture des consignes.

La gestion de la fenêtre du jeu pourrait être optimisée, par exemple après la fermeture d'une popup, le joueur·euse se retrouve parfois avec un fond noir sans indication. Il serait utile d'ajouter des repères visuels ou des messages d'aide pour guider l'utilisateur·trice dans la progression, et de mieux intégrer la boîte à outils dès la page d'accueil pour que chacun·e sache où trouver les ressources.

Le design du site présente parfois des problèmes d'affichage selon la taille de la fenêtre du navigateur, comme le chevauchement d'éléments.

Le champ pour saisir sa réponse ne précise pas toujours le format exigé. De temps en temps, la consigne affiche un mot mis en gras, qui représente la réponse attendue, mais l'information passe facilement inaperçue ou l'utilisateur·trice ignore toujours le bon format (un mot-clé, une URL complète, un hash ou une date). Inclure le format attendu avec des exemples, dans l'indice ou dans la consigne, pourrait faciliter la validation du challenge une fois le secret trouvé.

Ensuite, pour la validation de l'étape, il faut impérativement entrer une réponse valide dans le champ « Réponse » malgré que l'interface visuelle du jeu change en fonction de ce que le joueur·euse à réalisé comme manipulation et du message de félicitations.



Fig. 9. – Interface du jeu après la validation d'un challenge

Dans la Figure 9, nous pouvons voir que le joueur·euse à bien réussi à trouver la réponse du challenge. Cependant, comme le montre la Figure 10, l'interface de travail ne change pas. Le joueur·euse peut ne pas comprendre ce qu'il doit faire et peut rester bloqué car il ne sait pas ce qui est attendu de lui.

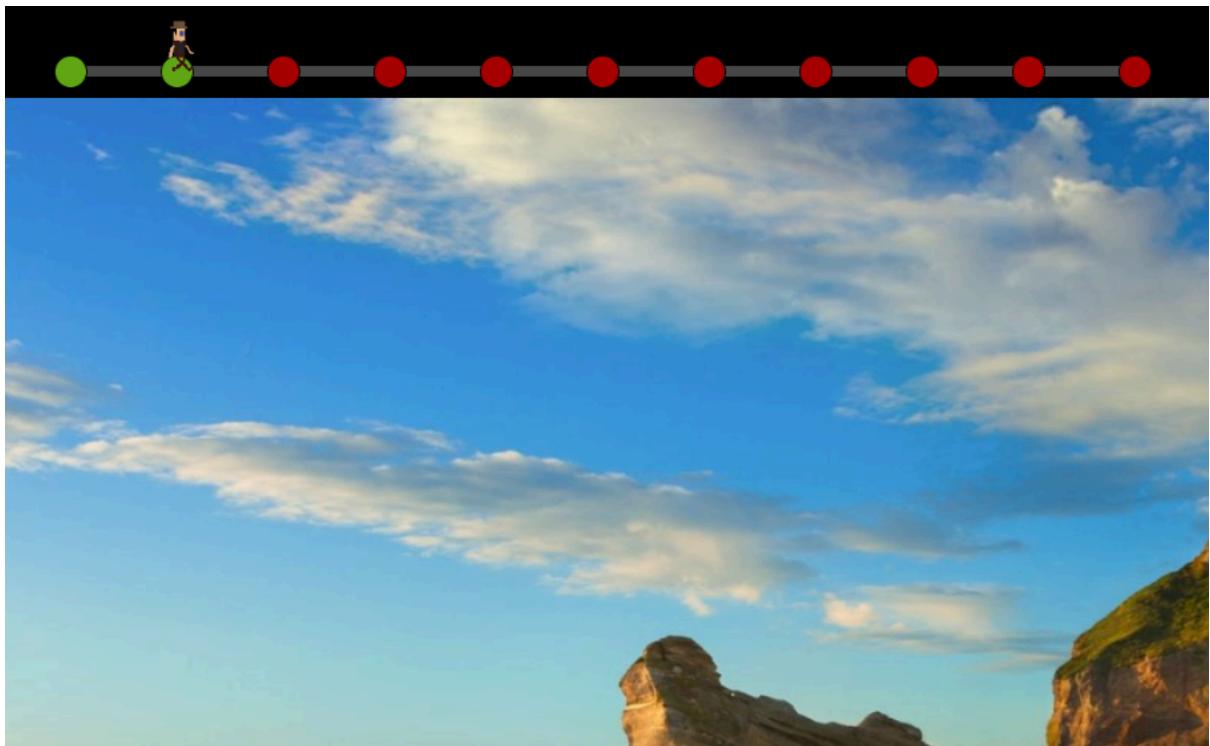


Fig. 10. – Interface du jeu bloquée entre deux challenges sans information claire sur la prochaine étape de progression.

Le passage d'un challenge au suivant manque parfois de fiabilité, la popup explicative ne s'ouvre pas systématiquement et la barre de progression reste figée. Le participant·e doit donc cliquer sur l'étape suivante pour accéder à la consigne du challenge suivant ainsi que la nouvelle interface de travail.

Un autre élément d'amélioration serait de réaliser un changement de curseur sur les éléments cliquables (par exemple, en utilisant `cursor: pointer` en CSS) pour permettre au joueur·euse d'identifier les zones interactives. Actuellement, certains éléments interactifs ne sont pas mis en valeur, ce qui peut rendre la navigation moins intuitive.

Enfin, les indices actuels fournissent, dans un premier temps, un bon point de départ. Cependant, cela peut se révéler insuffisant pour les joueur·euse·s débutant·e·s. La mise en place d'aides graduelles pourrait limiter le risque d'abandon tout en gardant le défi intéressant.

## 4.4 Architecture technique

### 4.4.1 Vue d'ensemble de l'infrastructure

La plateforme *CyberGame* est hébergée sur le sous-domaine `cybergame.heig-vd.ch` et repose sur une infrastructure conteneurisée avec Docker Compose (Annexe E), ce qui permet une séparation claire des responsabilités.

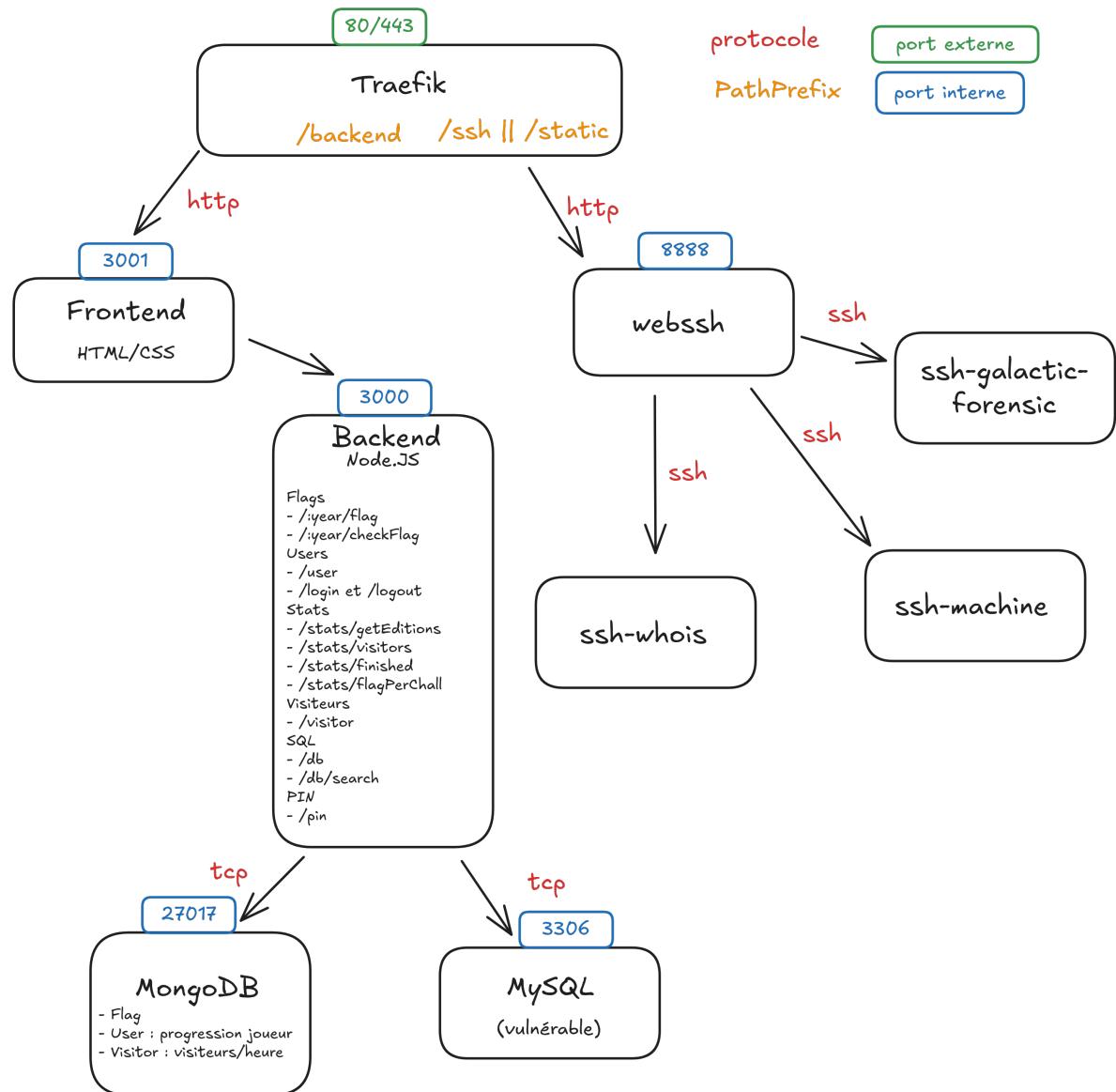


Fig. 11. – Architecture Docker Compose de la plateforme CyberGame

Le fichier `docker-compose.yml` (Annexe E) définit l'ensemble des services nécessaires à l'application et orchestre leur déploiement. La Figure 11 présente l'architecture complète. Traefik (ports 80 / 443) assure la terminaison TLS et route les requêtes vers trois services principaux : le frontend (port 3001, répertoire `DigitalDay_APP`), le backend (port 3000, répertoire `DigitalDay_BACKEND`, API Node.js Express), et webssh (port 8888, serveur Python wsssh). Le service webssh agit comme une passerelle SSH et permet de se connecter aux trois conteneurs SSH spécialisés : `ssh-whois` (requêtes WHOIS), `ssh-machine` (analyse système), et `ssh-galactic-forensic` (forensique). La persistance repose sur MongoDB (port 27017, données critiques) et MySQL (port 3306, exercices d'injection SQL isolés).

#### 4.4.2 Frontend

Chaque challenge est développé comme un « mini-site » indépendant dans son propre dossier (ex: `01_windows_login/`, `07_url_modification/`). La structure type est un fichier HTML de lancement

chargeant `css/style.css`, des scripts globaux dans `/js`, un header commun (logo, progression, bouton retour), `popup.html` pour introduction avec les indices, et un dossier `img/` pour les ressources visuelles.

Lorsque le joueur·euse arrive sur un challenge, une popup s'ouvre avec le contexte et un bouton « Commencer le challenge ! ». Un bouton « Indice » est disponible pour obtenir de l'aide.

#### 4.4.2.1 Flux de validation

Le joueur·euse soumet sa réponse via un champ de saisie, déclenchant un appel API vers le backend. Si correcte, le backend met à jour `User.flagged` dans MongoDB et renvoie l'URL du challenge suivant (HTTP 200). Le frontend ferme la popup de félicitations et déverrouille l'onglet suivant.

#### 4.4.3 Cartographie des challenges

Un fichier JSON (Annexe A) répertorie tous les challenges (nombre, ordre, URLs). Il assure le contrôle d'intégrité et facilite l'ajout de nouveaux défis.

Ordre	Dossier / fichier de lancement	Technique ciblée	Intention pédagogique
0	<b>0_Intro</b> (pas de challenge)	-	Mise en contexte
1	<code>01_windows_login/windows_login.html</code>	OSINT et mot de passe à partir des réseaux sociaux	Montrer l'impact de l'exploitation des données personnelles publiquement accessibles
2	<code>02_browser_history/browser_history.html</code>	Lecture d'historique	Comprendre la collecte de preuves côté client
3	<code>03_same_color_text/index-01.html</code>	Texte blanc-sur-blanc	Chercher du contenu caché dans le DOM
4	<code>04_html_comment/comment.html</code>	Commentaires HTML	Repérage d'indices dans la source
5	<code>05_admin_cookie/index.html</code>	Manipulation de cookie	Bypass d'autorisation client-side
6	<code>06_caesar_cipher/cesar_data.html</code>	Chiffrement César	Notions de cryptanalyse papier
7	<code>07_url_modification/gallery1.html</code>	Altération de paramètre GET	URL tampering / directory browsing
8	<code>08_SQL_injection/sql_injection.html</code>	Injection SQL	Contourner une authentification
9	<code>09_image_forensic/index.html</code>	EXIF / métadonnées	OSINT sur images, géolocalisation
10	<b>10_outro</b>	-	Clôture et teasing final

La même architecture est appliquée au scénario « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » 4.2.2, avec des défis similaires mais adaptés à un univers de science-fiction.

#### 4.4.4 Gestion des données

MongoDB stocke les données critiques de la plateforme via les modèles Mongoose (27) définis dans `db.js` (Annexe C). Trois collections principales sont gérées : `Flag` pour les flags hachés en SHA3-256 initialisés depuis les variables d'environnement `CHALL_FLAGS_2020` et `CHALL_FLAGS_2021`, `User` pour les profils utilisateur avec les champs `uuid`, `name`, `surname`, `mail` et un tableau `flagged` pour suivre la progression, et `Visitor` pour les compteurs de visiteurs par heure. Le système d'initialisation automatique calcule le hash SHA3-256 de chaque flag et l'insère s'il n'existe pas déjà. Cette approche assure la persistance des données utilisateur sans exposer les réponses en clair en cas de tentative d'injection SQL.

La base MySQL, initialisée via le script `init.sql` (Annexe D), sert exclusivement aux défis d'injection SQL. Elle contient deux tables : `users` avec les champs `ID` et `pass` (mots de passe volontairement stockés en clair), et `posts` pour les fonctionnalités de recherche. Cette base de données ne possède aucune protection pour servir de cible lors d'attaques, isolant ainsi les vulnérabilités sans risquer d'altérer les vrais enregistrements MongoDB.

#### 4.4.5 Backend

##### 4.4.5.1 Routage

Traefik agit comme un reverse proxy et d'entrée unique pour les services. Il retire les préfixes via StripPrefix avant de transmettre aux services. Exemple : `POST /backend/visitor` devient `POST /visitor` pour Express ou `GET /ssh/?hostname=sshmachine` devient `GET /?hostname=sshmachine` pour wsssh.

La page d'accueil `index.html` effectue un appel `POST /backend/visitor` pour incrémenter le compteur de visiteurs de la plateforme. La page de connexion `login.html` utilise deux endpoints qui sont `POST /backend/login` pour l'authentification des utilisateurs et `GET /backend/logout` pour la déconnexion. La page de statistiques `statistics.html` utilisent plusieurs endpoints avec `GET /backend/stats/*` pour récupérer les données de progression et de performance.

Le script `js/main.js` gère les interactions du scénario principal avec deux appels, `POST /backend/2020/flag` pour la validation des réponses et `POST /backend/user` pour la gestion des données utilisateur. Le script `js/galacmain.js` suit la même logique pour le scénario galacgame avec `POST /backend/2021/flag` et `POST /backend/user`.

Le challenge Windows Login (`challenges/01_windows_login/windows_login.html`) utilise l'endpoint `POST /backend/2020/checkFlag` pour valider les tentatives d'authentification OSINT. Le challenge d'injection SQL (`challenges/08_SQL_injection/sql_injection.html`) communique directement avec `POST /backend/db` pour permettre l'exploitation des vulnérabilités de la base de données.

Les défis qui ont besoin d'un terminal utilisent des iframes qui pointent vers `/ssh?...`, routées par Traefik vers webssh puis vers les conteneurs `sshmachine*`.

##### 4.4.5.2 API Express

L'API Express (Annexe B) gère la logique serveur via plusieurs modules fonctionnels :

**Validation des défis :**

- `POST /:year/flag` : hash SHA3-256 de la réponse, comparaison avec MongoDB, ajout à `user.flagged`
- `POST /:year/checkFlag` : validation sans mise à jour de progression

**Suivi utilisateur :**

- Middleware cookies UUID (`uuidv4`) pour suivi sans compte
- `POST /user` : enregistrement (nom, prénom, email) après complétion totale
- `POST /login` : authentification admin (env vars `SHANA_USER / SHANA_PASS`), cookie JWT
- `GET /logout` : suppression cookie

**Statistiques** (protégées JWT) :

- `GET /stats/getEditions`, `GET /stats/visitors`, `GET /stats/finished?year=...`,  
`GET /stats/flagPerChall?year=...`

**Endpoints vulnérables (pédagogiques) :**

- `POST /db`, `POST /db/search` : injection SQL volontaire sur MySQL `dday.users` et `posts`

**4.4.6 Webssh et conteneurs SSH**

Webssh fournit un terminal web via `/ssh`. Trois conteneurs cibles SSH sont disponibles, chacun avec des outils spécifiques pour les défis :

- `ssh` : `rbash` restreint, outils (`exiftool`, `ls`)
- `sshmachine-whois` : binaire `whois` personnalisé, OSINT
- `sshmachine-galactic-forensic` : `libimage-exiftool-perl`, fichiers forensiques (`photo-gallery.jpg`)

**4.5 Analyse de la sécurité**

L'architecture de sécurité de la plateforme *CyberGame* repose, dans un premier temps, sur la séparation entre deux systèmes de gestion de base de données distincts, créant ainsi une surface de vulnérabilité contrôlée et isolée.

La gestion des variables sensibles s'appuie sur un système d'injection sécurisé via les fichiers d'environnement. Les flags de validation des challenges sont stockés sous forme de hash SHA3-256 dans MongoDB, garantissant qu'aucune réponse n'est exposée en clair. Cette approche conserve l'aspect pédagogique des exercices tout en permettant de garder un niveau de sécurité pour les données persistantes.

Cependant, en examinant plus en détail la plateforme, une vulnérabilité de sécurité a été identifiée. En effet, il est possible d'accéder directement aux différents challenges sans avoir complété les précédents, en utilisant l'URL directe. Par exemple, en accédant à `https://shana.heig-vd.ch/challenges/05_admin_cookie/index.html`, le joueur·euse peut directement accéder au challenge de modification des cookies sans avoir validé les étapes précédentes, comme le montre les Figure 12 et Figure 13. Le joueur·euse peut ainsi résoudre un challenge via l'URL directe sans passer par l'interface du jeu.

## ARCHITECTURE DE LA PLATEFORME CYBERGAME EXISTANTE

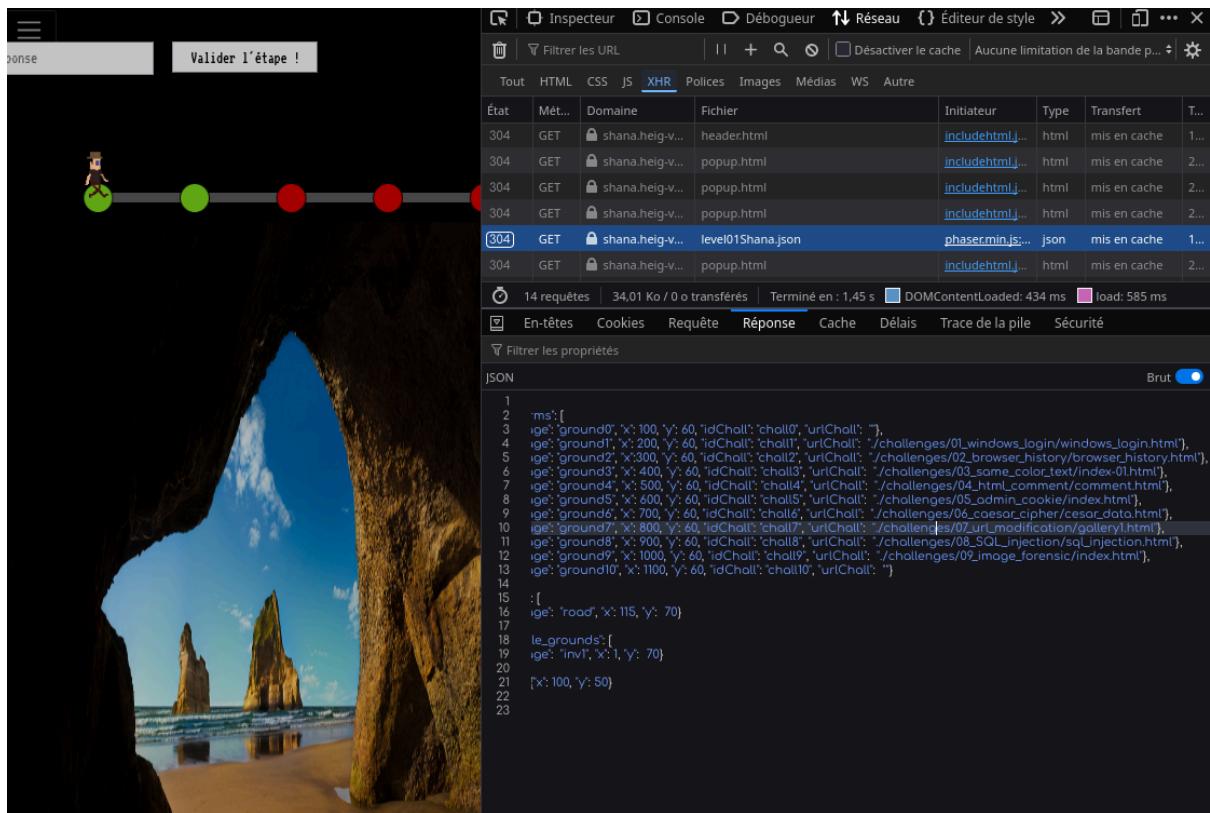


Fig. 12. – Identification de tous les liens pour les différents challenges

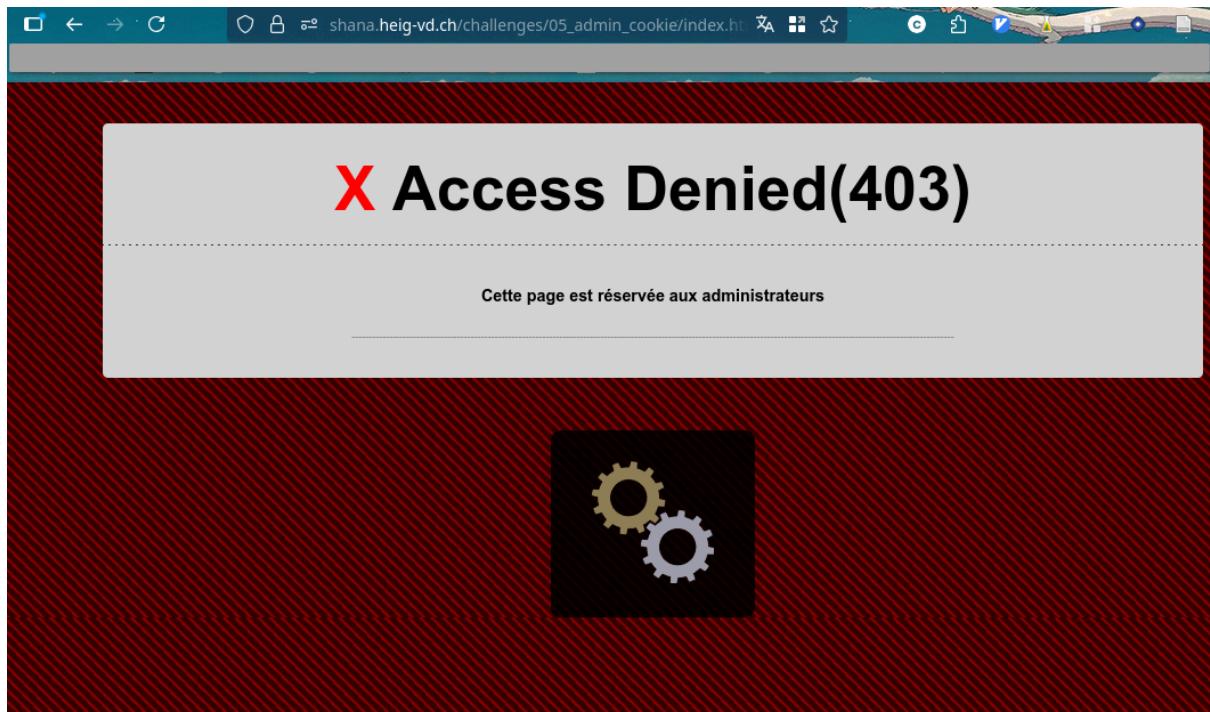


Fig. 13. – Accès à un challenge sans avoir complété les précédents via l'URL directe

De plus, il est possible d'accéder à toutes les popups des challenges avec les indices

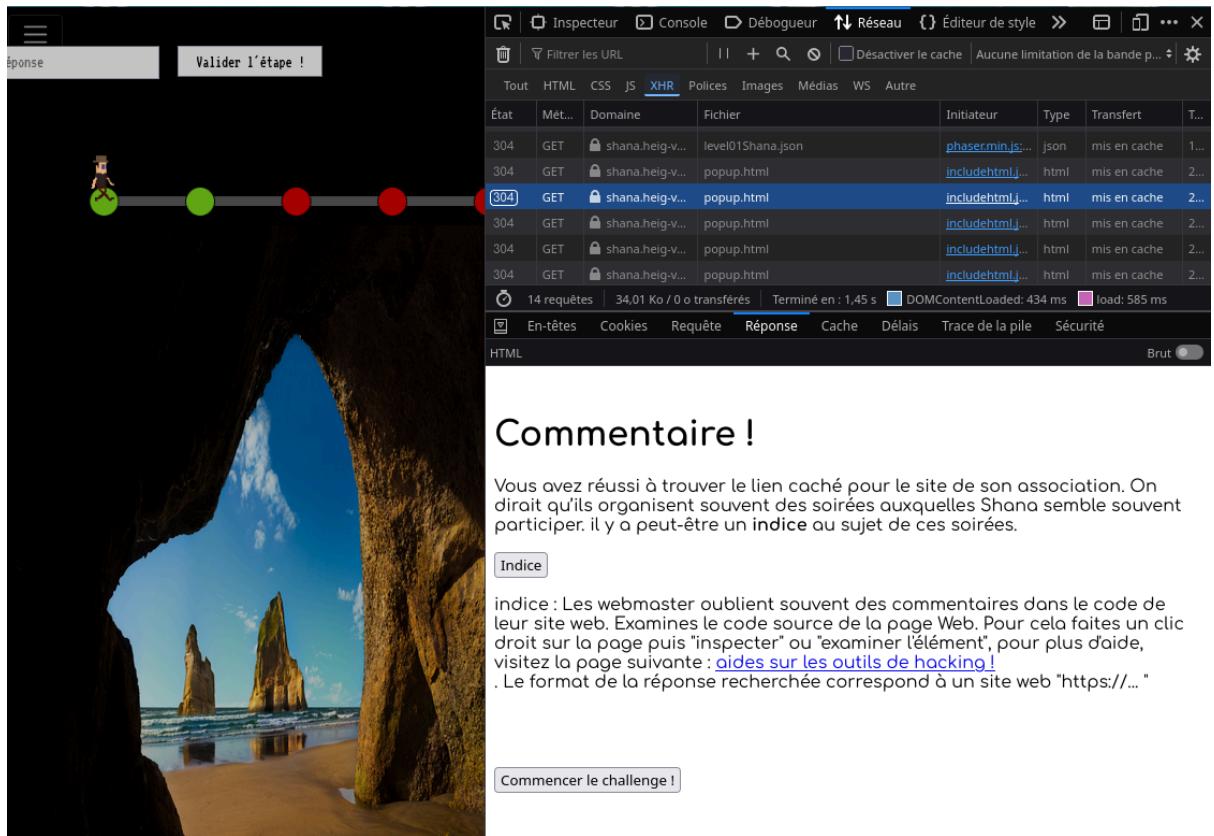


Fig. 14. – Accès à toutes les popups des challenges avec les indices

Enfin, il est possible de valider un challenge via une modification de requête POST, comme le montre la Figure 15. Le joueur-euse peut ainsi envoyer une requête POST vers l'API backend avec le `chall` et la `flag` pour valider un challenge sans passer par l'interface du jeu et sans avoir complété les étapes précédentes.

## ARCHITECTURE DE LA PLATEFORME CYBERGAME EXISTANTE

---

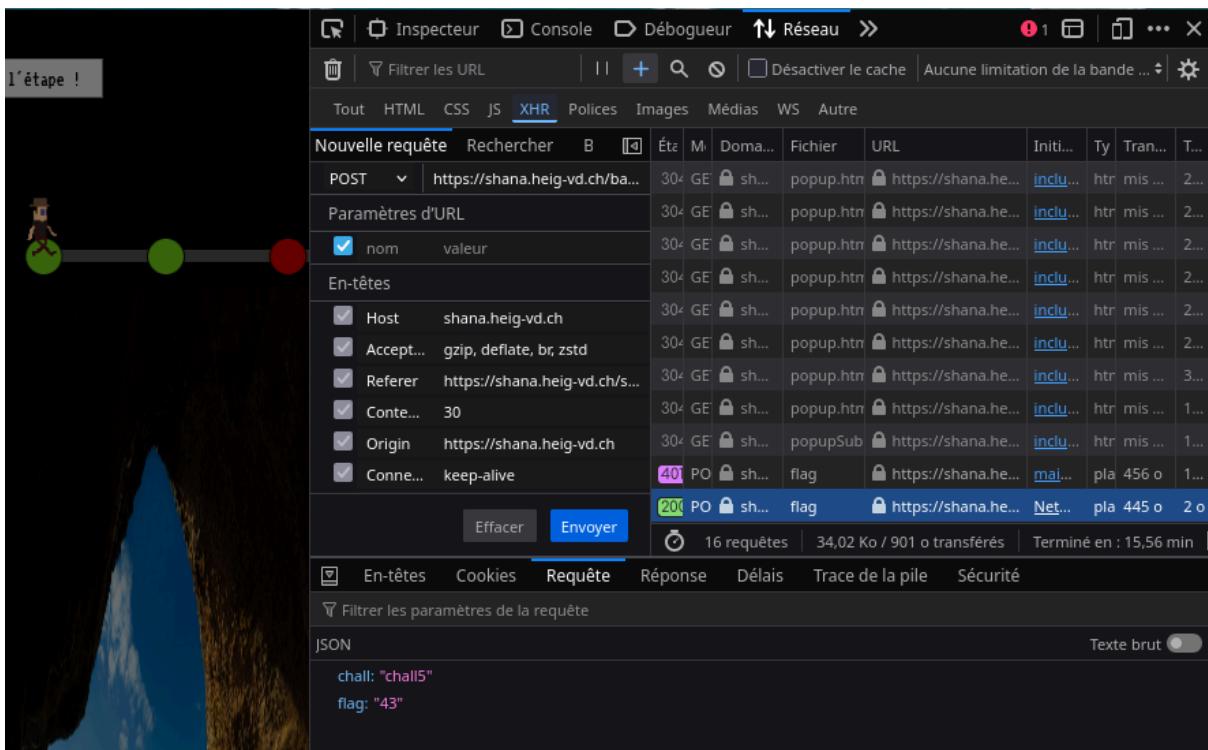


Fig. 15. – Résolution du challenge via une requête POST sans passer par l'interface du jeu

# 5 Propositions de nouveaux scénarios

Ce chapitre présente les différents scénarios imaginés pour la plateforme *CyberGame*. L'objectif était de trouver des histoires captivantes et pédagogiques tout en intégrant des éléments de jeu pour travailler les aspects de la cybersécurité. Pour réussir à trouver un scénario adapté, il a fallu s'inspirer de faits réels et de CTF afin d'imaginer les challenges. Les mécaniques de jeux et leurs objectifs pédagogiques ont été analysés. Ensuite, trois scénarios ont été élaborés, chacun avec ses propres défis et compétences visées tout en restant accessible à tout le monde. Chaque scénario est présenté avec une description détaillée, les compétences travaillées et les étapes pour le résoudre.

## 5.1 Scénario réaliste : Blackout dans le Centre Hospitalier Horizon Santé

Ce scénario reprend une situation fictive, mais inspirée de faits réels. Ici, le joueur·euse fait partie d'une équipe de cybersécurité qui fait face à une attaque par ransomware dans un hôpital. Le but est de résoudre des défis techniques pour rétablir les services vitaux avant qu'il ne soit trop tard. L'inspiration de ce scénario vient de plusieurs incidents réels, notamment les attaques de ransomware avec une hausse croissante sur des infrastructures critiques comme les hôpitaux et les réseaux électriques (28).

Dans un premier temps, le joueur·euse doit remonter à l'origine de l'attaque en analysant un email de phishing qui a permis aux attaquants de pénétrer le réseau de l'hôpital. L'email de phishing révèle le domaine pirate ; c'est la première piste. Ensuite, il devra explorer un faux portail VPN mis en place par les attaquants pour exfiltrer des données. Grâce au commentaire HTML laissé par négligence, le joueur·euse voit l'inventaire complet des sauvegardes et récupère une archive historique qui contient un malware. Dans cette archive se cache `hx_dropper.ps1` ; la dé-obfuscation fournit l'adresse du serveur C2, prouvant que l'hôpital est toujours sous contrôle externe. Sur le C2, un fichier de configuration chiffré recèle le mot de passe administratif du ransomware ; une simple attaque XOR suffit à l'extraire. Grâce à ce mot de passe, le joueur·euse peut accéder aux journaux du ransomware et découvrir un kill-switch caché dans une radiographie. En entrant ce kill-switch dans la console d'urgence, le joueur·euse neutralise la seconde vague d'attaques et sauve les services vitaux de l'hôpital.

« Le Centre hospitalier Horizon Santé tourne sur groupe électrogène depuis trois heures : un ransomware a chiffré les serveurs cliniques, puis a sauté la barrière réseau et mis hors service le réseau électrique qui alimente le bloc opératoire. Le générateur de secours n'a plus que 68 minutes d'autonomie. Si rien n'est fait, huit opérations à cœur ouvert devront être interrompues. Votre équipe vient d'être branchée en urgence sur le réseau isolé de l'hôpital. Votre mission : remettre les services vitaux en ligne avant la fin du compte à rebours et bloquer la seconde vague annoncée par les attaquants. »

## Challenges à réaliser

Etape	Nom du challenge	Compétence travaillée	Description du challenge
1	<u>Mail Contagieux</u>	OSINT & forensic email	Analyse d'un fichier .eml : inspection des en-têtes Received/Return-Path pour identifier l'IP et le domaine d'envoi.
2	<u>Shadow VPN Portal</u>	Exploitation Web	Explorer l'HTML afin d'y trouver un commentaire qui contient la liste de toutes backup.
3	<u>Script d'infection</u>	Reverse Engineering	Dé-obfuscation d'un script PowerShell (Base64 + XOR 0x20) pour révéler l'URL C2 <a href="https://c2.hz-cloud.net/api">https://c2.hz-cloud.net/api</a> .
4	<u>Coffre chiffré</u>	Cryptographie	Attaque known-plaintext sur <code>vault.cfg.enc</code> : découverte d'une clé XOR répétée (6 octets).
5	<u>Radiographie piégée</u>	Stéganographie	Extraction du kill-switch dissimulé dans la radiographie <code>thorax_xray.png</code> via binwalk/steghide.

### 5.1.1 Mail Contagieux : OSINT et forensic d'email

Dans un premier temps, le joueur·euse doit analyser un email de phishing qui a permis aux attaquants de pénétrer le réseau de l'hôpital. Cet email contient une pièce jointe malveillante `planning_salle_op.xlsx` qui a été ouverte par un employé, déclenchant ainsi l'attaque.

1. Ouvrir `planning_salle_op.eml` dans l'IDE.
2. Ouvrir les en-têtes (Thunderbird / webmail / outil en ligne).
3. Repérer l'IP de la première ligne `Received:` et le domaine dans `Return-Path`.
4. Vérifier la réputation du domaine sur un service WHOIS/OSINT.

Outils nécessaires : IDE, WHOIS.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Consulte uniquement les tous premiers en-têtes `Received:`, la vraie origine est souvent dans la ligne la plus basse.
- Indice 2 : L'expéditeur imite le sous-domaine support d'Horizon Santé.
- Indice 3 : Vérifie la réputation WHOIS : un domaine proche d'`horizonsante.com`, mais pas identique, ressort comme malveillant.

Flag attendu : `horizonsante-support.com`

Le sous-domaine sera la cible du défi 2.

### 5.1.2 Shadow VPN Portal : Exploitation Web

Le joueur·euse doit maintenant accéder à un faux portail VPN de l'hôpital <https://vpn.horizonsante-support.com/>, qui a été mis en place par les attaquants pour exfiltrer des données. Le faux portail VPN propose un bouton « Dernière sauvegarde » qui appelle :

<https://vpn.horizonsante-support.com/repo/download.php?file=latest>

Le joueur·euse devra ensuite explorer le code HTML pour trouver un commentaire qui pointe vers un fichier `/repo/manifest.json`, qui contient la liste des sauvegardes disponibles.

1. Afficher le code source de la page. Chercher `<!--` → on trouve :

`<!-- TODO : nettoyer /repo/manifest.json avant mise en prod -->`

2. Ouvrir <https://vpn.horizonsante-support.com/repo/manifest.json> Le JSON liste toutes les sauvegardes.
3. Rejouer la requête de téléchargement mais remplacer `file=latest` par `file=backup-2025-07-12.tar.gz`.
  1. Le serveur répond 200 OK et livre l'archive `backup-2025-07-12.tar.gz`.
  2. En listant l'archive il voit une liste de dossiers et fichiers, dont un fichier `tar.gz` compressé.

**Outils nécessaires** : Navigateur et DevTools.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Regarde le code source ; les développeurs commentent parfois des URLs utiles.
- Indice 2 : Le fichier `manifest.json` ressemble à un index automatique des sauvegardes.
- Indice 3 : Utilise l'un des noms trouvés pour remplacer `latest` dans le paramètre `file`.

**Flag attendu** : `hx_srv_full_0712.tar.gz`

Une fois le fichier trouvé décompressé, il devient l'objet du défi 3.

#### 5.1.3 Script d'infection : Reverse Engineering

Une fois qu'il a téléchargé le fichier `hx_srv_full_0712.tar.gz`, le joueur·euse découvre un script PowerShell obfusqué nommé `hx_dropper.ps1`. Ce script est compacté : variables à un caractère, chaîne Base64 + XOR 0x20. Il est utilisé par les attaquants pour établir une connexion avec leur serveur de commande et contrôle (C2) et exfiltrer des données.

1. Repérer la chaîne Base64 dans le code.
2. Dé-obfuscuer : Base64 en bytes puis XOR 0x20.
3. Lire l'URL C2 (<https://c2.hz-cloud.net/api>).

**Outils nécessaires** : Script Python.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Une chaîne très longue terminant par `=` ou `==` est presque toujours du Base64.
- Indice 2 : Après Base-64 tu verras beaucoup de `0x20`.
- Indice 3 : XOR avec `0x20` caractère par caractère.

**FLAG attendu** : `c2.hz-cloud.net`

Cette URL pointe vers la clé chiffrée du défi 4.

#### 5.1.4 Coffre chiffré : Cryptographie

Sur ce C2 se trouve `vault.cfg.enc`. Le joueur·euse doit maintenant déchiffrer le fichier de configuration chiffré `vault.cfg.enc` trouvé dans l'archive. Le fichier clair commence par `CFG=`. Le

ransomware a utilisé un XOR de 6 octets pour chiffrer ce fichier. Le joueur·euse doit retrouver la clé de chiffrement en utilisant une attaque known-plaintext.

1. Deviner que `CFG= (hex 43 46 47 3D)` est le plaintext.
2. XOR le début du chiffré avec `CFG=` et retrouver la clé.
3. Appliquer la clé pour déchiffrer tout le fichier.
4. Lire la ligne `ADMIN_PASS=Aur0raVital@2025`.

**Outils nécessaires :** Script Python.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Cherche un motif ASCII typique en clair dans le début du fichier ; un fichier de config commence souvent par `CFG=`.
- Indice 2 : Calcule `Chiffré ⊕ Clair` sur les 6 premiers octets.
- Indice 3 : Réapplique cette clé répétée jusqu'à la fin, le mot de passe admin apparaît vers les premières lignes.

**Flag attendu :** `Aur0raVital@2025`

Le mot de passe permet d'ouvrir les logs du défi 5.

#### 5.1.5 Radiographie piégée : Stéganographie

Dans le dossier patient, le joueur·euse trouve une radiographie `thorax_xray.png` qui semble normale, mais qui est anormalement lourd. Le ransomware a dissimulé un kill-switch dans cette image pour désactiver son attaque. Les renseignements obtenus dans le défi 4 (mot de passe `Aur0raVital@2025`) devront être utilisés pour extraire ce message.

1. Télécharger `thorax_xray.png`.
2. Lancer `binwalk -e thorax_xray.png` ou ouvrir l'image avec `steghide` et trouver un fichier caché (ZIP ou steghide data)
3. Quand l'outil demande le mot de passe, entrer `Aur0raVital@2025` (flag du défi 4)
4. Extraire le petit fichier `kill.txt` (ou `kill_switch.conf`) et lire son contenu

**Outils nécessaires :** Binwalk / steghide / zsteg et éditeur de texte.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le PNG fait anormalement > 15 Mo : il dissimule très probablement des données concaténées.
- Indice 2 : `binwalk -e` montre qu'un bloc ZIP/Steghide data débute après l'en-tête de l'image.
- Indice 3 : Utilise le mot de passe à l'étape 4 pour déverrouiller le fichier.

**Flag attendu :** `HZ_SECOND_STOP`

Le joueur·euse copie la chaîne dans le champ kill-switch de la console d'urgence. L'alerte « Seconde vague neutralisée » s'affiche. Le compte à rebours au bloc opératoire s'interrompt avec un dernier message : « Mission accomplie ! Les données patients sont sauvées et la seconde vague n'aura jamais lieu. Nous avons déjà lancé le plan de remédiation complet et enclenché la traçabilité juridique grâce aux évidences collectées. »

## 5.2 Scénario aventurier : Opération « CipherFox » - Infiltration

Ce scénario plonge le joueur·euse dans la peau d'un espion, l'agent CipherFox, qui doit infiltrer une entreprise de haute technologie pour voler des secrets industriels. Le joueur·euse devra résoudre une série de défis techniques pour mener à bien sa mission sans se faire repérer par l'équipe de sécurité de l'entreprise. Cette histoire s'inspire de récits d'espionnage et de cyberattaques réels, où les hackers exploitent des vulnérabilités pour accéder à des informations sensibles (29).

Déguisé en consultant, le joueur·euse, alias CipherFox, commence son infiltration depuis sa suite d'hôtel : il déchiffre le hash SHA-1 caché dans les métadonnées d'un PDF public pour deviner le mot de passe et se connecter au Wi-Fi invité de KeyWave Systems. En ligne, il se rend au portail partenaires ; grâce à une injection SQL furtive qui contourne le WAF, il ouvre une session interne et obtient un `session_token`. Afin d'effacer toute trace, il patche ensuite le micro-service `session_tap.exe` le journal d'audit ne consignera plus son passage. Dans le répertoire `/vault/`, il trouve `design_note.sec` qu'il devra réussir à déchiffrer. Enfin, la dernière étape, le SOC a intercepté un dump DNS où chaque sous-domaine `.fox.tunnel` transporte un fragment Base36. Il reconstitue le fichier `plans.zip.aes` et le déchiffre avec la pass-phrase trouvée dans le fichier précédent. Le flag final est révélé dans le fichier `README.txt` de l'archive.

« Vous êtes un espion, l'agent CipherFox, et vous travaillez sous couverture. Déguisé en consultant, tu occupes la suite 1903 d'un palace à Genève. Votre mission : Voler les plans de KeyWave Systems : clé matérielle FIDO2 + déverrouillage biométrique qui pourrait tuer les mots de passe classiques. Sa valeur estimée est de plusieurs millions. Le plan d'exfiltration se déroule en cinq étapes ; chacun correspond à un « challenge » que vous devrez résoudre pour mener à bien la mission sans attirer l'attention de l'équipe de sécurité (SOC) de l'entreprise. »

### Challenges à réaliser

Etape	Nom du challenge	Compétence travaillée	Description du challenge
1	<u>Hotspot Mirage</u>	OSINT et Cryptographie	Retrouver le mot de passe Wi-Fi en comparant le SHA-1 stocké dans les métadonnées du PDF « keynote_KeyWave.pdf ».
2	<u>Admin Bypass</u>	Exploitation Web	Contourner le filtre WAF sur le formulaire login des partenaires et obtenir le <code>session_token</code> .
3	<u>Micro-Patch</u>	Reverse Engineering	Patcher le binaire <code>session_tap.exe</code> (x86) pour désactiver la routine <code>audit()</code> .
4	<u>SecureNote Cipher</u>	Cryptographie	Casser un XOR 3 octets dans <code>design_note.sec</code> afin d'extraire la pass-phrase qui protège les plans.
5	<u>DNS Drip</u>	Forensic réseau	Reconstituer <code>plans.zip.aes</code> à partir des requêtes DNS vers <code>*.fox.tunnel</code> , décoder Base36, déchiffrer avec la pass-phrase.

### 5.2.1 Hotspot Mirage : OSINT et Cryptographie

Pour ce premier challenge, le joueur·euse doit se connecter au Wi-Fi de KeyWave Systems (KWS) pour accéder à leur intranet. Le mot de passe est partiellement lisible dans un prospectus trouvé dans sa chambre d'hôtel, mais il manque une partie du texte :

```
Welcome to our guests! Wi-Fi code: KeyWave-**-VIP
```

Le code suit toujours la convention interne : `KeyWave-<QUADRIMESTRE>-VIP` Le joueur·euse doit donc retrouver le mot de passe complet en analysant les métadonnées du PDF de la présentation de KeyWave Systems `keynote_KeyWave.pdf`, présent sur le flyer. Ce PDF contient un champ custom metadata `wifi_hash` : une empreinte du mot de passe complet.

1. Télécharger `keynote_KeyWave.pdf`, l'ouvrir avec exiftool et lire la ligne :

```
wifi_hash = 779a10d6ff824bbdfbed49242e48c4806977db3b
```

2. Générer les 4 candidats : `KeyWave-Q1-VIP`, `KeyWave-Q2-VIP`, `KeyWave-Q3-VIP`, `KeyWave-Q4-VIP`.
3. Calculer leurs SHA-1 (`sha1sum` ou `CyberChef`) et comparer pour trouver que seule `KeyWave-Q2-VIP` correspond.
4. Se connecter au réseau KWS-Guest avec ce mot de passe.

**Outils nécessaires** : Exiftool, `sha1sum` ou `CyberChef`.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le QR code te permet d'avoir accès à une brochure PDF. Elle conserve des métadonnées ; ouvre-la avec exiftool pour voir s'il n'y a pas un champ inhabituel.
- Indice 2 : Le hash dans le PDF fait 40 hexa, ce qui correspond à SHA-1.
- Indice 3 : le mot de passe suit toujours le motif `KeyWave-Q?-VIP` ; calcule le SHA-1 des quatre possibilités et repère celui qui correspond au hash trouvé.

**Flag attendu** : `KeyWave-Q2-VIP` Le code permet d'avoir accès au Wi-Fi ainsi qu'à la page de connexion des partenaires.

### 5.2.2 Admin Bypass : Web Exploitation

Le joueur·euse doit maintenant accéder à l'intranet de KeyWave Systems `https://intra.keywave.local/partners/login.php` pour voler les plans. Le formulaire de connexion comporte les champs `email` et `mot de passe`. Un email de la responsable média se trouve sur le flyer. Il faudra l'utiliser pour ce challenge. Il doit contourner le filtre basique WAF (Web Application Firewall) sur la page de connexion des partenaires, qui refuse toute requête contenant le mot-clé exact `OR` (maj/min indifférent) ou la séquence `--`. Aucune requête préparée et le backend exécute toujours :

```
SELECT partner_id, session_token
FROM partners
WHERE email = '$mail' AND passwd = '$pw';
```

Pour contourner le filtre, le joueur·euse doit utiliser une injection SQL pour éviter la restriction WAF. Il peut utiliser un commentaire `(/**/)` SQL au milieu du mot-clé pour casser le mot-clé `OR` et ainsi obtenir le `session_token` du partenaire.

1. Renseigner email avec une vraie adresse interne, qui se trouve dans le pdf Responsable média : `alice.martin@keywave.com`.
2. Dans mot de passe, saisir : `' 0/**/R 1=1 #` (le `/**/` casse le mot-clé pour le WAF ; `#` remplace `--` comme commentaire fin de ligne accepté par MySQL).

**Outils nécessaires :** Navigateur.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le WAF bloque `OR` en clair, mais un commentaire `/**/` interrompt les mots.
- Indice 2 : MySQL accepte le dièse `#` comme commentaire d'une ligne.
- Indice 3 : Essaie de scinder `OR` : `0/**/R`, puis termine le restant de la requête avec `#`. N'oublie pas d'utiliser l'adresse `alice.martin@keywave.com` trouvée sur le flyer.

**Flag attendu :** PART-7XG4

#### 5.2.3 Micro-Patch : Reverse Engineering

Le joueur·euse a maintenant le `session_token`, mais il doit effacer toute trace de sa connexion pour éviter d'être détecté par le SOC. Le micro-service `session_tap.exe` consigne chaque utilisation d'un `session_token` partenaire dans un fichier `audit.log`. Tant qu'il détecte la valeur `PART-7XG4` (celle récupérée dans le challenge 2), il écrit une ligne dans ce journal. Le joueur·euse doit modifier le binaire pour que la fonction `audit()` retourne toujours `0`, ce qui effacera toute trace de sa connexion.

1. Ouvrir `session_tap.exe` dans Ghidra.
2. Rechercher la constante ASCII `PART-7XG4`, cela mène à `cmp eax, 0x50415254`. (« PART »).
3. Dans l'éditeur d'octets, remplacer par `31 C0 C3` (`xor eax, eax; ret`).
4. Sauver le binaire et le relancer.

**Outils nécessaires :** Ghidra, éditeur hexadécimal intégré.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Ouvre le binaire dans Ghidra et fais `Strings`. le token `PART-7XG4` s'y trouve en clair.
- Indice 2 : Clique sur Xrefs de cette chaîne et il y a un `cmp eax, 0x50415254` (ASCII "PART") .
- Indice 3 : Remplace le bloc de comparaison par `31 C0 C3` (`xor eax, eax ; ret`) , ce qui permettra à la fonction de renvoyer toujours `0` .

**Flag attendu :** patched\_md5=7ab8c6de

#### 5.2.4 SecureNote Cipher : Cryptographie

Le joueur·euse a réussi à se connecter à l'intranet de KeyWave Systems, mais il doit maintenant accéder aux plans FIDO2. Ils sont stockés dans un fichier sécurisé `design_note.sec` dans le répertoire `/vault/`. Le fichier est chiffré avec un XOR répété de 3 octets. La structure du fichier est la suivante : un en-tête non chiffré qui est `KWSX0Rv1` (8 octets), puis le contenu chiffré commence immédiatement après l'en-tête. Le joueur·euse sait que le texte chiffré commence par le mot `TITLE:` (6 octets). Il s'agit d'une attaque de type « known plaintext » (texte clair connu) sur un chiffrement XOR.

1. Télécharger `design_note.sec`.
2. Charger le fichier dans CyberChef et isoler le bloc chiffré.
3. XOR le bloc avec le plaintext connu `TITLE:`, permet de retrouver la clé.
4. Appliquer la clé répétée à tout le fichier.
5. Lire la ligne pass-phrase.

**Outils nécessaires :** CyberChef ou script Python.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le fichier commence par `KWSX0Rv1` non chiffré.
- Indice 2 : Juste après l'en-tête, il y a `TITLE:` en clair c'est un plaintext connu pour récupérer la clé.
- Indice 3 : La clé fait 3 octets et tourne en boucle, il faut l'appliquer sur tout le reste pour dévoiler la pass-phrase.

**Flag attendu :** `K3yW4v3-Q4-VIP-F1D0-M4st3rPl4n!`

#### 5.2.5 DNS Drip : Forensique réseau

Le joueur·euse a maintenant la pass-phrase pour déchiffrer les plans, mais il doit d'abord les récupérer. Les plans FIDO2, contenus dans le fichier `plans.zip.aes`, ont été exfiltrés via un tunnel DNS. Le SOC a fourni un fichier PCAP, `exfil_dns.pcapng`, capturé sur leur Système de Détection d'Intrusion (IDS). Chaque requête DNS vers le domaine `*.fox.tunnel` transporte un bloc du fichier, encodé en Base36. Le joueur·euse doit donc reconstituer le fichier `plans.zip.aes` à partir de ces requêtes DNS capturées, décoder les blocs Base36, puis déchiffrer l'archive obtenue en utilisant la pass-phrase récupérée lors du défi précédent.

1. Ouvrir le PCAP dans Wireshark et filtrer `dns.qry.name contains .fox.tunnel`.
2. Exporter toutes les valeurs Query Name, trier, concaténer les labels avant `.fox.tunnel`.
3. Utiliser base36decode pour obtenir `plans.zip.aes`.
4. Déchiffrer en utilisant la pass-phrase du défi  
`openssl aes-256-cbc -d -k K3yW4v3-Q4-VIP-F1D0-M4st3rPl4n! -in plans.zip.aes -out plans.zip`.
5. Ouvrir README.txt ; la première ligne contient le flag.

**Outils nécessaires :** Wireshark, utilitaire base36decode, openssl.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Filtre dans Wireshark `dns.qry.name contains .fox.tunnel` pour repérer une centaine de requêtes successives.
- Indice 2 : Les sous-domaines mélangent A-Z et 0-9 seulement : c'est un encodage Base36.
- Indice 3 : Le fichier résultant est un ZIP AES, déchiffre-le avec la pass-phrase trouvée avant  
`openssl aes-256-cbc -d -k K3yW4v3-Q4-VIP-F1D0-M4st3rPl4n! -in plans.zip.aes -out plans.zip`  
pour lire le flag.

**Flag attendu :** `FOX_COMPLETE`

Une fois terminé, le joueur·euse a réussi à exfiltrer les plans FIDO2 de KeyWave Systems sans se faire repérer et un dernier message apparaît : « `FOX_COMPLETE` est validé, l'agent CipherFox déclenche son plan d'exfiltration vers un serveur offshore ; les plans FIDO2 + biométrie quittent KeyWave Systems sans qu'aucune alerte ne soit déclenchée. Mission accomplie ! »

---

### 5.3 Scénario science-fiction : Fuite de l'Acheron

Dans ce scénario, le joueur·euse incarne un hacker capturé par des pirates de l'espace. Il devra résoudre une série de défis pour pouvoir s'échapper du vaisseau spatial Acheron. Le scénario est inspiré de récits de science-fiction et de jeux vidéo, où les joueur·euse·s doivent utiliser leur ingéniosité pour surmonter des obstacles technologiques.

Le premier défi consiste à déverrouiller la porte de sa cellule en retrouvant le mot de passe d'origine à partir d'un hash SHA-1 stocké dans le système de sécurité. Ensuite, il doit exploiter une vulnérabilité de type prototype pollution dans un portail web pour obtenir un accès technicien et débloquer le sas du couloir principal. Le joueur·euse devra également patcher le firmware d'un droïde de maintenance pour neutraliser sa fonction de détection et pouvoir passer sans être repéré. Puis, en utilisant un shell restreint, il devra explorer le système pour récupérer une clé de déverrouillage cachée dans un fichier de service `systemd` et ouvrir le sas principal du hangar. Enfin, il devra utiliser des techniques de stéganographie pour extraire une phrase secrète dissimulée dans les bits de poids faible d'une image des plans de la navette, permettant ainsi de démarrer les moteurs et de s'échapper.

« L'Acheron est un transport spatial pirate opérant dans la Ceinture de Kuiper. Son équipage t'a enlevé parce qu'ils connaissent ta réputation : ils veulent que tu craques le noyau de sécurité d'OrbitalBank, la banque décentralisée qui garde les coffres-forts crypto de la Fédération. Plutôt que de collaborer, tu décides d'essayer de te sauver. Le seul moyen de quitter l'Acheron est une navette de secours verrouillée au pont C. Pour l'atteindre, tu dois d'abord ouvrir chaque compartiment en détournant les systèmes du vaisseau. »

#### Challenges à réaliser

Etape	Nom du challenge	Compétence travaillée	Description du challenge
1	<u>HashLock</u>	Cryptographie	Analyse du hash SHA-1 trouvé dans <code>hatch.cfg</code> , utilisation d'une rainbow-table pour révéler le code.
2	<u>Portail Tech</u>	Exploitation Web	Prototype-pollution : injecter <code>__proto__: {"role": "tech"}</code> dans le JSON POST <code>/api/door</code> afin que l'API donne le token et ouvre le sas du couloir.
3	<u>Drone Patch</u>	Reverse Engineering	Dans <code>drn_guard.bin</code> localiser la chaîne <code>FRIENDLY_UID</code> , remplacer le bloc pour neutraliser le droïde sentinelle.
4	<u>Service Secret</u>	Enum système / Forensic	Avec le shell <code>tech_guest</code> , lire <code>/etc/systemd/system/hangar-door.service</code> et récupérer <code>ROOT_KEY</code> pour déverrouiller le sas principal du hangar.
5	<u>Plan Secret</u>	Stéganographie	Extraction, avec zsteg, de la charge cachée en LSB dans <code>shuttle_blueprint.png</code> pour obtenir la pass-phrase.

### 5.3.1 HashLock : Cryptographie

Le joueur·euse découvre un boîtier de sécurité sur la porte de sa cellule. Il contient un fichier `hatch.cfg` avec un hash SHA-1. Le but est de retrouver le code d'origine pour déverrouiller la porte.

```
unlock_hash = 54b8bc82e430c3bd7a4b52f3c2537ef84c046c07
```

1. Ouvrir la console fournie et lire `hatch.cfg`. Isoler la valeur du hash.
2. Reconnaître qu'un hash de 40 hex est un SHA-1.
3. Soumettre le hash à une base comme Hashes.com ou CrackStation.com.

**Outils nécessaires :** Navigateur et site de recherche de hash.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le hash fait 40 hexa, ce qui correspond à SHA-1.
- Indice 2 : Essaie une rainbow-table en ligne.
- Indice 3 : Les pirates adorent nommer leurs codes d'après les constellations, pense à un mot spatial + nombre .

**Flag attendu :** Orion88

### 5.3.2 Portail Tech : Exploitation Web

Le joueur·euse doit accéder au sas du couloir principal, qui est contrôlé par un portail React. Le frontend envoie une requête POST à l'API `http://172.30.0.5:8080/api/door` pour valider le badge du joueur·euse. Pour valider le badge, le frontend React envoie :

```
POST /api/door
Content-Type: application/json

{
  "ship_id": 9724,
  "payload": {}
}
```

Le backend `Node.js` assemble ensuite :

```
const cfg = _.merge(
  { role: "guest" },
  req.body.payload
);
if (cfg.role === "tech") openDoor();
```

Comme il utilise `lodash.merge` sans vérification, il est vulnérable à la prototype pollution. En injectant la clé spéciale `__proto__`, le joueur·euse redéfinit la propriété `role` dans l'objet hérité, le sas pense alors que tu es technicien et s'ouvre.

1. Intercepter la requête `POST /api/door`.
2. Rejouer la requête (avec Burp Repeater ou l'onglet Edit and Resend) en remplaçant le JSON par :

```
{
  "ship_id": 9724,
  "payload": {
    "__proto__": { "role": "tech" }
  }
}
```

3. Valider : la réponse renvoie

```
{
  "access": "tech",
  "status": "door unlocked",
  "unlock_token": "ACRN-42F9-TEK"
}
```

**Outils nécessaires :** Navigateur et DevTools.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le code frontend inclut lodash, cherche où `_.merge` est appelé avec `req.body.payload`.
- Indice 2 : Dans JavaScript, la clé magique `__proto__` peut injecter des propriétés dans tous les objets créés ensuite.
- Indice 3 : Si tu ajoutes `__proto__: {"role":"tech"}` dans la payload, la condition `cfg.role === "tech"` devient vraie.

**Flag attendu :** ACRN-42F9-TEK

#### 5.3.3 Drone Patch : Reverse Engineering

Le joueur·euse doit maintenant passer le droïde de maintenance qui garde le pont C. Le droïde est contrôlé par un firmware `drn_guard.bin` qui ne laisse passer que les badges dont l'UID est marqué comme « friendly ». Par chance, les développeurs ont laissé la chaîne ASCII `FRIENDLY_UID` dans le binaire, juste avant la fonction de comparaison d'UID. En localisant cette chaîne et en remplaçant la comparaison qui suit par un retour 0, le joueur·euse peut rendre le droïde aveugle à tous les badges, lui permettant ainsi de passer jusqu'au pont C sans être détecté.

- Ouvrir `drn_guard.bin` dans Ghidra.
- Rechercher la constante ASCII `FRIENDLY_UID`.
- Dans l'éditeur d'octets, remplacer `cmp r0, #0xF00D ; bne par movs r0,#0 ; bx lr`.
- Enregistrer le binaire et le relancer.

**Outils nécessaires :** Ghidra, éditeur hexadécimal intégré.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Dans Ghidra, liste les Strings et repère `FRIENDLY_UID`, la zone de code associée suit juste derrière.
- Indice 2 : Modifie ce test pour qu'il n'échoue jamais `cmp r0,#0xF00D ; bne : 0xF00D` est l'UID ami.
- Indice 3 : Remplace les octets par `01 20 70 47` (`movs r0,#0 + bx lr`), ça permet à la fonction de retourner toujours OK.

**Flag attendu :** KPR-7B9C Ce jeton servira ensuite de mot de passe pour le terminal du sas dans le défi 4.

#### 5.3.4 Service Secret : Enum système / Forensic

Le joueur·euse doit maintenant ouvrir le sas principal du hangar C pour accéder à la navette de secours. Le sas est contrôlé par une unité systemd nommée `hangar-door.service`. En se connectant avec le jeton récupéré lors du défi précédent, le joueur·euse obtient un shell restreint `tech_guest`. Les développeurs ont commis l'erreur de laisser le fichier de service lisible par tous, avec la clé de déverrouillage stockée en clair dans la section Environment. Il suffit donc d'afficher le contenu du fichier de service pour récupérer la clé et commander l'ouverture du sas.

1. Lister les unités `systemd` `systemctl list-unit-files | grep hangar`.
2. Afficher le fichier d'unité `cat /etc/systemd/system/hangar-door.service`.
3. Repérer la variable sensible :

```
[Service]
Environment=ROOT_KEY=HGR-42F9A8
ExecStart=/usr/local/bin/doorctl --token ${ROOT_KEY}
```

**Outils nécessaires :** Shell bash.

#### Indices graduels

- Indice 1 : `systemctl list-unit-files` montre tous les services déclarés.
- Indice 2 : Les fichiers `.service` se trouvent dans `/etc/systemd/system/`.
- Indice 3 : Dans la section `[Service]`, surveille la directive `Environment=` : le mot de passe commence par `HGR-` et comporte 6 caractères hex après le tiret.

**Flag attendu :** HGR-42F9A8

#### 5.3.5 Plan Secret : Stéganographie

Enfin, pour faire décoller la navette de secours, le joueur·euse doit entrer une pass-phrase secrète. Les ingénieurs ont caché cette phrase dans les plans techniques de la navette, stockés dans un fichier image `shuttle_blueprint.png`. Le fichier a un poids inhabituel (14 Mo), ce qui laisse penser qu'il contient des données cachées. En utilisant zsteg, le joueur·euse peut extraire les bits de poids faible (LSB) pour révéler la phrase secrète.

1. Lancer zsteg `shuttle_blueprint.png`.
2. Extraire la couche `lsb-rgb,b1` puis fichier `payload.txt`.
3. Ouvrir le fichier qui contient la phrase secrète.

**Outils nécessaires :** Ninwalk / steghide / zsteg et éditeur texte.

#### Indices graduels

- Indice 1 : Le PNG pèse 14 Mo, ce qui est trop lourd pour un plan 2D.
- Indice 2 : Zsteg indique un canal `b1, rgb` non vide, c'est souvent là que le texte est stocké.
- Indice 3 : Le mot-clé final finit par 42.

**Flag attendu :** FREEFLY-42

Le joueur·euse entre la phrase dans la console de la navette. Les moteurs s'allument, et la porte du hangar s'ouvre. Il peut enfin s'échapper de l'Acheron grâce à la navette de secours avec un dernier message : « Mission accomplie ! Tu as réussi à t'échapper de l'Acheron et à éviter les pirates. Les données sensibles sont en sécurité, et tu as prouvé ta valeur en tant que hacker. »

## 5.4 Choix du scénario final

Les différents scénarios ont été présentés au pôle Y-Security pour obtenir un retour et des recommandations afin de prendre une décision finale. Dans un premier temps, le pôle a apprécié la diversité des scénarios proposés et la manière dont ils abordent les différents aspects de la cybersécurité. Cependant, le scénario 3 a été jugé trop similaire à l'histoire « Sauve la Terre de l'arme galactique ! », notamment le côté science-fiction, et trop complexe. Il n'a pas été retenu pour la suite du projet. Le pôle a également souligné l'importance de rendre les scénarios plus accessibles aux débutant·e·s, tout en proposant des défis intéressants pour les utilisateur·trice·s plus expérimenté·e·s.

Les histoires 1 et 2 ont été jugées pertinentes et intéressantes. Ils ont proposé de les combiner pour créer un scénario plus complet autour du scénario 1 mais aussi avoir plus de challenges, car 5 challenges ne sont pas suffisants pour un scénario complet.

Enfin, un dernier point a été soulevé concernant le fait qu'il y avait trop de défis offline, c'est-à-dire sans interaction en temps réel avec le système. Il sera donc nécessaire d'y ajouter un défi technique, comme un bot, et donc de revoir la structure des défis pour les rendre plus accessibles et interactifs.

En résumé, le choix a été de se focaliser sur le scénario 1. Il sera enrichi avec des éléments du scénario 2 pour créer une histoire captivante et pédagogique, tout en intégrant des défis techniques et interactifs adaptés à un large public.

# 6 Scénario définitif et liste des challenges détaillés

Le scénario définitif retenu est l'histoire 1, intitulé « Blackout dans le *Centre Hospitalier Horizon Santé* », et il combine les challenges des scénarios 1 et 2 ainsi que de nouveaux défis adaptés afin de suivre une évolution cohérente d'une attaque par ransomware. Cette histoire s'inspire de faits réels qui pourraient arriver dans un hôpital et des étapes simplifiées qu'une équipe de cybersécurité devrait réaliser afin de récupérer les données et sécuriser l'infrastructure hospitalière.

Le scénario retenu, dans son ensemble inclue le détail des challenges, chacun visant à sensibiliser les participant·e·s à des aspects spécifiques de la sécurité informatique. Chaque challenge suit l'intrigue et est écrit pour être interactif et éducatif. Cela permet aux participant·e·s d'apprendre en pratiquant. Chaque des challenges explique plus en détail sur l'implémentation, ce qui est attendu du joueur·euse avec les consignes, les indices et les solutions attendues.

Le titre a du être remanié pour coller avec le scénario de l'histoire et donc porte le nom « Fuite de données dans le *Centre Hospitalier Horizon Santé* ». De ce fait, les anciens noms « Blackout » ont été remplacés par « Horizon ».

## Fil rouge du scénario

Le joueur·euse reçoit une information expliquant que l'hôpital subit une attaque par ransomware. Une mise en contexte est posée ainsi que le rôle qu'il va jouer : il incarne un membre de l'équipe cybersécurité de l'hôpital qui intervient pour contenir l'attaque et supprimer les données volées par les cybercriminels au Centre Hospitalier Horizon Santé (Challenge 0 Intro).

Après avoir retrouvé l'email de phishing à l'origine de l'attaque ([Challenge 1 Mail Contagieux](#)), il découvre le domaine frauduleux et se lance dans son exploration. Il y découvre un portail sûrement d'exfiltration mis en place par les assaillants ([Challenge 2 Portail Frauduleux](#)). Pour réussir à s'y introduire, il réalise une injection SQL pour contourner l'authentification et ouvrir une première session, mais seulement avec des droits utilisateur. Sur ce portail, il découvre un « Dépôt sécurisé » qui ne contient aucune donnée pertinente. Grâce à une mauvaise configuration des permissions sur les répertoires, il parvient à accéder à une archive chiffrée qui contient potentiellement des informations intéressantes ([Challenge 3 Partage Oublié](#)). En inspectant les métadonnées du fichier ZIP, le joueur·euse déchiffre le mot de passe grâce à une empreinte SHA-1 laissée dans les commentaires par les attaquants et grâce à un peu de bruteforce ([Challenge 4 Clé cachée](#)). Une fois le dossier dézippé, le joueur·euse découvre les fichiers sensibles de l'hôpital. Cependant, étant un simple utilisateur, il n'a pas les droits nécessaires pour supprimer ces données. L'archive contient aussi un script de monitoring d'un bot administrateur en développement. Grâce à du reverse engineering de ce script ([Challenge 5 Script Mystère](#)), il découvre l'existence de la page du bot en développement que les pirates utilisent

pour surveiller leur infrastructure. Grâce aux informations présentes sur la page et à une zone de texte, le joueur·euse peut déduire que le bot est vulnérable à une attaque XSS. Pour obtenir les droits administrateur nécessaires à la suppression des données, il faudra donc exploiter les vulnérabilités de ce chatbot via cette attaque. Une payload injectée dans le chat permet de capturer le cookie « admin » du bot et de le mettre dans le navigateur ([Challenge 6 Cookie Admin](#)). Le bouton « Supprimer » peut enfin être cliqué, ce qui va permettre de supprimer tous les fichiers volés et empêcher ainsi les attaquants de poursuivre leur chantage.

Enfin, pour s'assurer que l'attaquant ne puisse plus attaquer à nouveau, le joueur·euse devra analyser les logs VPN de l'hôpital, repérer l'IP qui tente d'exfiltrer massivement des données et l'inscrire dans la liste noire du pare-feu de l'hôpital ([Challenge 7 Blocage ciblé](#)). Le message final confirme le blocage et l'incident est officiellement terminé.

Pour terminer, le joueur·euse reçoit un message de fin qui conclut l'aventure ([Challenge 8 Outro](#)).

En parcourant ces sept défis, le participant·e peut avoir un aperçu d'avoir un aperçu sur tout le cycle d'une réponse à un incident : OSINT, exploitation Web, contrôle d'accès, cryptanalyse, reverse engineering, escalade de priviléges via XSS, et opérations de défense. Chaque étape montre une bonne pratique de cybersécurité à mettre en œuvre pour protéger les établissements de santé contre les ransomwares.

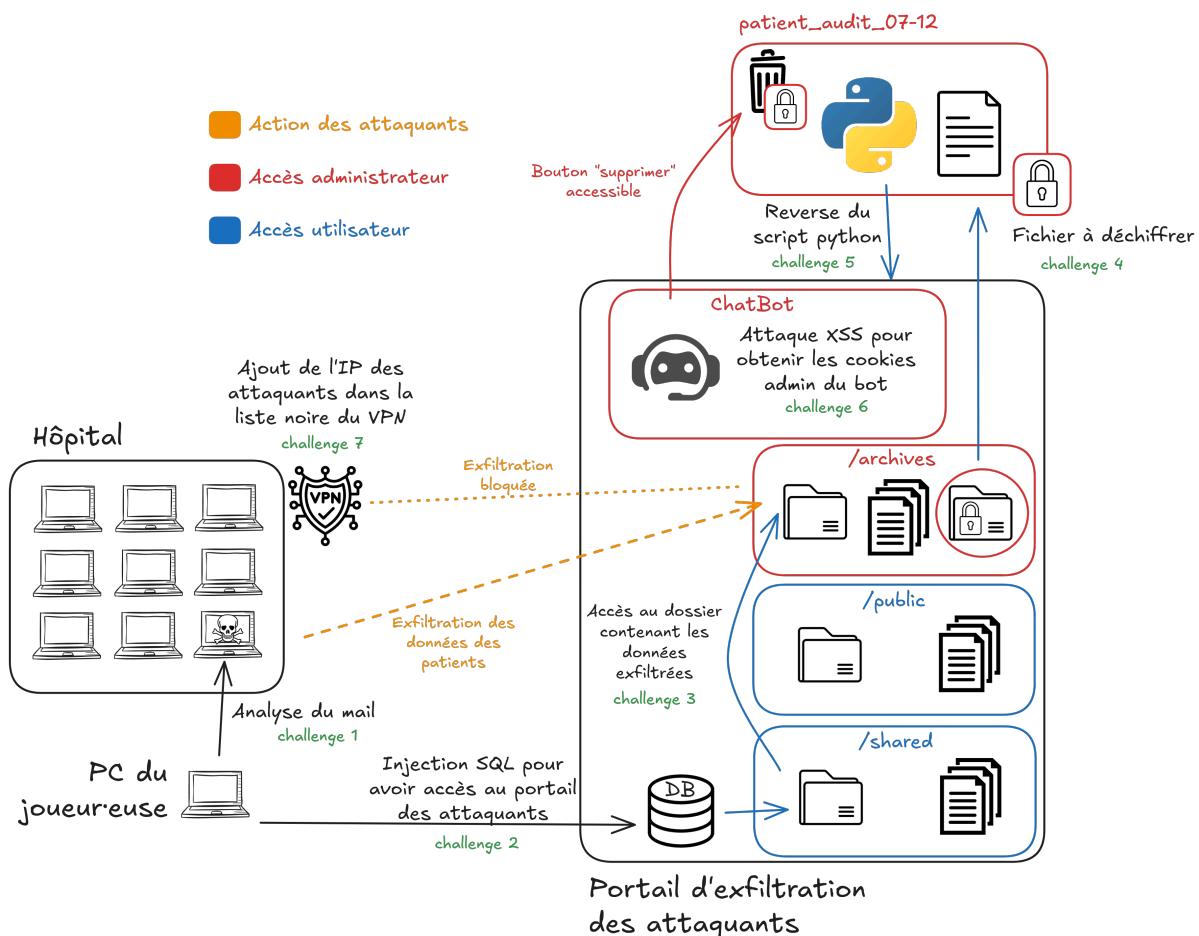


Fig. 16. – Schéma récapitulatif du scénario « Fuite de données dans le *Centre Hospitalier Horizon Santé* »

Il est important de noter que les challenges pourront être adaptés en fonction des compétences des joueur·euse·s et de leur niveau d'expérience lors de l'implémentation du code. Il ne s'agit que d'une proposition de structure et de contenu pour le scénario. Les défis peuvent être modifiés ou ajustés pour mieux correspondre aux objectifs pédagogiques et aux compétences visées.

### Challenges à réaliser

Étape	Nom du challenge	Compétence travaillée	Description du challenge
0	Introduction	-	Il s'agit de la genèse avec les informations de l'incident.
1	<u>Mail Contagieux</u>	OSINT et forensic email	Analyser les en-têtes d'un email de phishing pour identifier le domaine frauduleux utilisé par l'attaquant.
2	<u>Portail Frauduleux</u>	Exploitation Web (SQL)	Contourner un formulaire de connexion malgré un WAF basique pour accéder au serveur des pirates.
3	<u>Partage Oublié</u>	Contrôle d'accès	Explorer un dépôt mal configuré pour accéder à l'archive confidentielle.
4	<u>Clé cachée</u>	Cryptographie et métadonnées	Trouver un SHA-1 dans le commentaire ZIP, brute-forcer un mot de passe.
5	<u>Script Mystère</u>	Reverse engineering	Décoder des chaînes Base64 cachées dans <code>monitor_check_wip.py</code> afin de révéler une page vulnérable.
6	<u>Cookie Admin</u>	XSS et détournement de session	Injecter du JavaScript dans un chatbot pour voler le cookie de session admin et supprimer les données volées.
7	<u>Blocage ciblé</u>	Défense et journalisation	Analyser les logs VPN, repérer l'IP la plus bavarde et l'ajouter à la liste noire du pare-feu.
8	Conclusion	-	Message de fin et conclusion du scénario.

### Stratégie de complexités des challenges

La conception des consignes et des indices s'appuie sur une logique adaptée aux différents niveaux de compétence. Un·e participant·e avancé·e doit pouvoir résoudre les défis sans utiliser les indices, ou au maximum en consultant le premier. À l'inverse, les débutant·e·s peuvent recourir à l'ensemble des indices graduels, ce qui devrait leur permettre d'avancer pas à pas et de parvenir malgré tout à la résolution du challenge.

Il s'agit d'une progression à difficulté croissante où chaque challenge est conçu pour rester accessible au plus grand nombre, tout en offrant des défis intéressants pour les utilisateur·trice·s plus expérimenté·e·s.

### **Introduction pour le joueur·euse**

Le joueur·euse reçoit une première popup, qui représente le niveau 0, qui correspond à l'intrigue générale pour commencer l'histoire :

*« Vous faites partie d'une équipe d'intervention en cybersécurité travaillant pour l'Hôpital Horizon Santé. En arrivant sur place ce mardi 12 juillet 2025 à 12h32, vous découvrez l'établissement en état de crise : une demande de rançon vient d'être reçue.*

*Le Centre hospitalier Horizon Santé est un grand hôpital universitaire de la région, centre de référence pour les soins d'urgence, les soins intensifs et les interventions chirurgicales complexes. C'est également un important centre de recherche médicale.*

*Les premiers éléments de l'enquête révèlent qu'un groupe de cybercriminels a réussi à infiltrer le réseau de l'hôpital. Un ransomware a exfiltré les données sensibles de tous les patients et les attaquants menacent maintenant de les divulguer publiquement.*

*Votre mission est de vous introduire dans le système des attaquants, supprimer les données sensibles qu'ils ont volées et les bloquer définitivement pour qu'ils ne puissent plus accéder au réseau de l'hôpital. »*

## 6.1 Challenge 1 *Mail Contagieux : OSINT et forensic email*

### 6.1.1 Description

Ce premier défi montre au joueur·euse un email de phishing qui serait à l'origine de l'attaque. Il s'agit d'un message piégé, qui aurait été envoyé par le support d'Horizon Santé avec en pièce jointe, un fichier malveillant `planning_salle_op.xlsx`. Le but est d'analyser les en-têtes techniques de cet email pour remonter à son véritable expéditeur et identifier le domaine frauduleux utilisé par les attaquants.

Ce challenge a pour objectif de sensibiliser aux signes d'un courriel d'hameçonnage.

Voici le message que va recevoir le joueur·euse pour introduire le challenge : « *Un courriel suspect a été trouvé dans la boîte de réception d'un employé. Les équipes techniques de cybersécurité pensent qu'il pourrait s'agir du point d'entrée des attaquants. Analysez-le pour identifier le domaine malveillant utilisé par les attaquants.* »

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Ouvrir le fichier `planning_salle_op.eml` dans l'IDE.
2. Examiner les lignes commençant par `Received:` (du bas vers le haut) afin de trouver l'adresse IP d'origine de l'envoi. Repérer également l'en-tête `Return-Path:` qui contient le domaine de l'expéditeur.
3. Identifier dans la première ligne `Received:` l'IP source et dans le `Return-Path` le nom de domaine utilisé par l'expéditeur.
4. Effectuer une recherche WHOIS sur ce nom de domaine pour vérifier s'il est légitime ou s'il s'agit d'un domaine malveillant créé pour l'attaque.

**Outils nécessaires :** Les outils nécessaires pour ce défi sont un éditeur de texte/IDE pour afficher les en-têtes de l'email, et un service WHOIS/OSINT en ligne pour vérifier le domaine.

#### Indices graduels :

- Le premier indice suggère de se concentrer sur les premiers en-têtes `Received:`. La véritable origine de l'email est souvent dans la ligne la plus basse, car c'est le premier serveur à avoir reçu le message. « *La véritable origine se trouve dans la première ligne `Received:`, en haut de la liste, qui montre d'où provient réellement le message.* »
- Le second indice indique que l'expéditeur imite le sous-domaine support d'Horizon Santé, mais un détail dans le nom de domaine trahit la fraude. Il faut donc regarder attentivement le domaine après le `@`. « *L'expéditeur imite un sous-domaine du support Horizon Santé, mais un détail dans le nom trahit la fraude.* »
- Le troisième indice rappelle de vérifier la réputation du domaine suspect via un service WHOIS/OSINT. On découvre que le domaine ressemble à `horizonsante.com`, mais il a été enregistré récemment et est signalé comme malveillant. « *Vérifiez la réputation du domaine suspect sur un service WHOIS/OSINT.* »

**Flag attendu :** Le flag serait donc le nom de domaine frauduleux utilisé par l'attaquant `horizonsante-support.com`.

Une fois le sous-domaine identifié, le joueur·euse pourra passer au défi suivant qui sera la cible pour le challenge 2.

### **6.1.2 Techniques et outils**

Afin de rendre l'expérience plus pédagogique et d'éviter que les joueur·euse·s soient bloqué·e·s à cause du manque de connaissances, j'ai intégré plusieurs outils explicatifs directement dans le jeu. Ces outils ne donnent pas la solution des challenges, mais apportent les bases nécessaires pour comprendre et progresser.

Chaque outil suit la même logique : apporter un cadre de compréhension pour que les joueur·euse·s puissent se concentrer sur l'investigation et développer leurs compétences d'analyse. Ils permettent ainsi de faire le lien entre la théorie et la pratique des challenges, tout en rendant l'expérience plus accessible et plus formatrice.

Pour le challenge lié aux emails, un outil qui explique les notions importantes a été ajouté, comme qu'est-ce qu'un email de phishing, comment se compose une adresse email et quels sont les éléments techniques que l'on retrouve dans les en-têtes. Cet outil permet au joueur·euse de savoir où chercher les indices dans un message suspect et de mieux interpréter les informations disponibles, sans pour autant lui donner directement la réponse.

Il n'a pas eu besoin d'ajouter d'informations supplémentaires sur le WHOIS, car une base existait déjà dans la plateforme et était suffisante pour ce niveau de challenge.

## 6.2 Challenge 2 Portail Frauduleux : Exploitation Web (SQL)

### 6.2.1 Description

Le joueur·euse a identifié le domaine frauduleux `horizonsante-support.com`. Ce domaine a été mis en place par les attaquants pour exfiltrer des données. Pour accéder à l'interface et progresser, il faut contourner le formulaire de connexion. Un pare-feu (WAF) a été mis en place et bloque les injections SQL évidentes, c'est-à-dire qu'il refuse par exemple les mots-clés `OR` et les commentaires `--`. Le défi consiste à exploiter une injection SQL malgré ces restrictions, afin de contourner l'authentification et d'accéder au portail des attaquants. Pour passer le contrôle de format du champ email, le joueur·euse doit fournir une adresse email et dans le champ mot de passe et y réaliser l'injection.

Ce challenge sensibilise aux failles d'injection et montre qu'une protection insuffisante peut être contournée par des techniques simples.

La consigne suivante est donnée aux joueur·euse·s : « *L'équipe de sécurité a retracé le domaine identifié et découvert qu'il héberge un portail suspect. Il s'agit probablement de l'infrastructure utilisée par les attaquants pour orchestrer leur attaque. Tentez d'y accéder pour y retrouver l'information co\_<SESSION\_ID>.* »

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Utiliser une adresse email valide, `support@horizonsante-support.com`, qui se trouve dans le challenge précédent et compléter dans le champ email pour passer le contrôle du mail dans la base de données.
2. Dans le champ `Mot de passe`, réaliser une injection SQL. Cependant, le WAF empêche d'utiliser '`OR 1=1`' ou `--`. Il faut faudra donc la modifier un peu pour le contourner avec le mot de passe : '`|| 1=1 #`'.
3. Valider le formulaire. Une fois la connexion établie, un code de session apparaît.

**Outils nécessaires :** Un navigateur web (avec éventuellement les outils de développement pour observer les requêtes) suffit pour ce défi. Aucune extension spécifique n'est requise, juste la saisie de la charge malveillante dans le formulaire.

#### Indices graduels :

- Le premier indice rappelle qu'il faut utiliser une adresse email valide pour contourner le contrôle du mail invalide. Il est suggéré de récupérer l'adresse email utilisée par les attaquants dans le challenge précédent. « *Retrouvez l'adresse email utilisée par les attaquants dans le challenge précédent avec comme fin @horizonsante-support.com* »
- Le second indice suggère que la vulnérabilité ne se trouve pas dans le champ email et donc que l'injection doit se faire dans le mot de passe. « *L'adresse email doit seulement être correcte pour passer la vérification. La véritable vulnérabilité se cache dans le champ mot de passe.* »
- Le troisième indice indique que le WAF bloque les mots-clés `OR` et les commentaires `--`, mais qu'il existe d'autres syntaxes SQL pour ces éléments. « *Le WAF (Web Application Firewall) bloque OR et les commentaires --, mais il existe d'autres syntaxes pour ces opérations...* »

**Flag attendu :** Le flag `co_S3ss10n4Cc3s5` montre que la connexion au site a bien été établie.

Le joueur·euse peut maintenant accéder au site des attaquants.

### 6.2.2 Techniques et outils

Pour ce challenge, une base déjà présente de ce qu'est une injection SQL était déjà présente sur la plateforme. Elle a été donc enrichie pour l'adapter au niveau de difficulté du challenge.

Elle y explique d'abord ce qu'est une injection SQL et comment elle permet de manipuler une requête mal protégée afin d'accéder à des informations sensibles. Ensuite, on y retrouve un exemple concret d'injection (`< OR 1=1 -`) qui illustre comment un attaquant peut rendre une condition toujours vraie et ainsi contourner l'authentification, afin de permettre au joueur·euse de mieux comprendre la vulnérabilité et le fonctionnement de cette technique.

Une section sur les différentes variantes d'écritures possibles (par exemple écrire OR sous plusieurs formes ou utiliser différents types de commentaires) a été ajoutée. Cette partie est importante, car dans le challenge un WAF est présent et bloque les tentatives les plus évidentes. Le joueur·euse doit donc comprendre qu'il existe plusieurs syntaxes en SQL, ce qui lui permet de contourner la protection.

Enfin, la notion de WAF a été introduite pour que le joueur·euse comprenne pourquoi certaines injections ne fonctionnent pas et pourquoi il doit en tester d'autres.

Cet outil est utile, car il apporte un cadre théorique clair : il prépare le joueur·euse à raisonner comme un attaquant, à tester plusieurs possibilités et à comprendre pourquoi une injection simple peut échouer.

## 6.3 Challenge 3 *Partage Oublié* : Mauvaise configuration d'accès

### 6.3.1 Description

Sur le portail, un onglet « Gestion des fichiers » mène à `?dir=/shared/`. À cause d'une faille de contrôle d'accès au niveau fichiers (absence de validation sur le paramètre de chemin), n'importe quel·le utilisateur·trice connecté·e peut modifier le paramètre d'URL pour parcourir l'arborescence complète et accéder à des documents confidentiels dans d'autres répertoires. Ce challenge permet de montrer au joueur·euse l'importance de la validation des paramètres d'URL et du contrôle d'accès aux ressources sensibles. Il sensibilise aux vulnérabilités de type Directory Traversal qui permettent à un attaquant de contourner les restrictions d'accès aux fichiers en manipulant les paramètres de chemin, sans réaliser d'escalade de priviléges.

Le joueur·euse reçoit le message suivant pour introduire le challenge : « *Vous êtes parvenu à vous introduire dans le portail des attaquants. Il s'agit manifestement d'un système utilisé pour exfiltrer les données volées de l'hôpital. Explorez le portail pour localiser l'archive zip contenant les informations les plus récentes sur les patients.* »

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Depuis le portail frauduleux, cliquer sur l'onglet « Gestion des fichiers ». L'URL contient `?dir=/shared/` et ne montre qu'un dossier limité
2. Modifier l'URL pour aller à la racine (`?dir=/`) et découvrir tous les dossiers disponibles.
3. Explorer les différents dossiers visibles : `public/`, `shared/` et `archives/`
4. Naviguer dans le dossier `archives/` puis dans les sous-dossiers par année (`2025/`) et mois (`audit/`) pour trouver le fichier zip des patients.

**Outils nécessaires** : Les outils pour ce challenge sont un navigateur ou un outil de requête (curl).

#### Indices graduels :

- Le premier indice permet de montrer au joueur·euse que l'URL contient un paramètre `dir=` et qu'il faut essayer d'aller à la racine. « *Le paramètre `dir=` dans l'URL permet de contrôler l'emplacement affiché.* »
- Le deuxième indice suggère au joueur·euse d'essayer d'aller à la racine « *Essayez d'aller à la racine avec `?dir=/` puis explorez les dossiers disponibles.* »
- Le troisième indice précise que le fichier ZIP d'audit est daté de juillet, ce qui correspond au nom `patient_audit_07-12.zip`. Il faut donc chercher dans les sous-dossiers de l'année 2025, puis dans le dossier du mois 07 (juillet), pour trouver le fichier à télécharger. « *Le fichier visé porte un nom en fonction de la date de l'attaque (mois-jour).* »

**Flag attendu** : Le flag `patient_audit_07-12.zip` est un fichier zip qui contient potentiellement tous les dossiers sur les patients ainsi que d'autres éléments.

Ce zip fera l'objet du prochain challenge.

### 6.3.2 Techniques et outils

Pour le challenge 3, un outil qui explique ce qu'est l'architecture des dossiers en informatique a été créé. L'idée était de donner aux joueur·euse·s une vision claire de la manière dont les fichiers et dossiers sont organisés, afin qu'ils puissent comprendre la logique de navigation dans un système de fichiers.

Elle y explique d'abord la hiérarchie classique selon les différents systèmes d'exploitation avec un dossier racine qui contient d'autres dossiers et fichiers, et la possibilité d'avoir des sous-dossiers imbriqués.

Enfin, le concept de chemin (par exemple /documents/rapport.docx) est expliqué, ce qui permet d'indiquer précisément l'emplacement d'un fichier. Cette explication prépare les joueur·euse·s à manipuler et analyser les chemins de fichiers dans le cadre du challenge, afin de retrouver où sont cachées les informations utiles.

## 6.4 Challenge 4 Clé cachée : Cryptographie et métadonnées

### 6.4.1 Description

Le joueur·euse a maintenant accès à l'archive `patient_audit_07-12.zip` mais le problème est qu'il est verrouillé. Le joueur·euse doit trouver le mot de passe pour déverrouiller ce zip. En inspectant les métadonnées du ZIP, le joueur·euse découvre un commentaire contenant seulement une empreinte SHA-1 : `f7fde1c3f044a2c3002e63e1b6c3f432b43936d0`.

Première solution: utiliser un site comme CrackStation pour trouver le mot de passe correspondant à cette empreinte SHA-1.

Deuxième solution : réussir à faire un code python qui va hasher toutes les variations de horizon pour trouver celle qui correspond à l'empreinte SHA-1.

Ce challenge montre l'importance de la cryptographie et de la gestion des mots de passe, ainsi que la nécessité de vérifier les métadonnées des fichiers.

Le participant·e obtient le message suivant pour débuter le challenge : « *Vous avez découvert l'archive patient\_audit\_07-12.zip, mais elle est protégée par un mot de passe. Analysez le fichier pour trouver des indices qui vous permettront de le déverrouiller. Le mot de passe recherché commence par horizon<nombre> .* »

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Lister les métadonnées du zip avec `zipinfo -z patient_audit_07-12.zip` ou sur Windows en utilisant l'explorateur de fichiers.
2. Trouver le commentaire contenant l'empreinte SHA-1
3. Aller sur le site CrackStation ou utiliser un script Python pour générer les mots de passe possibles de la forme `horizon<nombre>` et vérifier si l'un d'eux correspond à l'empreinte SHA-1 ou utiliser CyberChef pour générer les mots de passe et vérifier l'empreinte.
4. Une fois le mot de passe trouvé, déverrouiller le zip.

**Outils nécessaires :** Pour résoudre ce challenge, il faudra un éditeur de texte pour lire les métadonnées, CrackStation ou un script Python ou CyberChef pour générer les mots de passe et vérifier l'empreinte SHA-1.

#### Indices graduels :

- Le premier indice suggère de regarder les métadonnées du zip, car elles peuvent contenir des informations utiles. « *Utilisez zipinfo ou un explorateur de fichiers pour lire les métadonnées.* »
- Le second indice indique que le hash se trouve dans les commentaires et que l'empreinte est un SHA-1, ce qui signifie qu'il faut trouver le mot de passe qui correspond à cette empreinte. « *Grâce à une commande zipinfo , regardez les commentaires. Le commentaire qui contient le mot de passe est une empreinte SHA-1.* »
- Le troisième indice rappelle que les mots de passe ont une structure spécifique, ce qui peut aider à les générer. Le joueur·euse peut se rendre sur CrackStation pour y entrer le hash ou il peut créer un script Python pour générer les mots de passe de la forme `horizon<nombre>` où `<nombre>` varie de 0 à 99. Il peut ensuite comparer leur empreinte SHA-1 avec celle du commentaire ou utiliser CyberChef pour générer les mots de passe et vérifier l'empreinte. « *Le mot de passe est de la forme horizon<nombre> (0 à 99), comparez l'empreinte SHA-1 avec les mots de passe potentiels grâce à un petit script Python ou bien un outil comme CyberChef.* »

**Flag attendu :** Le flag attendu est le mot de passe du zip, qui est `horizon42`.

Ce mot de passe permet de déverrouiller le zip et d'accéder au contenu du fichier `monitor_check_wip.py`.

#### 6.4.2 Techniques et outils

Dans un premier temps, il est important de comprendre le fonctionnement et l'utilisation de `zipinfo`, afin d'obtenir des informations détaillées sur le contenu d'une archive ZIP. J'ai détaillé son utilisation pour permettre aux joueur·euse·s d'analyser une archive pour identifier des éléments dissimulés. Certaines options sont nécessaires afin de trouver des métadonnées cachées comme les commentaires.

Le second outil présente la notion de hash et son fonctionnement. Il est crucial de comprendre comment les hashes sont générés et utilisés pour la sécurité des mots de passe. Un exemple concret en Python pour montrer comment générer différents types de hashes (MD5, SHA-1, SHA-256) est également inclus. Cet outil est utile car, dans le challenge, les joueur·euse·s font face à un mot de passe protégé par un hash. Il est donc important de comprendre ce concept pour leur permettre de savoir comment l'aborder, soit en le comparant à une base de données de hashes connus, soit en essayant de casser le hash à l'aide d'un script.

Enfin, les informations déjà présentes sur Python ont été complétées. En effet, la plateforme présentait une autre forme de Python, plus simplifiée. Cependant, il ne m'était pas possible de l'utiliser pour le challenge 4 et 5, car il n'était pas possible d'importer des bibliothèques externes. Les sections ont donc été complétées avec la syntaxe de ce langage.

## 6.5 Challenge 5 *Script Mystère : Reverse Engineering*

### 6.5.1 Description

Dans l'archive déchiffrée (`patient_audit_07-12.zip`) se trouve `monitor_check_wip.py`. Les pirates y ont dissimulé des informations cruciales sur les vulnérabilités de leur propre système de monitoring, mais les ont cachées par une simple concaténation de caractères encodés. Le but est de reconstituer ces informations pour découvrir où se trouve une faille exploitable dans leur infrastructure.

Ce challenge permet de sensibiliser à l'importance de la sécurité des scripts et à la nécessité de vérifier les scripts avant de les exécuter. Il montre également comment les attaquants peuvent laisser des traces compromettantes dans leurs propres outils.

Pour ce faire, le participant·e reçoit le message suivant : « *L'archive est maintenant déverrouillée et elle contient toutes les données sensibles des patients. Il faut les supprimer d'urgence avant qu'elles ne soient divulguées. Cependant, vous ne disposez que de droits utilisateur et ne pouvez pas effectuer cette action. Dans l'archive, vous tombez sur un script Python suspect (`monitor_check_wip.py`). Analysez-le attentivement, les attaquants y ont peut-être laissé des informations exploitables, comme une route vers une page vulnérable.*

 »

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Ouvrir le fichier `monitor_check_wip.py` dans l'IDE.
2. Identifier les lignes qui contiennent des chaînes de caractères encodées en Base64.
3. Décoder les chaînes Base64 pour obtenir le login et le mot de passe.
4. Reconstituer l'URL de la page vulnérable en concaténant les fragments décodés dans le bon ordre.

**Outils nécessaires :** Pour ce challenge les outils nécessaires sont un éditeur de texte/IDE pour lire le script, un outil de décodage Base64 (comme CyberChef ou un script Python).

#### Indices graduels :

- Le premier indice rappelle que le script contient des chaînes de caractères encodées en Base64, ce qui signifie qu'il faut les décoder pour obtenir les informations cachées. « *Regardez les chaînes longues terminant par = ou ==, elles devraient vous faire penser à un décodage.* »
- Le second indice suggère d'utiliser un outil de décodage Base64 pour faciliter le processus. Il est également suggéré de vérifier les commentaires du script, car ils peuvent contenir des indices sur la manière dont les chaînes sont concaténées. « *Utilisez CyberChef ou un petit script Python pour le décodage en Base64.* »
- Le troisième indice indique que les chaînes sont concaténées, ce qui signifie qu'il faut les assembler pour obtenir le login et le mot de passe complets. « *Les morceaux décodés doivent être assemblés pour obtenir des informations intéressantes. Attention aux leurre.* »

**Flag attendu :** Le flag attendu correspond à l'URL de la page vulnérable reconstituée : `/admin/monitoring/bot_communication_panel_v2`

Une fois cette page découverte, le joueur·euse pourra s'y rendre pour exploiter la vulnérabilité du bot de monitoring des attaquants et escalader ses priviléges vers les droits administrateur.

### 6.5.2 Techniques et outils

Pour analyser les données encodées dans le script, un outil explique le Base64 et son fonctionnement. On y retrouve d'abord ce qu'est le Base64, pourquoi il est utilisé, pour encoder des données binaires en texte lisible, et comment il fonctionne. Il y inclut des exemples concrets de chaînes encodées et décodées pour illustrer le processus. Un autre point important est d'expliquer comment identifier une chaîne encodée en Base64, en soulignant les caractéristiques typiques comme la présence de caractères spécifiques et les terminaisons par `=` ou `==`.

Les différences entre les routes, les liens, les URLs et les endpoints sont ensuite expliquées. En effet, pour ce challenge le joueur·euse doit comprendre la différence entre ces notions pour reconstituer correctement l'URL de la page vulnérable. Des exemples faciles pour chaque concept sont donnés, comme un lien HTML dans un navigateur, une route côté serveur (par exemple avec Express/Node), une route côté front (comme dans une SPA avec React Router), et un endpoint d'API en précisant la méthode HTTP utilisée. Les notions de chemins absous vs relatifs, ainsi que les paramètres et les queries dans les URLs sont également abordées.

Pareil que pour le challenge 4, les informations déjà présentes sur Python ont été complétées.

## 6.6 Challenge 6 *Cookie Admin : Mauvaise gestion des sessions*

### 6.6.1 Description

Le joueur·euse a découvert l'existence d'une page vulnérable dans le système des attaquants. Cette page contient un chatbot de monitoring que les pirates sont en train de développer pour automatiser leur surveillance, mais qui contient des vulnérabilités selon les informations trouvées dans le script précédent. Ce chatbot possède des priviléges administrateur et le défi consiste à l'exploiter pour voler son cookie de session admin et obtenir les droits de suppression des données volées.

Ce challenge permet de sensibiliser aux vulnérabilités XSS et à l'importance de la sécurisation des bots automatisés. Il montre comment les systèmes de surveillance en développement peuvent être détournés par des attaquants pour escalader leurs priviléges. Il met également en évidence les risques liés à la sécurité des cookies de session et l'importance de leur protection contre le vol et la manipulation, notamment par l'utilisation d'attributs de sécurité appropriés (HttpOnly, Secure, SameSite).

Pour ce faire, le participant·e reçoit le message suivant : « *Les commentaires dans le script vous ont révélé l'existence de la page cachée /admin/monitoring/bot\_communication\_panel\_v2 . Vous y découvrez un chatbot que les attaquants sont en train de développer. Selon les informations trouvées précédemment, ce bot contient des vulnérabilités exploitables. De plus, comme il est conçu pour surveiller l'ensemble du portail, il possède probablement des priviléges administrateurs élevés. Exploitez ces failles pour obtenir les droits nécessaires, supprimer définitivement les fichiers volés et obtenir un message de confirmation.* »

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Tester l'injection XSS dans le champ Message : `<script>alert(1)</script>`.
2. Exfiltrer le cookie de session « admin » en utilisant une injection XSS dans le champ Message du chat via une payload comme par exemple:  
`<script>fetch('/?cookie=' + document.cookie)</script>`  
ou encore `<script>console.log('Cookies admin:', document.cookie);</script>`  
et attendre que le bot ouvre la demande.
3. Récupérer le cookie volé `admin_session=ADM1N_535510N_TOKEN25`
4. Ouvrir les outils de développement du navigateur, aller dans l'onglet Stockage, puis dans la section Cookies.
5. Coller le cookie volé dans le champ de saisie du cookie de session.
6. Une fois le cookie injecté, le joueur·euse est renvoyé sur la page avec les fichiers sensibles pour les supprimer.
7. Le serveur affiche un message de confirmation `all_files_deleted` indiquant que tous les fichiers ont été supprimés.

**Outils nécessaires :** Un navigateur web avec les outils de développement pour intercepter et manipuler les cookies, ainsi qu'un éditeur de texte pour écrire le script XSS.

#### Indices graduels :

- Le premier indice explique que les balises HTML ne sont pas échappées dans le champ Message, ce qui permet d'injecter du code JavaScript. « *Les champs du formulaire ne filtrent pas correctement le code HTML, les balises HTML ne sont pas échappées, vous pouvez exécuter du JavaScript.* »
- Le second indice suggère le type d'attaque à utiliser. « *Injectez du JavaScript malveillant (XSS) dans un message pour voler les cookies quand le chatbot le traite.* »

- Le troisième indice explique la récupération du cookie. « *Une fois le cookie récupéré, utilisez F12 (ou clic droit, puis Inspecter), Stockage ou Application, puis Cookies pour remplacer votre session admin par celle du bot admin.* »

**Flag attendu :** la réponse du serveur `all_files_deleted`, ce qui montre au joueur·euse que tous les fichiers ont été supprimés avec succès.

Une fois les fichiers supprimés, le joueur·euse a réussi à neutraliser une partie importante de l'attaque en empêchant les cybercriminels d'exploiter les données sensibles des volées des patients. Le joueur·euse peut passer au défi suivant pour bloquer l'attaquant.

### 6.6.2 Techniques et outils

Pour ce challenge, un outil explique les vulnérabilités XSS et comment elles peuvent être exploitées pour voler des cookies de session. Cette section y explique les différents éléments qui vont composer une attaque XSS, comme la notion de fonction, de balises et d'éléments pour accéder au contenu de la page. Elle y inclut aussi un exemple concret d'attaques XSS, afin que le joueur·euse puisse comprendre comment fonctionne cette vulnérabilité, comment elle est structurée et comment elle peut être exploitée pour voler des cookies de session.

De même que le challenge 5, l'outil d'explication des routes, liens, URLs et endpoints a été complété afin d'y inclure des informations supplémentaires et comprendre comment les attaquants peuvent structurer leurs applications web.

## 6.7 Challenge 7 *Blocage ciblé : Défense et journalisation*

### 6.7.1 Description

Maintenant que les fichiers sont supprimés du côté des attaquants, le joueur·euse doit identifier l'adresse IP de la machine de l'attaquant pour la bloquer. Le joueur·euse doit donc s'assurer qu'aucune connexion sortante ne continue d'envoyer des données. Un flux a été repéré : la même adresse IP externe a émis des milliers de requêtes vers le portail VPN de l'hôpital au cours du dernier quart d'heure (tentative d'exfiltration massive). Le joueur·euse doit donc trouver le fichier de log contenant ces requêtes, identifier l'IP la plus présente (c'est l'attaquant) et ajouter cette IP à la liste noire du pare-feu interne. Une fois l'IP bloquée, le joueur·euse recevra un message de confirmation `blk_185-225-123-77_ok` indiquant que le blocage a été effectué avec succès.

Ce challenge montre l'importance de la surveillance des logs et de la gestion des adresses IP suspectes pour prévenir les attaques.

Le message suivant s'affiche : « *Les fichiers sensibles ont été supprimés du portail des attaquants. Cependant, l'équipe de surveillance réseau de l'hôpital vous alerte qu'un attaquant continue activement de tenter d'exfiltrer des données depuis le réseau de l'hôpital. Identifiez cet attaquant et bloquez-le immédiatement en l'ajoutant à la liste noire du pare-feu. Un message devrait confirmer le blocage une fois l'opération réussie.*

#### Étapes pour résoudre le challenge :

1. Depuis le portail IT interne , aller dans le menu de gauche « Outils sécurité ».
2. Cliquer sur « Logs et Diagnostics », puis sur « VPN Access » , ce qui fait apparaître une liste de fichiers.
3. Ouvrir le fichier log le plus récent `vpn_access_2025-07-12.log` dans un éditeur de texte. Chaque ligne commence par l'IP source.
4. Repérer l'adresse IP qui apparaît le plus souvent `185.225.123.77` qui est donc la machine de l'attaquant.
5. Dans le menu de gauche, cliquer sur « Pare-feu », puis sur « Liste noire ».
6. Dans un formulaire, entrer l'adresse IP `185.225.123.77`.
7. Le système affiche un bandeau vert avec le message `blk_185-225-123-77_ok`.

**Outils nécessaires :** Les outils nécessaires pour résoudre ce challenge sont un navigateur web et un éditeur de texte pour lire le fichier log.

#### Indices graduels :

- Le premier indice rappelle que le menu « Logs et Diagnostics » contient tous les journaux, cherche celui qui mentionne « VPN Access ». « *Le menu « Logs et Diagnostics » contient les journaux VPN, c'est ici que vous pourrez trouver des informations sur les connexions en cours.*
- Le deuxième indice indique que dans le fichier, chaque entrée commence par l'IP source. Cela signifie qu'il faut chercher les lignes qui commencent par une adresse IP. « *Les IPs apparaissent au début de chaque ligne du fichier log. L'attaque a eu lieu vers 12h32.*
- Le troisième indice suggère de bloquer l'IP le plus répondu à l'heure de l'attaque dans le pare-feu. « *Bloquez l'IP trouvée via le formulaire de la « Liste noire ».*

**Flag attendu :** Le flag attendu est le message `blk_185-225-123-77_ok` qui confirme que l'adresse IP de l'attaquant a été bloquée avec succès. Cela permet de sécuriser le réseau et d'empêcher toute nouvelle tentative d'exfiltration de données.

### 6.7.2 Techniques et outils

Pour ce dernier challenge, un outil expliquant les logs et leur importance dans la sécurité informatique a été ajouté. La section explique ce qu'est un log et la structure typique d'un fichier de log, avec des exemples concrets. Une section sur les bonnes pratiques pour analyser les logs, comme la recherche de motifs inhabituels ou d'adresses IP suspectes, y est également incluse.

Le joueur·euse a réussi à bloquer l'attaquant et à sécuriser le réseau de l'hôpital. La deuxième vague n'aura donc pas lieu et le joueur·euse reçoit une popup de fin pour conclure l'aventure.

Une fois à la fin du challenge 7, une dernière popup, qui est le niveau 8, apparaît pour conclure l'aventure :

« *Mission accomplie !*

*Vous avez supprimé les fichiers sensibles chiffrés récupérés par les attaquants et bloqué toute tentative d'exfiltration de données. Les données des patient·e·s sont désormais en sécurité.*

*L'équipe technique a déjà enclenché le plan de remédiation complet, renforcé les défenses réseau et sécurisé les accès sensibles. Les preuves collectées au fil de votre enquête ont été transmises aux autorités pour enclencher les poursuites judiciaires.*

*Grâce à votre réactivité et vos compétences, le Centre Hospitalier Horizon Santé a pu sécuriser ses données sensibles... et un drame a été évité de justesse. »*

Le joueur·euse acquiert une petite compréhension des enjeux de la cybersécurité dans un environnement hospitalier. Ces challenges permettent de montrer l'importance de la détection rapide des menaces, de l'analyse technique des incidents, de la maîtrise des techniques d'intrusion comme des mesures de défense. Ce scénario permet également d'illustrer comment une attaque informatique peut avoir des conséquences directes sur la confidentialité, la sécurité des personnes, et pourquoi la cybersécurité est aussi un élément crucial pour les infrastructures de santé.

# 7 Implémentation des challenges

## 7.1 Architecture générale

La Figure 17 présente l'architecture mise à jour de la plateforme après l'intégration des nouveaux challenges 2025. L'infrastructure de base reste identique à celle décrite au chapitre 4.4.

Un nouveau service « Admin bot » a été créé sur le port 3002 pour le challenge 6, simulant un administrateur qui interagit avec le frontend via des requêtes automatisées. Le backend expose désormais de nouveaux endpoints spécifiques aux challenges 2025 : `/2025/flag` et `/2025/checkFlag` pour la validation, ainsi que les routes de validation individuelles `/challenge2/validate`, `/challenge5/validate` et `/challenge6/validate`, complétées par l'endpoint `/challenge6/deleteFiles` pour la suppression des fichiers.

Trois conteneurs SSH spécialisés ont été ajoutés pour supporter les nouveaux défis. Le conteneur `ssh-whois-modify`, pour le challenge 1, propose une variante modifiée du service WHOIS. Le conteneur `ssh-zipinfo` du challenge 4, fournit des outils d'analyse d'archives. Enfin, le conteneur MySQL est toujours destiné aux exercices d'injection SQL, spécifiquement pour le challenge 2. Cette architecture permet d'isoler chaque nouveau challenge tout en réutilisant l'infrastructure existante de la plate-forme.

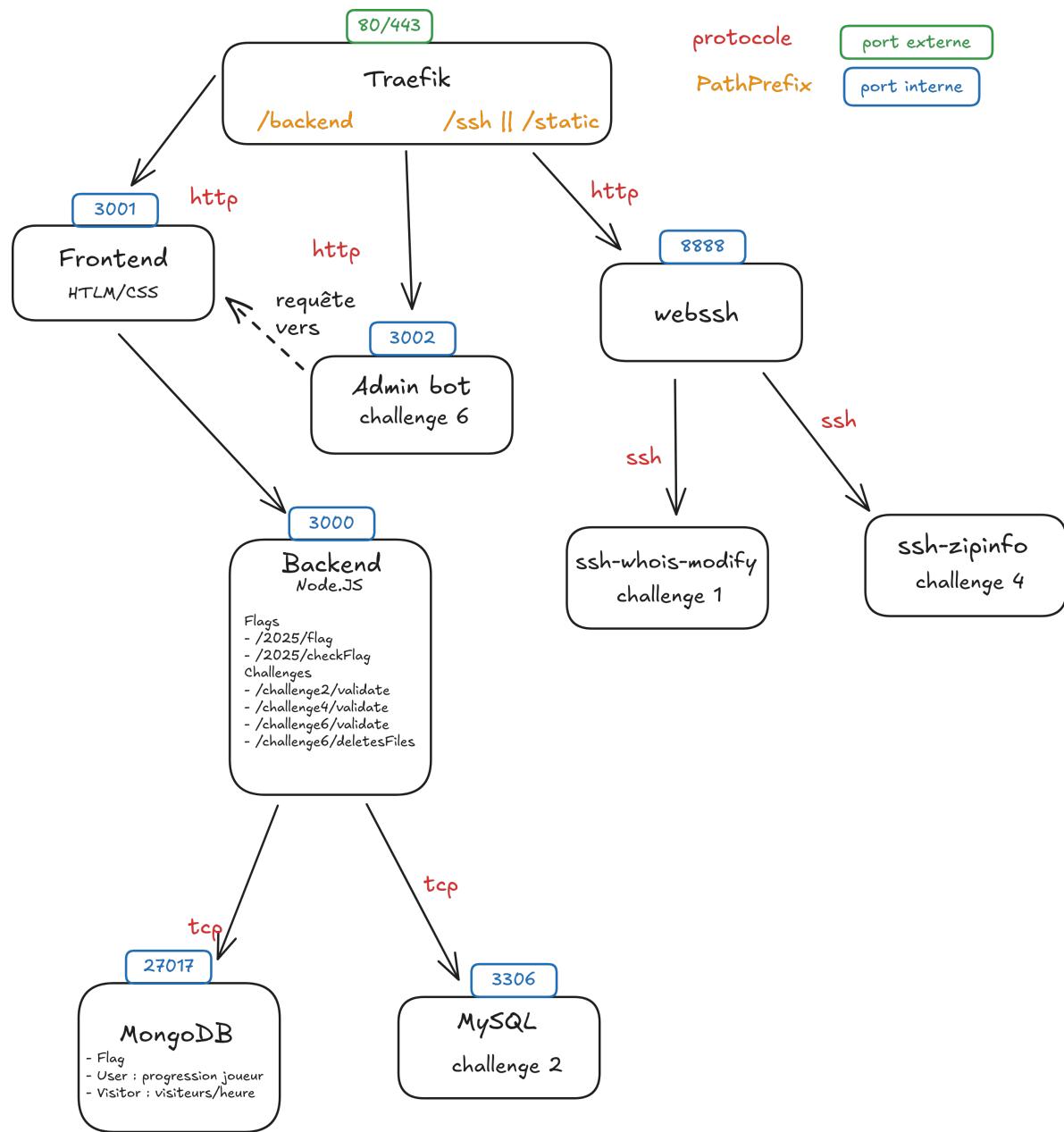


Fig. 17. – Architecture Docker Compose de la plateforme *CyberGame* avec les nouveaux challenges 2025

## 7.2 Détails d'implémentation par challenge

L'implémentation de la plateforme a été pensée pour offrir aux joueur-euse-s une expérience immersive et cohérente, tout en restant fidèle au scénario du serious game. Chaque challenge combine une interface frontend simulant des environnements réalistes et, selon les besoins, un backend apportant des mécanismes techniques crédibles. L'objectif était de reproduire, directement dans le navigateur, les étapes que l'on retrouverait dans une véritable enquête de cybersécurité, sans nécessiter l'installation d'outils externes.

### 7.2.1 Challenge 1

Pour le challenge 1, une interface d'email a été développée, comme le montre la Figure 18.

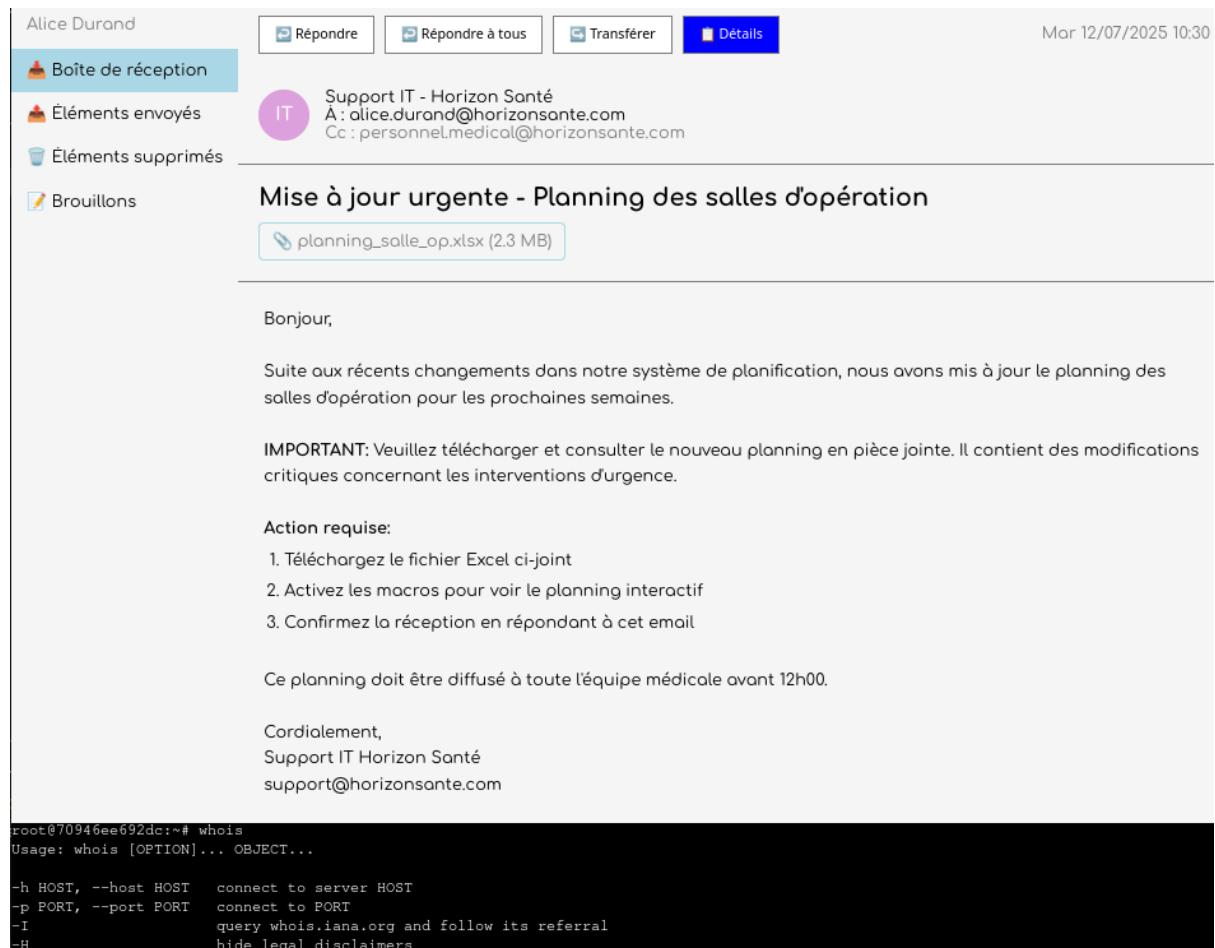


Fig. 18. – Visuel du mail avec en dessous le terminal, challenge 1

Elle permet d'afficher un message suspect et d'accéder à ses détails techniques grâce à un bouton **Détails**.

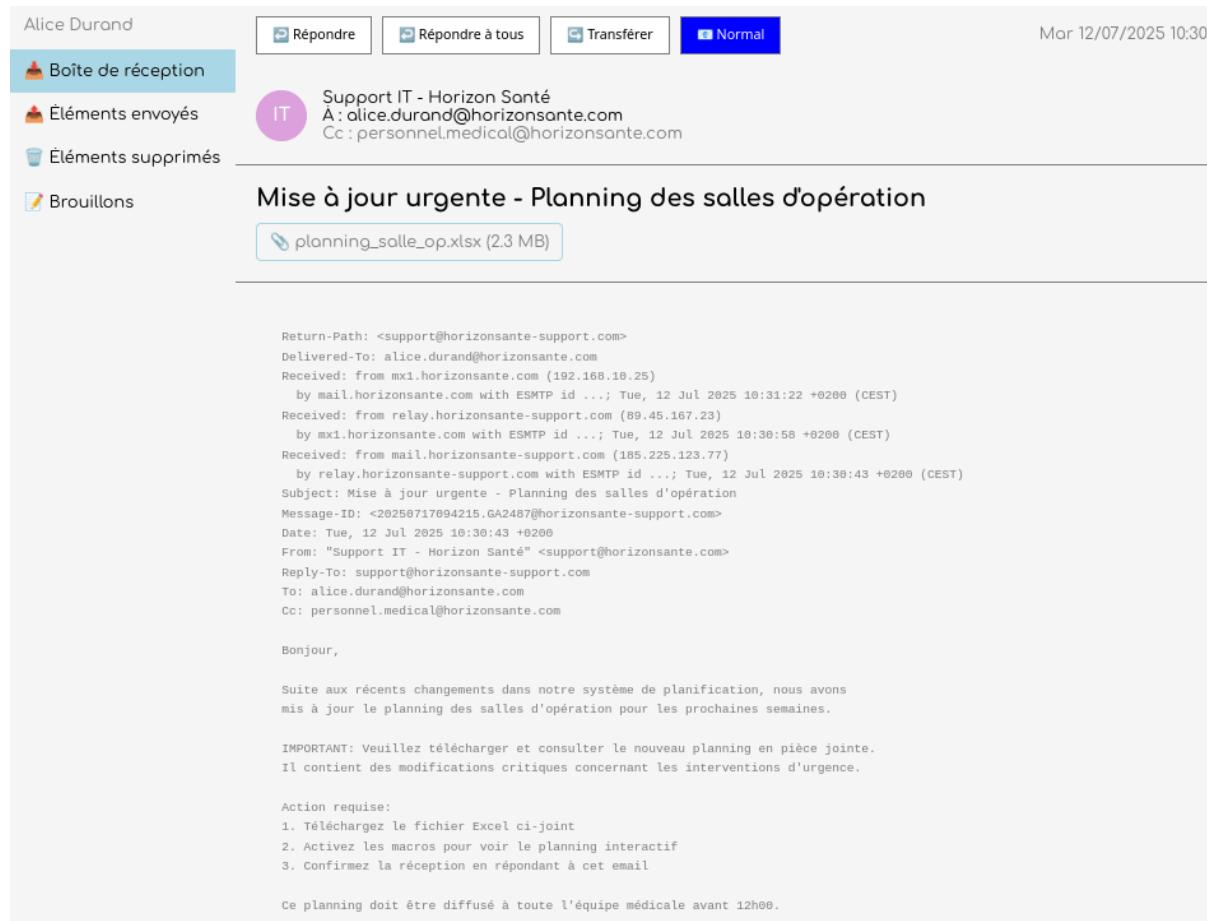


Fig. 19. – Visuel des détails du mail, challenge 1

L'idée est que le joueur-euse puisse à la fois consulter le mail tel qu'un employé l'aurait reçu et analyser ses en-têtes pour remonter au domaine frauduleux.

Le backend repose sur l'utilisation du Docker `ssh-whois`, déjà créé et proposé dans les scénarios précédents. Il permet, depuis le terminal côté frontend, de lancer une commande `whois` sur le faux domaine `horizonsante-support.com` et de récupérer les informations relatives au domaine frauduleux qui apparaît dans l'email suspect.

### 7.2.2 Challenge 2

Le challenge 2 propose une page de connexion illustrant une attaque par injection SQL sur un portail frauduleux, protégé par un WAF (pare-feu) volontairement basique. Dans la Figure 20 on peut voir une requête basique comme `OR 1=1; --`

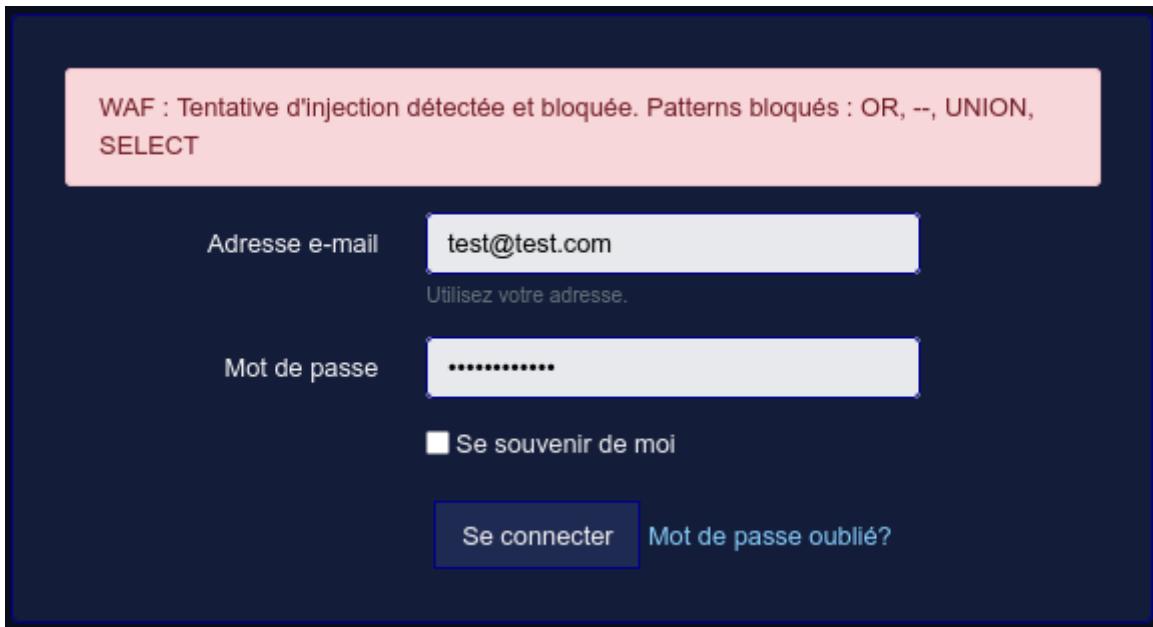


Fig. 20. – Page de connexion au portail frauduleux avec un message d'alerte du WAF, challenge 2

Après avoir la connexion à la session réussie, le joueur·euse peut contourner l'authentification et accéder à une page de session simulant la réussite de la connexion.



Fig. 21. – Session connexion réussite, challenge 2

Côté backend, une API REST a été créée dans le fichier `index.js`. Cette route `/challenge2/validate` intègre un WAF qui bloque certains patterns d'injection SQL (`OR`, `--`, `UNION`, `SELECT`). La vulnérabilité réside dans la seconde requête qui concatène directement les entrées utilisateur sans protection :

```
// Requête vulnérable à l'injection SQL
pool.query(
  "SELECT * FROM users WHERE ID = '" + email + "' AND pass = '" + password + "'",
  /* ... */
```

Les utilisateurs sont stockés dans une base de données MySQL pour rendre la simulation plus crédible, dans le cas où un joueur·euse voudrait essayer de récupérer des identifiants, et illustrer comment

une mauvaise gestion des entrées utilisateur peut permettre d'injecter du SQL et de contourner l'authentification.

### 7.2.3 Challenge 3

Dans le challenge 3, l'objectif est de mettre en avant la navigation dans des dossiers, afin de sensibiliser aux problèmes de contrôle d'accès. Le joueur·euse commence le défi en arrivant sur le dashboard du site des attaquants.



The screenshot shows a dashboard titled "Exfiltration des données". In the top right corner, it says "Connecté: user". Below the title, there's a section titled "Tableau de bord" with the message "Bienvenue sur le portail interne. Accès aux ressources de l'organisation.". There are three cards: "Données" (2,847), "Sessions" (43), and "Fichiers" (1,205). The "Fichiers" section includes a link "Gestion des fichiers". Below these, there's a "Activité récente" section listing three items: "12/07/2025 - Modification dossier archives 2025", "11/07/2025 - Accès dossier shared", and "10/07/2025 - Sauvegarde effectuée".

Fig. 22. – Dashboard une fois connecté sur la plateforme des attaquants, challenge 3

Sur cette page Figure 22, il pourra ensuite cliquer sur le lien `Gestion des fichiers` qui simule un gestionnaire de fichiers, avec un premier accès restreint au répertoire `/shared`.



The screenshot shows a web browser window with the URL "localhost/blackoutgame.html?dir=/shared". The page has a header with links like "ACCUEIL", "BLACKOUT", "GALACGAME", "SHANA", "TECHNIQUES ET Outils", "ETHICAL HACKING", and "À PROPOS". Below the header, there's a progress bar with green and red dots. The main content area is titled "Dossier: /shared" and contains a table of files:

Nom	Type	Taille	Modifié
procedures.txt	fichier	8 KB	08/07/2025
rapport_hebdo.doc	fichier	45 KB	12/07/2025
planning_equipes.xlsx	fichier	23 KB	11/07/2025
notes_reunions.txt	fichier	12 KB	10/07/2025

Fig. 23. – Dossiers shared, challenge 3

Le joueur·euse doit manipuler directement l’URL, dans un premier temps, en modifiant le paramètre `?dir=` (Figure 23) pour retrouver le dossier racine, comme visible dans la Figure 24, puis explorer l’arborescence complète. Chaque dossier correspond à une page HTML distincte, ce qui permet de rendre la navigation concrète et progressive. On peut ainsi passer du tableau de bord au répertoire partagé, puis remonter à la racine et enfin atteindre des sous-dossiers sensibles comme `/archives`, qui se trouve dans la Figure 25.

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/blackoutgame.html?dir=/`. The page title is "Racine: /". At the top, there is a navigation bar with links: ACCUEIL, BLACKOUT, GALAGAME, SHANA, TECHNIQUES ET OUTILS, ETHICAL HACKING, and À PROPOS. Below the navigation bar is a red button labeled "réponse" and a blue button labeled "Valider l'étape !". A progress bar at the bottom consists of seven circles, with the first four being green and the last three being red. The main content area displays a table titled "Racine: /". The table has columns: Nom, Type, Taille, and Modifié. It lists three entries:

Nom	Type	Taille	Modifié
public	dossier	-	09/07/2025
shared	dossier	-	12/07/2025
archives	dossier	-	10/07/2025

Buttons "Tableau de bord" and "Supprimer" are located at the top right of the table area.

Fig. 24. – Dossiers racine, challenge 3

The screenshot shows a web browser window with the URL `localhost/blackoutgame.html?dir=/archives`. The page title is "Dossier: /archives". At the top, there is a navigation bar with links: ACCUEIL, BLACKOUT, GALAGAME, SHANA, TECHNIQUES ET OUTILS, ETHICAL HACKING, and À PROPOS. Below the navigation bar is a red button labeled "réponse" and a blue button labeled "Valider l'étape !". The main content area displays a table titled "Dossier: /archives". The table has columns: Nom, Type, Taille, and Date. It lists nine entries:

Nom	Type	Taille	Date
audit_securite_2022.zip	fichier	67 MB	12/28/2022
audit_securite_2023.zip	fichier	45 MB	05/18/2023
audit_securite_2024.zip	fichier	52 MB	11/05/2024
backup_intranet_avril_2024.tar.gz	fichier	189 MB	04/15/2024
backup_intranet_dec2024.zip	fichier	234 MB	12/20/2024
backup_intranet_mars_2025.tar.gz	fichier	278 MB	03/10/2025
backup_intranet_sept_2024.tar.gz	fichier	201 MB	09/22/2024
changelog_2023.txt	fichier	34 KB	12/31/2023
changelog_2024.txt	fichier	41 KB	12/31/2024

Buttons "Tableau de bord" and "Supprimer" are located at the top right of the table area.

Fig. 25. – Exploration des dossiers jusqu’au dossier `/archives`, challenge 3

Le backend est centré sur la navigation de répertoires simulés. Le fichier `horizonmain.js` définit la logique permettant de mapper le paramètre `?dir=` de l’URL vers des fichiers HTML spécifiques. La

fonction `loadIframe()` récupère le paramètre `dir` et charge la page correspondante dans un iframe selon un mapping prédefini. Ce mapping agit comme une liste blanche qui garantit que seules les pages prévues par le scénario sont accessibles, ce qui évite toute tentative de path traversal et simplifie la gestion des états du jeu. La fonction `navigateToDirectory()` met à jour l'URL et recharge l'iframe lors de la navigation, reproduisant ainsi le comportement d'un gestionnaire de fichiers.

#### 7.2.4 Challenge 4

Le challenge 4 a besoin d'un environnement Python afin de réaliser un petit script. Il est donc directement intégré dans le navigateur grâce à Pyodide, qui embarque l'interpréteur Python. Cette technologie permet d'exécuter du code Python sans rien installer et permet à l'IDE de fonctionner ainsi que le terminal interactif visibles dans l'interface. L'exécution reste côté navigateur, ce qui évite de maintenir un conteneur backend simplement pour lancer du Python.

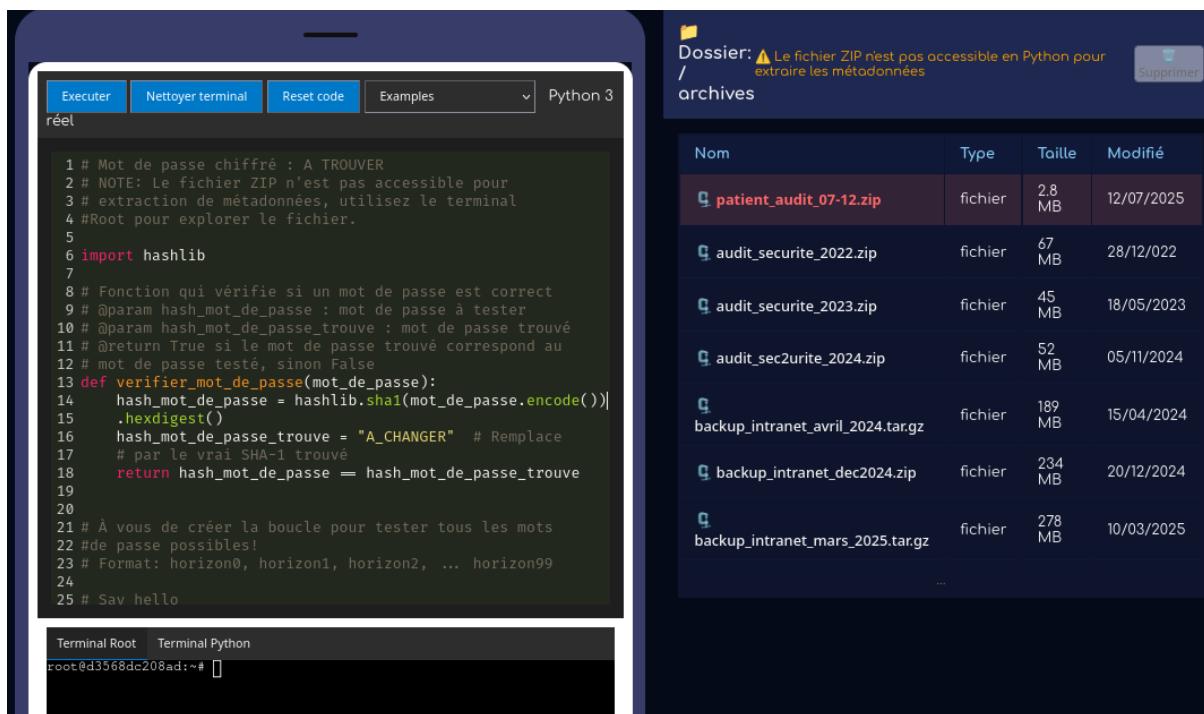


Fig. 26. – IDE Python pour analyser le fichier et terminal afin de pouvoir réaliser un `zipinfo`, challenge 4

Au niveau du terminal, il est possible de changer entre un terminal Linux classique pour que le joueur·euse puisse exécuter la commande système `zipinfo` et un terminal Python pour exécuter des scripts Python.

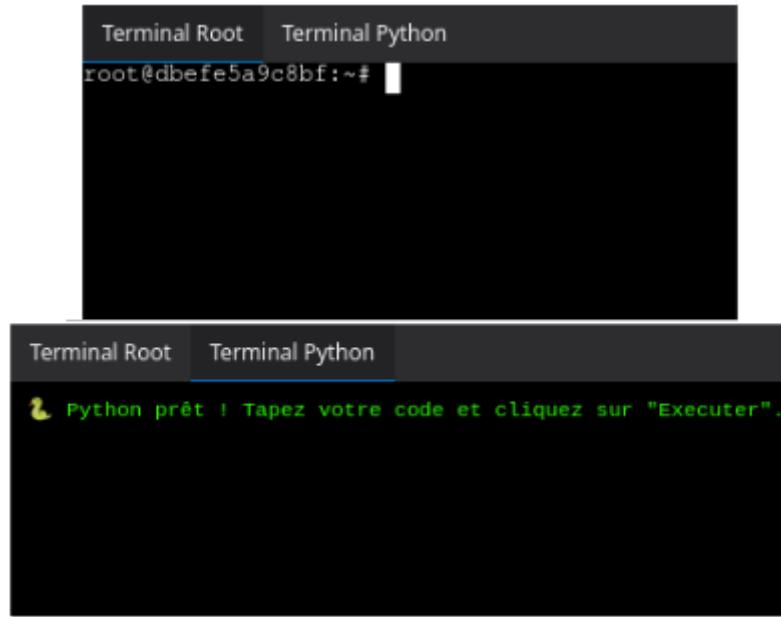


Fig. 27. – Terminaux disponibles pour le challenge 4

Le backend reprend le principe du challenge 1, mais cette fois avec un conteneur Docker `ssh-zipinfo`, ce qui permet d'analyser un fichier ZIP via le terminal intégré, directement connecté au backend. Le joueur·euse peut ainsi exécuter une commande `zipinfo` et récupérer des informations sur le contenu de l'archive sans l'ouvrir directement.

Pour valider le flag, une route API `/challenge4/validate` a été créée. Elle compare le hash SHA3-256 du flag soumis avec celui stocké en base de données. S'il est valide, elle renvoie un HTML simulant l'affichage des fichiers décompressés (contenant notamment le fichier `monitor_check_wip.py` révélant les identifiants hardcodés).

### 7.2.5 Challenge 5

Le challenge 5 garde l'IDE Python embarqué, mais cette fois pour pousser le joueur·euse à écrire un peu de code et analyser un script. Il s'agit de décoder des informations cachées dans un fichier et de reconstituer une URL que les attaquants sont susceptibles d'utiliser. Le terminal et l'IDE sont au cœur de l'interface, de manière à donner l'impression de travailler dans un véritable environnement d'analyse, tout en restant guidé par les consignes du scénario.

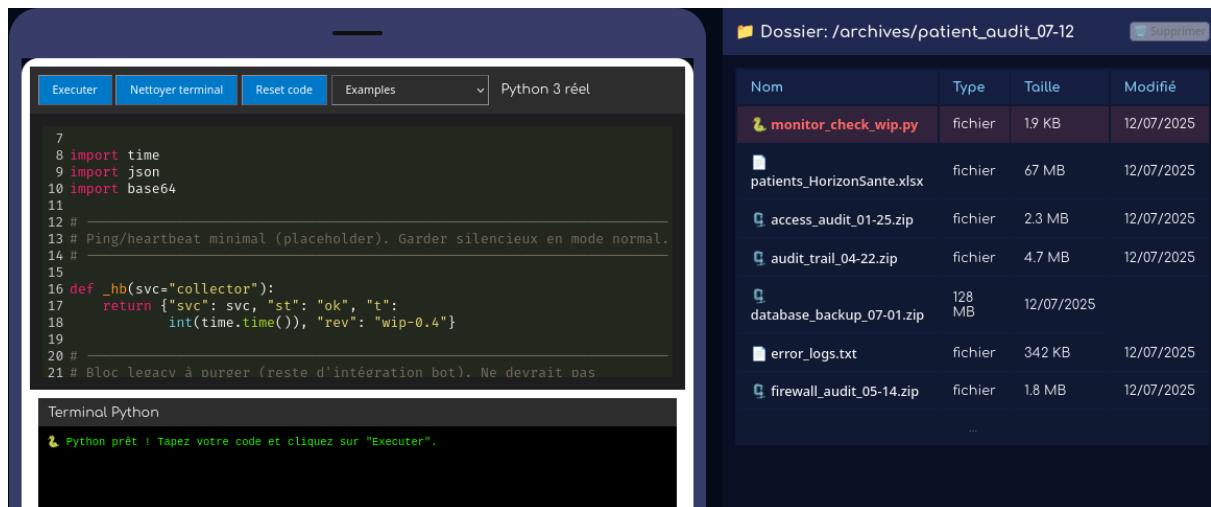


Fig. 28. – IDE Python pour analyser le fichier et réaliser du code pour identifier la page, challenge 5

Ce challenge est entièrement géré côté frontend. Il n'a pas besoin du backend, car l'analyse repose sur un IDE web qui s'appuie sur Pyodide et sur les scripts fournis directement dans l'interface.

#### 7.2.6 Challenge 6

Le challenge 6 propose une interface avec un chatbot interactif. Il permet au joueur-euse de tester différentes commandes, comme `help`. L'idée était de rendre l'expérience plus ludique et interactive, tout en introduisant des notions liées aux failles XSS et à la compromission de sessions. Le chatbot devient donc à la fois un outil d'aide et une cible d'attaque.

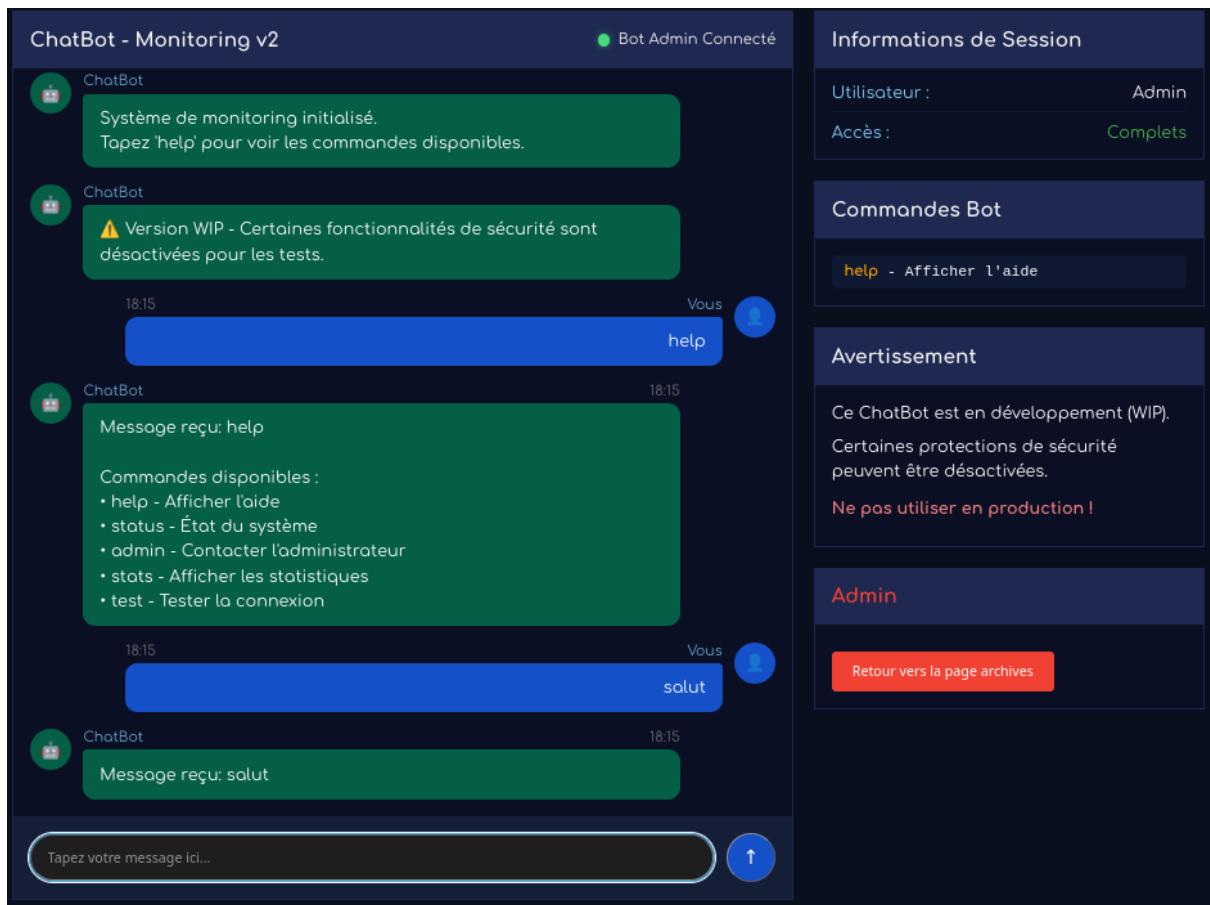


Fig. 29. – Interface du chatbot, challenge 6

Le backend simule un bot connecté avec les droits administrateurs et ouvre les pages du chat pour chaque joueur connecté. Pour que les payloads XSS insérés dans le chat s'exécutent réellement, le bot commande un navigateur headless (Puppeteer) qui charge la conversation de l'utilisateur, attend un court moment pour laisser le script s'exécuter, puis referme l'onglet. Chaque joueur dispose d'un contexte isolé, le bot régénère un contexte séparé à chaque session afin d'éviter toute fuite de messages entre participant·e·s.

La configuration Docker du bot expose l'API sur le port 3001 via Traefik avec TLS. Un mécanisme de limitation de sessions évite qu'un joueur·euse monopolise le bot trop longtemps. Un service `log-viewer` (Dozzle) permet de moniturer les logs du bot en mode développement.

Le bot, implémenté avec Puppeteer dans `bot.js`, expose une API permettant de créer une session, positionner des cookies et demander au bot d'exécuter des requêtes. Chaque joueur·euse est associé·e à un identifiant unique `playerId` (UUID) pour éviter les interférences entre plusieurs utilisateur·trice·s simultané·e·s.

Côté backend, deux routes sont essentielles :

- `POST /challenge6/validate` : permet de tester si un cookie admin est valide (`ADM1N_535510N_TOKEN25`).

- GET /challenge6/deleteFiles : une fois le cookie admin obtenu via une attaque XSS, le joueur·euse peut appeler cette route pour supprimer tous les fichiers et récupérer le flag (code ci-dessous).

```
app.get("/challenge6/deleteFiles", (req, res) => {
  const adminCookie = req.cookies.admin;

  if (!adminCookie || adminCookie !== "ADM1N_535510N_T0KEN25") {
    return res.status(403).json({ error: "Accès non autorisé" });
  }

  // Extraction et retour du flag
  const targetFlag = process.env.CHALL_FLAGS_2025
    .split(";").find((flag) => flag.startsWith("chall6="));
  return res.status(200).json({ success: true, flag: targetFlag.split("=".join(" ")[1] });
});
```

### 7.2.7 Challenge 7

Enfin, le challenge 7 recrée l'interface interne de la plateforme hospitalière.



Fig. 30. – Interface de la plateforme de l'hôpital, challenge 7

Le joueur·euse y trouve un menu latéral regroupant différents outils, comme l'accès aux journaux VPN. Les logs peuvent être ouverts et analysés directement depuis l'interface, ce qui permet de repérer l'adresse IP la plus suspecte (Figure 31).

The screenshot shows a web-based interface for a Security Operations Center (SOC). The left sidebar, titled "Outils SOC", contains links for "Tableau de bord", "Logs et Diagnostics", "Pare-feu", and "Monitoring". The main area is titled "Logs et Diagnostics" and displays a list of log files under the heading "Fichiers logs VPN disponibles:". The log files listed are:

- vpn\_access\_2025-07-06.log (1.9 MB)
- vpn\_access\_2025-07-07.log (3.2 MB)
- vpn\_access\_2025-07-08.log (3.4 MB)
- vpn\_access\_2025-07-09.log (2.6 MB)
- vpn\_access\_2025-07-10.log (2.1 MB)
- vpn\_access\_2025-07-11.log (1.8 MB)
- vpn\_access\_2025-07-12.log (4.7 MB)

A legend at the bottom explains the color coding for log entries: Adresses IP (orange), Timestamps (blue), Méthodes HTTP (green), URLs (red), Codes statut (purple), and Tailles (grey).

A detailed view of the "vpn\_access\_2025-07-12.log" file is shown in a modal window. The log content is as follows:

```

"- Mozilla/5.0"
46.19.169.58 - - [12/Jul/2025:12:00:26 +0200] "POST /vpn/metrics HTTP/1.1" 500 1983
"- curl/8.1.0"
37.18.145.203 - - [12/Jul/2025:12:00:46 +0200] "POST /vpn/keepalive HTTP/1.1" 200 1177
"- okhttp/4.9.3"
193.5.216.10 - - [12/Jul/2025:12:00:48 +0200] "POST /vpn/data/upload HTTP/1.1" 200
2791 "-" Mozilla/5.0"
212.47.245.12 - - [12/Jul/2025:12:00:50 +0200] "POST /auth/refresh HTTP/1.1" 200 1192
"- okhttp/4.9.3"
46.19.169.58 - - [12/Jul/2025:12:00:52 +0200] "GET /vpn/pulse HTTP/1.1" 404 562 "-"
curl/8.1.0"
37.18.145.203 - - [12/Jul/2025:12:00:53 +0200] "POST /vpn/metrics HTTP/1.1" 302 1815
"- Wget/1.21.4"
212.47.245.12 - - [12/Jul/2025:12:00:56 +0200] "POST /vpn/keepalive HTTP/1.1" 302 1013
"- Wget/1.21.4"
193.5.216.10 - - [12/Jul/2025:12:01:14 +0200] "POST /vpn/login HTTP/1.1" 403 2265 "-"
curl/8.1.0"
109.202.120.5 - - [12/Jul/2025:12:01:33 +0200] "POST /health HTTP/1.1" 200 2931 "-"
Wget/1.21.4"
37.18.145.203 - - [12/Jul/2025:12:01:56 +0200] "POST /vpn/pulse HTTP/1.1" 500 727 "-"

```

Fig. 31. – Visuel des logs, challenge 7

Une fois cette IP identifiée, un formulaire intégré (Figure 32) permet de la bloquer dans le pare-feu. La validation est confirmée par un message spécifique, simulant le succès de l'action.

Fig. 32. – Formulaire pour bloquer une IP et obtenir le code de validation, challenge 7

Ce challenge ne fait pas appel au backend. L'ensemble du challenge (analyse des logs et blocage de l'adresse IP) est simulé directement côté frontend pour simplifier l'implémentation et rester accessible sans nécessiter de configuration serveur complexe.

## 7.3 Intégration sur le site web

L'intégration des nouveaux challenges « Horizon » dans la plateforme existante s'est faite en trois parties :

1. Initialisation des flags et extension du modèle de données
2. Ajout d'un nouveau « mini-site » de jeu (fichiers `horizongame.html` et `horizonmain.js`)
3. Raccordement à l'expérience globale (lien depuis `index.html`, popups d'intro avec les indices et configuration `.env`). Ces ajouts s'alignent sur l'architecture en place (4.4) et permettent de maintenir une cohérence avec les scénarios précédents.

### 7.3.1 Initialisation des flags côté serveur

Pour éviter de placer les réponses dans le frontend, les flags 2025 sont déclarés dans les variables d'environnement et insérés au démarrage dans MongoDB au format SHA3-256, comme les scénarios 2020/2021. Le fragment suivant, ajouté à `db.js`, parcourt `CHALL_FLAGS_2025`, découpe chaque entrée `challX=VAL`, calcule le hash, puis crée le document Flag s'il n'existe pas.

```
/* ... */
// Support for 2025 challenges
const flags_2025 = process.env.CHALL_FLAGS_2025.split(' ');

for await (const flag of flags_2025) {
    const elem = flag.split('=');
    assert(elem.length === 2);
    const hash = new SHA3(256);
    hash.update(elem[1]);
    if (!(await Flag.exists({chall_name: "2025_" + elem[0]})))
        await Flag.create({chall_name: "2025_" + elem[0], value:
hash.digest('hex')});
}
```

### 7.3.2 Ajout du mini-site de jeu « Horizon »

Comme pour les anciens scénarios (chaque challenge = mini-site dans son dossier), Horizon introduit une page de jeu dédiée (`horizongame.html`) et un script de contrôle (`horizonmain.js`). Cette approche permet d'orchestrer l'UI du scénario (iframe principale, champ de réponse, popups d'aide/indices) sans impacter les autres jeux.

#### 7.3.2.1 `horizongame.html`

Le fichier HTML charge le thème, les scripts communs, les popups par challenge (0 à 8) et l'iframe qui héberge l'écran actif. On y retrouve également le champ de validation (réponse) et les includes HTML (header, popups) pour conserver la même UX que les autres scénarios.

#### 7.3.2.2 `horizonmain.js`

Le fichier `horizonmain.js` (Annexe G) constitue le cœur du moteur du scénario Horizon. Développé avec le framework Phaser, il orchestre l'affichage du niveau, le déplacement du personnage, l'interaction avec les plateformes représentant les différents challenges, ainsi que la communication avec le backend pour la validation des étapes.

Dès l'initialisation, le script charge les éléments visuels nécessaires : le fond, les textures des plateformes, le héros, ainsi que les données décrivant la disposition des plateformes dans le fichier `level01Horizon.json`.

Chaque plateforme est associée à un challenge et rendue cliquable. Lorsqu'une plateforme est sélectionnée, le personnage se déplace automatiquement jusqu'à elle. Si le challenge est accessible, une popup s'ouvre pour présenter les consignes et permettre de lancer l'interface spécifique. Cette interface est affichée dans une iframe intégrée à la page principale.

La progression est gérée grâce à un système de cookies : `bk2025_xH92f_curr` enregistre l'étape en cours et `bk2025_mp81x_all` mémorise l'ensemble des challenges débloqués.

Lorsqu'un joueur·euse saisit un flag dans le champ de réponse et le valide, le script envoie une requête POST au backend sur la route `/backend/2025/flag`. Le serveur vérifie la validité du flag et renvoie un code HTTP : `200` pour une réussite, ce qui débloque la plateforme suivante et affiche un message de félicitations, `401` si le flag est incorrect, avec un message d'encouragement, `404` en cas d'erreur de challenge.

Cette logique garantit que la progression se fait de manière linéaire et que les étapes ne sont pas contournables. Les étapes déjà résolues changent d'apparence (zone verte).

Le moteur intègre également des cas spécifiques, comme pour le Challenge 3, où un paramètre `?dir=` permet de simuler la navigation dans des dossiers via un mapping prédéfini entre les chemins et des pages HTML distinctes.

Enfin, `horizonmain.js` prend en charge la compatibilité et l'expérience utilisateur : il vérifie le type de navigateur et alerte si le jeu est lancé sur un appareil mobile ou un navigateur non supporté, afin d'afficher une erreur si le navigateur n'est pas supporté.

### 7.3.3 Raccordement dans la page d'accueil, routage et configuration des flags `.env / .env.prod`

Pour exposer le nouveau scénario dans l'UI globale, `index.html` reçoit une déclaration de l'année dans la constante `VALID_YEARS`, pour que la logique cliente supporte 2025 (comme 2020/2021) et un bloc de présentation (texte + vidéo) et un bouton d'accès à `horizongame.html`.

Cette intégration conserve le parcours utilisateur habituel : découverte, teaser, puis accès aux défis. Cette page est servie via Traefik, ce qui permet au client d'appeler `/backend/...` et d'intégrer des iframes `/ssh?...` sans connaître la topologie interne.

Enfin, les flags sont définis côté serveur, dans `.env` et `.env.prod`. Lors du boot, `db.js` se charge de les hacher et de les insérer si besoin. Le format clé-valeur séparé par ; reste identique.

Les bénéfices d'avoir des flags côté serveur sont qu'aucun secret(flag) n'apparaît dans le code client. De plus, cela permet une gestion centralisée et versionnée par année, ainsi qu'une facilité d'opération (rotation, ajout/suppression sans rebuild du frontend).

## 7.4 Améliorations de l'implémentation et futures corrections

Le scénario pourrait avoir plus de challenges pour couvrir plus d'aspects de vulnérabilités et techniques d'attaque. Des challenges supplémentaires permettraient d'approfondir certaines thématiques et d'offrir une progression pédagogique plus complète.

Le challenge 6, qui utilise un bot automatisé avec Puppeteer, révèle plutôt un problème côté client : le payload XSS s'exécute d'abord dans le navigateur du joueur·euse avant que le bot ne visite la page. Résultat, un message répété apparaît avec les cookies de l'utilisateur, puis un second avec ceux du bot. Il serait utile de conditionner l'exécution (ex. vérification du cookie admin) ou de limiter l'usage de `innerHTML` côté joueur afin d'éviter ce comportement par défaut.

Enfin le challenge 7 a une petite incohérence scénaristique. Le joueur·euse est censé·e bloquer une IP malveillante, mais en réalité l'attaquant pourrait tout à fait utiliser une autre IP pour continuer son attaque. Une meilleure approche serait de simuler un blocage plus efficace, comme la fermeture du port d'accès.

# 8 Tests

## 8.1 Tests unitaires

L'utilisation de Jest a permis de réaliser des tests unitaires sur les différentes fonctions critiques du scénario Horizon. Cela inclut la validation des mécanismes d'authentification, la gestion des sessions, et la vérification des permissions d'accès aux différentes sections du site. Les tests unitaires permettent de s'assurer que chaque composant fonctionne correctement de manière isolée avant de les intégrer dans le système global.

### 8.1.1 Configuration de l'environnement de test

Jest est configuré pour exécuter les tests dans un environnement Node.js. La configuration permet de mesurer la couverture du code testé et génère des rapports pour vérifier la qualité des tests.

### 8.1.2 Détails des tests par challenge

Les tests du challenge 1 valident la fonction `toggleDetails()` qui permet de basculer entre la vue normale et la vue détaillée d'un email. Un environnement DOM virtuel a été créé avec JSDOM pour simuler le navigateur. Ces tests permettent de vérifier l'état du DOM, valider l'état initial, tester le basculement de l'état mais aussi les basculements successifs. Ces tests permettent de garantir que l'interface utilisateur répond correctement aux interactions et que les états d'affichage sont gérés de manière cohérente.

Concernant le challenge 2, des tests unitaires ont été conçus pour valider le fonctionnement du filtre WAF (Web Application Firewall) implémenté. Le filtre a pour objectif de bloquer les tentatives d'injection SQL en identifiant des patterns suspects comme `SELECT`, `UNION`, `OR` et les commentaires `--`. Les tests couvrent des inputs normaux des cas où des chaînes malicieuses doivent être bloquées, l'insensibilité à la casse, et d'autres variations. De plus, des tests de connexion à la base de données sont également inclus pour s'assurer que les requêtes légitimes passent correctement. Ces tests permettent de confirmer que la connexion MySQL fonctionne à l'aide de différents scénarios, comme une connexion réussie, identifiants incorrects, ... Ils simulent également un processus d'authentification afin de vérifier que les interactions avec la base respectent la logique prévue. Ces tests permettent de s'assurer que le WAF fonctionne comme attendu tout en laissant la possibilité aux joueurs de résoudre le challenge.

Pour le challenge 3, les tests valident la fonction `resolveDirToFile()` qui mappe les chemins de répertoires vers les fichiers HTML correspondants. Ils ont pour but de valider le chemin racine vers le fichier par défaut, de tester des répertoires principaux et secondaires (archives par année), de vérifier les fallback en cas de répertoires inexistantes, et de s'assurer de la cohérence du traitement du slash. Ces

tests assurent que le système de navigation fonctionne correctement et que les utilisateurs peuvent accéder aux bonnes ressources.

Le challenge 4 intègre des tests concernant la validation du flag et l'affichage correct des fichiers décompressés après avoir fourni la réponse valide. Les tests vérifient l'absence de flag, la validité d'un flag, correcte ou non, pour renvoyer les bons messages. Ce type de test est fondamental pour garantir que le flux de validation reste cohérent et que l'utilisateur reçoit un retour clair et précis.

Dans le challenge 5, les tests contrôlent les mécanismes de décodage en base64. La fonction testée doit vérifier et rejeter les séquences invalides, mais aussi reconstruire correctement une chaîne de plusieurs fragments encodés. Les tests vérifient que le décodage produit les chemins attendus et que la validation du flag fonctionne uniquement si l'utilisateur fournit le chemin correct. Cela assure que le processus de reverse engineering intégré au challenge est le plus fidèle à la réalité.

Pour le challenge 6, deux séries de tests unitaires ont été développées. La première concerne l'authentification du cookie administrateur, qui doit correspondre à une valeur bien précise. Les tests simulent l'absence du cookie, la présence d'un cookie invalide et le cookie correct, afin de s'assurer que le comportement voulu est obtenu. La deuxième série vérifie la suppression de fichiers, où l'action ne peut être faite que si le cookie est valide et que le flag est correctement transmis. Ces tests garantissent que l'escalade de privilèges via XSS est bien représentée et que la mécanique backend réagit correctement.

Enfin, les tests du challenge 7 vérifient le mécanisme de génération de code de blocage d'adresses IP. Les tests s'assurent que le format des adresses est correct et que le code de confirmation produit est bien ce qui est attendu. La validation du flag est également testée pour s'assurer qu'un code généré correspond bien à l'IP suspecte identifiée. Cela permet de s'assurer que le challenge reste cohérent et que les joueurs peuvent interagir avec le système de manière réaliste.

Pour terminer, des tests de la base de données MongoDB valident l'initialisation sécurisée des flags de challenges. Ils vérifient que la création des flags est correcte à partir des variables d'environnement pour les différentes années, la validation du hachage des valeurs des flags et la connexion à la base de données.

## 8.2 Tests utilisateurs

La phase des tests utilisateurs a plusieurs objectifs. Elle vise tout d'abord à faire des observations et faire contrôler la façon dont les participant·e·s interagissent avec la plateforme et les différents outils prévus. Pour garantir des conditions similaires à l'ensemble des joueur·euse·s, un minimum d'information a été transmis oralement. En ce qui concerne les instructions de base nécessaires à la compréhension du contexte du scénario, seules les instructions présentes sur la plateforme ont été transmises. Les données collectées lors de ces tests permettent d'identifier les points forts et les points faibles de l'histoire mais aussi de la conception des challenges, ainsi que des pistes d'amélioration. Elles aident également à évaluer l'accessibilité et la convivialité de la plateforme, en s'assurant que les défis sont compréhensibles et réalisables par un large public.

### 8.2.1 Protocole de test

#### 8.2.1.1 Environnement

Dans le but de limiter au maximum les perturbations et d'éventuelles interactions externes, les tests ont été réalisés chez chacun des participant·e·s. Chaque session de test a duré environ 2h–3h, incluant une introduction, la phase de jeu, et une session de feedback à la fin.

L'outil ngrok a été utilisé pour permettre aux testeurs d'accéder à distance à la plateforme en créant un tunnel sécurisé vers le serveur local. Cela a facilité la mise en place de tests réalistes sans contrainte de réseau ou d'installation.

#### 8.2.1.2 Participant·e·s

Un premier alpha test a été réalisé avec une personne avancée, ayant des connaissances approfondies en informatique de manière générale. Il a testé les challenges au fur et à mesure de leur mise en production. L'objectif était de valider la compréhension des défis que ce soit pour la consigne et les indices, et l'intérêt du scénario narratif. Ensuite, quatre autres participant·e·s sont intervenu·e·s, deux avec des connaissances avancées en informatique (dont un ayant suivi une formation en cybersécurité) et deux totalement débutant·e·s, c'est-à-dire sans aucune expérience de programmation. Ceux-ci ont réalisé l'ensemble du scénario en une seule session. Cette diversité de profils a permis de recueillir des retours variés et d'identifier des points d'amélioration pour différents niveaux de compétences, soit 3 personnes au niveau avancé et 2 débutant·e·s.

#### 8.2.1.3 Procédure de test

Une procédure de test similaire a été suivie pour chaque participant·e et se présente comme suit :

- Connexion à la plateforme et explication de sa structure.
- Présentation du contexte et des règles du jeu.
- Phase de jeu où le participant·e tente de résoudre les challenges.
- Observation et prise de notes sur le comportement, les difficultés rencontrées et les stratégies utilisées.
- En cas de blocage, des indices supplémentaires sont fournis pour aider le participant·e à progresser et dans les cas extrêmes, la solution est donnée pour permettre de continuer le test.
- Session de feedback où le participant·e partage ses impressions, les aspects appréciés et les suggestions d'amélioration.

## 8.3 Résultats et bilan des tests

Le test progressif avec l'alpha testeur a permis de valider assez rapidement la solidité technique de chaque challenge et de corriger des incohérences de l'histoire ou des bugs de développement. Les premiers retours ont permis d'ajuster les indices, de clarifier certaines étapes et de rendre le jeu plus accessible aux débutant·e·s.

Par la suite, les tests finaux ont révélé des différences assez importantes dans l'expérience utilisateur selon le niveau de compétence des participant·e·s. Les personnes avec des connaissances avancées en informatique ont généralement progressé de manière fluide à travers les premiers challenges, sans vraiment utilisé les indices. Elles ont confirmé l'intérêt du scénario et la pertinence technique des défis. Tandis que les participant·e·s débutant·e·s ont rencontré beaucoup plus de blocages, notamment dans la compréhension du vocabulaire technique, des concepts de base, du format de réponse attendu et ont relevé un manque de clarté sur les indices.

De manière générale, les tests montrent que le scénario est accessible à des débutants motivés tout en étant amusant pour des profils plus avancés. L'équilibre entre narration et techniques à utilisées a été jugé satisfaisant.

### 8.3.1 Performance par niveau de compétence

Pour mieux analyser les résultats, les participant·e·s ont été regroupé·e·s en deux catégories selon leur niveau de compétence en informatique : avancé·e·s et débutant·e·s.

Les joueur·euse·s avancé·e·s avaient une bonne maîtrise des concepts de base en programmation et en sécurité informatique. Ils ont été très rapidement autonomes dans la résolution des challenges. Des principales observations ont pu être faites : le temps de résolution était généralement inférieur aux estimations initiales, l'utilisation des indices était limitée, car ils préféraient explorer par eux-mêmes et trouver la solution et enfin une grande appréciation au niveau de l'aspect narratif qui a permis de développer les compétences techniques tout en restant motivé.

En ce qui concerne les joueur·euse·s débutant·e·s, sans connaissances en programmation et avec seulement des bases limitées en informatique, leur expérience a été plus variée et a mis en lumière plusieurs points d'amélioration possibles. Ces testeurs·euses ont montré un parcours plus contrasté : ils ont eu besoin de davantage de temps pour comprendre les consignes et les concepts fondamentaux, ce qui fait qu'ils ont consulté régulièrement la boîte à outils. Ils ont systématiquement utilisé tous les indices disponibles et ont particulièrement eu des difficultés lors des challenges les plus techniques, notamment les challenges 2, 4, 5 et 6. Malgré les difficultés rencontrées, ils ont exprimé une grande satisfaction lorsqu'ils réussissaient à résoudre un challenge, ce qui leur a permis de rester motivés et de progresser, même après plusieurs essais.

### 8.3.2 Points forts identifiés

Plusieurs aspects du projet ont été particulièrement appréciés par les participant·e·s, quel que soit leur niveau de compétence.

Dans un premier temps, le scénario et la narration. L'immersion narrative a été appréciée par tout le monde et a permis de contextualiser les défis techniques. La progression de l'histoire maintient la motivation des joueur·euse·s et les éléments de storytelling facilitent la mémorisation des concepts abordés.

Ensuite, la diversité des challenges. La variété des types de défis (exploitation de vulnérabilités web, analyse de fichiers, reverse engineering, etc.) a été appréciée pour maintenir l'intérêt et découvrir un large champ de compétences en cybersécurité, que ce soit au niveau de l'attaque mais aussi à l'aide d'un challenge défensif.

Enfin, la plateforme technique. L'utilisation de ngrok a permis des tests à distance sans friction technique majeure et sans avoir à forcer les participant·e·s à se déplacer. Aucun gros problème de stabilité n'a été rencontré durant les sessions. L'interface utilisateur a été jugée claire et intuitive, facilitant la navigation entre les différents challenges. Pour terminer, un dernier élément relevé par tous les participant·e·s est la simplicité d'utilisation grâce à l'accès direct par à un navigateur, sans installation supplémentaire de logiciel. Cela a contribué à rendre l'expérience plus accessible et à réduire les obstacles techniques.

### **8.3.3 Points faibles et pistes d'amélioration**

Concernant les points faibles, plusieurs aspects ont été identifiés et pourraient être améliorés par la suite.

Le premier point concerne les indices et consignes. Certains indices ont été jugés trop complexes, ce qui rendait la compréhension difficile pour certain·e·s ou au contraire trop explicites et donc trop faciles. Le vocabulaire technique dans certaines consignes a aussi été un obstacle pour les débutant·e·s. Les joueur·euse·s devaient régulièrement trouver les informations dans la boîte à outils, ce qui a parfois interrompu le flux de jeu. Un dernier élément souligné par les participant·e·s a été aussi la boîte à outils, qui était jugée très dense et complexe, rendait la recherche d'informations trop difficile.

Ensuite, la difficulté de certains challenges, quelques défis ont été trop complexes pour les débutant·e·s, en particulier ceux qui demandent des connaissances spécifiques en programmation ou en sécurité informatique. Des blocages assez longs ont été remarqués sur ces challenges spécifiques, et mon intervention a été nécessaire. Un meilleur équilibrage de la difficulté pourrait être envisagé pour rendre l'expérience plus fluide.

Des améliorations ont été apportées lors de la réalisation des tests, en reformulant certaines consignes, en ajustant la difficulté de certains challenges et en complétant les indices pour les rendre plus utiles et pertinents. Cependant, il reste encore des pistes d'amélioration à explorer.

Plusieurs pistes ont été identifiées pour le jeu et la plateforme. L'ajout de fonctionnalités de suivi des progrès des joueurs pourrait leur permettre de voir une meilleure progression sur les jeux. La boîte à outils pourrait également être simplifiée et mieux intégrée pour faciliter la recherche d'informations, par exemple en mettant directement l'accès aux informations précises dans la consigne ou dans le défi. Lors du tests, tous les indices étaient visibles, il faudrait les cacher pour qu'ils soient accessibles au fur et à mesure des besoins. Cet élément a été corrigé par la suite. Enfin, la mise en place d'un système de feedback continu permettrait de recueillir des retours en temps réel et d'ajuster le scénario de manière plus dynamique.

## 9 Conclusion

Ce travail de Bachelor avait pour but de concevoir, développer et tester un nouveau serious game autour du « Ethical Hacking », en continuité avec la plateforme *CyberGame* et les scénarios initiaux « Shana a disparu » et « Sauve la Terre de l'arme galactique ! ». L'objectif principal était de proposer une expérience pédagogique immersive, qui combine une narration captivante et des défis techniques, afin de sensibiliser un public large aux enjeux de la cybersécurité.

Grâce à la conception et élaboration du scénario réaliste « Fuite de données dans le *Centre Hospitalier Horizon Santé* », nous avons abordé la problématique en nous inspirant d'incidents réels d'attaques par ransomware sur des infrastructures critiques. Ce scénario intègre sept challenges progressifs. À travers ces challenges techniques, les joueur·euse·s découvrent l'ensemble des réponses à un incident de ce type, grâce à l'analyse d'emails de phishing, à l'exploitation de vulnérabilités web, en passant par la cryptanalyse, le reverse engineering, une attaque XSS pour supprimer les dossiers compromettants et les opérations défensives. Cette progression permet d'aborder des compétences variées en cybersécurité tout en maintenant un fil narratif engageant mais aussi afin de s'adresser aussi bien aux débutant·e·s qu'aux utilisateur·trice·s plus expérimenté·e·s.

L'implémentation technique c'est appuyée sur l'architecture existante de *CyberGame*, en y intégrant les fonctionnalités spécifiques du nouveau scénario. L'intégration de nouveaux outils pédagogiques, comme l'IDE Python embarqué avec Pyodide, les terminaux interactifs et le système de bot automatisé pour le challenge XSS, ont permis de renforcer l'expérience d'apprentissage avec de nouveaux types de challenges. La gestion sécurisée des flags via MongoDB et l'utilisation de Docker pour isoler les environnements garantissent à la fois la robustesse technique et l'intégrité du jeu.

Enfin, en ce qui concerne les éléments d'amélioration au niveau de l'implémentation, le challenge 6, qui utilise un bot automatisé, présente également des problèmes techniques de gestion des cookies qui devront être corrigés pour garantir son bon fonctionnement.

Les phases de tests unitaires et utilisateurs ont confirmé la pertinence de l'approche. Les tests utilisateurs ont révélé des résultats assez différents selon le niveau des participant·e·s. Les profils avancés ont beaucoup aimé la diversité des challenges et l'immersion à l'aide de l'histoire, ce qui leur a permis de progresser de manière fluide à travers les différentes étapes. Les débutant·e·s, bien qu'ayant rencontré plus de difficultés, ont aussi montré une satisfaction pendant la résolution des défis, ce qui a permis de confirmer la pertinence de l'approche pédagogique. Ces retours ont mis en évidence les points forts du jeu tout en identifiant plusieurs axes d'amélioration, notamment concernant la clarté des consignes, la simplification des indices avec une meilleure gradation et une meilleure intégration de la boîte à outils. Néanmoins, certaines limites persistent. La difficulté de réaliser un bon équilibrage entre les profils débutants et avancés reste complexe, et quelques challenges nécessitent encore des

ajustements pour éviter des blocages prolongés. La densité du contenu de la boîte à outils pourrait être améliorée, et l'intégration de fonctionnalités de suivi de progression pourrait enrichir l'expérience globale des joueur·euse·s.

Il est important de souligner que ce projet a été réalisé dans une version de 2020 de la plateforme *CyberGame*. Par conséquent, certaines parties de l'implémentation décrites dans ce rapport ne sont plus directement applicables à la nouvelle version du site et des éléments d'améliorations ont déjà été pris en compte. Néanmoins, les concepts pédagogiques, le scénario développé et les mécanismes de jeu restent pertinents et peuvent être adaptés à la nouvelle architecture.

En conclusion, ce projet met l'accent sur l'importance de la formation en sécurité informatique face à la multiplication des cyberattaques ciblant les infrastructures critiques et le potentiel des serious games comme outil de sensibilisation à la cybersécurité. Grâce à la combinaison d'une narration immersive et de défis techniques, cela permet d'offrir une alternative ludique aux formations traditionnelles tout en transmettant des compétences concrètes. La plateforme permet de renforcer cet apprentissage en offrant un environnement interactif et motivant. Le scénario « Fuite de données dans le *Centre Hospitalier Horizon Santé* » constitue une base solide pour de futures évolutions, que ce soit par l'ajout de nouveaux challenges, l'amélioration des mécanismes de progression, ... Il rappelle aussi l'importance cruciale de la cybersécurité dans notre société, où les attaques informatiques peuvent avoir des conséquences graves sur des infrastructures publiques essentielles et la protection des personnes.

# Bibliographie

1. EUROPEAN COMMISSION. DIRECTORATE GENERAL FOR COMMUNICATIONS NETWORKS, CONTENT AND TECHNOLOGY. *The Digital Decade*. En ligne. LU : Publications Office, 2024. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://data.europa.eu/doi/10.2759/646681>
2. WAHL, Thomas. Eurobarometer: Europeans Attitudes towards Cyber Security. En ligne. 28 avril 2020. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://eucrim.eu/news/eurobarometer-europeans-attitudes-towards-cyber-security/>
3. SPYS, Denys et SOLOVEI, Anna. Phishing Statistics in 2025: The Ultimate Insight | TechMagic. En ligne. 18 juin 2025. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.techmagic.co/blog/blog-phishing-attack-statistics/>
4. KNOWBE4. *Phishing Threat Trends Repor* En ligne. Clearwater, FL, USA, 2025. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: [https://www.knowbe4.com/hubfs/Phishing-Threat-Trends-2025\\_Report.pdf](https://www.knowbe4.com/hubfs/Phishing-Threat-Trends-2025_Report.pdf)
5. 2024 ISC2 Cybersecurity Workforce Study. En ligne. [Consulté le 9 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.isc2.org/Insights/2024/10/ISC2-2024-Cybersecurity-Workforce-Study>
6. FORTINET. *2024 Cybersecurity Skills Gap* En ligne. Sunnyvale, CA, USA, 2024. [Consulté le 14 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/reports/2024-cybersecurity-skills-gap-report.pdf>
7. NG, Chiu Yeong et HASAN, Mohammad Khatim Bin. Cybersecurity Serious Games Development: A Systematic Review. *Computers & Security*. En ligne. 1 mars 2025. Vol. 150, p. 104307. [Consulté le 14 juillet 2025]. DOI [10.1016/j.cose.2024.104307](https://doi.org/10.1016/j.cose.2024.104307).
8. HILL, Winston, FANUEL, Mesafint et YUAN, Xiaohong. Comparing Serious Games for Cyber Security Education. 2020.
9. FORTINET. *Fortinet 2024 Cybersecurity Skills Gap Global Research Report* En ligne. Sunnyvale, CA, 2024. [Consulté le 9 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.fortinet.com/content/dam/fortinet/assets/reports/2024-cybersecurity-skills-gap-report.pdf>
10. Y-Security - HEIG-VD. En ligne. [Consulté le 9 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://heig-vd.ch/recherche/groupes-poles/y-security>
11. Initiation Au Ethical Hacking. En ligne. [Consulté le 8 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://shana.heig-vd.ch/>

12. Shana a Disparu. Retrouve-la !. En ligne. [Consulté le 8 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: [https://shana.heig-vd.ch/shanagame.html?](https://shana.heig-vd.ch/shanagame.html)
13. Informations Sur Les Outils et Méthodes Utilisées !. En ligne. [Consulté le 8 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://shana.heig-vd.ch/tools.html>
14. Sauve La Terre de l'arme Galactique !. En ligne. [Consulté le 8 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://shana.heig-vd.ch/galacgame.html>
15. Hack The Box: The #1 Cybersecurity Performance Center. En ligne. [Consulté le 10 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.hackthebox.com/>
16. TryHackMe | Simple CTF. En ligne. [Consulté le 10 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://tryhackme.com/room/easyctf>
17. Root Me : Plateforme d'apprentissage Dédiée Au Hacking et à La Sécurité de l'Information. En ligne. [Consulté le 10 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.root-me.org/>
18. What Is Cyber Range · Definition · DIATEAM. En ligne. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.diateam.net/what-is-a-cyber-range/>
19. Qu'est-ce qu'un cyber range ? | IBM. En ligne. [Consulté le 20 mars 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.ibm.com/fr-fr/think/topics/cyber-range>
20. Sécurité Informatique - HEIG-VD. En ligne. [Consulté le 8 octobre 2025]. Disponible à l'adresse: <https://heig-vd.ch/formation/bachelor/informatique-et-systemes-de-communication/securite-informatique/>
21. CTF Hacking : guide ultime pour devenir un expert en Capture The Flag. En ligne. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.oteria.fr/blog-oteria/ctf-hacking-guide-complet-des-competitions-de-cybersecurite>
22. Sensibilisation à la cybersécurité et gestion du risque humain. En ligne. 14 octobre 2022. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://sosafe-awareness.com/fr/>
23. ZYDA, M. From Visual Simulation to Virtual Reality to Games. *Computer*. En ligne. septembre 2005. Vol. 38, no. 9, p. 25-32. [Consulté le 22 juillet 2025]. DOI [10.1109/MC.2005.297](https://doi.org/10.1109/MC.2005.297).
24. Serious game sécurité informatique: le jeu Urban Gaming. En ligne. [Consulté le 21 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.urbangaming.fr/jeu-change-and-serious/securite-informatique/>
25. Shirudo | Serious Game Multilingue En Cybersécurité. En ligne. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://shirudo.eu/>
26. Cyber Wargame : Des Serious Games sur la Cybersécurité. En ligne. [Consulté le 22 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.cyber-wargame.fr/>
27. Mongoose v8.19.1: Getting Started. En ligne. [Consulté le 7 octobre 2025]. Disponible à l'adresse: <https://mongoosejs.com/docs/>
28. When Ransomware Kills: Attacks on Healthcare Facilities | IBM. En ligne. [Consulté le 14 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.ibm.com/think/insights/when-ransomware-kills-attacks-on-healthcare-facilities>

29. Qu'est-ce que le cyberespionnage ? En ligne. [Consulté le 16 juillet 2025]. Disponible à l'adresse: <https://www.fortinet.com/fr/resources/cyberglossary/cyber-espionage.html>

# Figures

Fig. 1 « Shana a disparu » - Interface du jeu (12) .....	18
Fig. 2 Boite à outils (13) .....	19
Fig. 3 « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » - Interface du jeu (14) .....	19
Fig. 4 Schéma d'un cyber-range (18) .....	24
Fig. 5 Page des challenges de RootMe (17) .....	25
Fig. 6 Schéma de l'architecture globale de la plateforme <i>CyberGame</i> .....	28
Fig. 7 IDE présent sur le jeu « Sauve la Terre de l'arme galactique ! », dans le challenge 6 .....	30
Fig. 8 Terminal présent sur les 2 jeux, dans les challenges 9 de « Shana a disparu » et 5, 8 dans « Sauve la Terre de l'arme galactique ! » .....	31
Fig. 9 Interface du jeu après la validation d'un challenge .....	32
Fig. 10 Interface du jeu bloquée entre deux challenges sans information claire sur la prochaine étape de progression .....	33
Fig. 11 Architecture Docker Compose de la plateforme <i>CyberGame</i> .....	34
Fig. 12 Identification de tous les liens pour les différents challenges .....	38
Fig. 13 Accès à un challenge sans avoir complété les précédents via l'URL directe .....	38
Fig. 14 Accès à toutes les popups des challenges avec les indices .....	39
Fig. 15 Résolution du challenge via une requête POST sans passer par l'interface du jeu .....	40
Fig. 16 Schéma récapitulatif du scénario « Fuite de données dans le <i>Centre Hospitalier Horizon Santé</i> » .....	56
Fig. 17 Architecture Docker Compose de la plateforme <i>CyberGame</i> avec les nouveaux challenges 2025 .....	74
Fig. 18 Visuel du mail avec en dessous le terminal, challenge 1 .....	75
Fig. 19 Visuel des détails du mail, challenge 1 .....	76
Fig. 20 Page de connexion au portail frauduleux avec un message d'alerte du WAF, challenge 2 ..	77
Fig. 21 Session connexion réussite, challenge 2 .....	77
Fig. 22 Dashboard une fois connecté sur la plateforme des attaquants, challenge 3 .....	78
Fig. 23 Dossiers shared, challenge 3 .....	78
Fig. 24 Dossiers racine, challenge 3 .....	79
Fig. 25 Exploration des dossiers jusqu'au dossier <code>/archives</code> , challenge 3 .....	79
Fig. 26 IDE Python pour analyser le fichier et terminal afin de pouvoir réaliser un <code>zipinfo</code> , challenge 4 .....	80
Fig. 27 Terminaux disponibles pour le challenge 4 .....	81
Fig. 28 IDE Python pour analyser le fichier et réaliser du code pour identifier la page, challenge 5 ..	82
Fig. 29 Interface du chatbot, challenge 6 .....	83
Fig. 30 Interface de la plateforme de l'hôpital, challenge 7 .....	84
Fig. 31 Visuel des logs, challenge 7 .....	85

---

Fig. 32 Formulaire pour bloquer une IP et obtenir le code de validation, challenge 7 ..... 86

# Outils utilisés

## Rédaction du rapport

La rédaction de ce rapport a bénéficié de l'assistance d'intelligences artificielles, notamment GPT-5 et Claude Sonnet 4.5. Ces outils ont principalement été utilisés pour :

- La reformulation de phrases afin d'améliorer la clarté et la qualité du texte
- La structuration de certains paragraphes pour une meilleure cohérence
- La vérification des termes techniques

Cette aide m'a permis de maintenir une certaine qualité dans la rédaction tout en respectant l'aspect technique et les objectifs pédagogiques du projet. L'IA n'a pas écrit le rapport à ma place, mais elle a été utilisée comme un outil de soutien à la rédaction.

## Outils de documentation

- Template Typst pour la rédaction et mise en forme du rapport
- Zotero pour la gestion des références bibliographiques
- Excalidraw a permis la réalisation des diagrammes et illustrations techniques

## Outils techniques

### Environnement de développement

- Visual Studio Code pour l'édition de code principal
- Docker et Docker Compose a permis la conteneurisation des services
- Git pour la gestion de versions du code source

### Technologies backend

- Node.js (Express) pour l'API REST
- MongoDB (Mongoose) pour le stockage des flags, utilisateurs et visiteurs
- MySQL pour les challenges d'injection SQL
- Puppeteer pour la réalisation du bot dans le challenge 6

### Technologies frontend

- HTML/CSS/JavaScript
- Phaser pour le moteur de jeu
- Pyodide pour l'IDE Python intégré

### Infrastructure et déploiement

- Traefik pour le reverse proxy et le routage des requêtes

- ngrok pour le tunneling sécurisé des tests utilisateurs à distance
- Webssh (wssh) pour l'interface web des terminaux SSH

### Tests

- Jest pour le framework de tests unitaires JavaScript
- JSDOM pour la simulation d'environnement DOM lors des tests

### Assistance au développement

L'IA a également été utilisée lors du développement pour :

- Le débogage afin d'identifier et résoudre des erreurs de code ou d'exécution
- Optimiser et améliorer certaines fonctions
- Résoudre des problèmes techniques qui ont demandé une assistance lors de blocages sur des configurations spécifiques (Docker, Puppeteer, gestion des cookies)
- La compréhension des bibliothèques et la clarification de la documentation des technologies utilisées (notamment Puppeteer et Pyodide)

L'usage de l'IA a donc servi d'assistant de débogage et de documentation, pour faciliter la compréhension de certains messages d'erreur et accélérer le processus de développement.

# Journal de travail

Date	Description	Rech. [h]	Dev. [h]	Rapport [h]	Admin [h]
07.07.2025	Recherches sur la sensibilisation Rédaction du cahier des charges et de quelques idées	2	0	6	0
08.07.2025 09.07.2025	Analyse de la plateforme et des techniques des challenges	0	16	0	0
10.07.2025 11.07.2025	Recherches serious game, CTF, ... Rédaction des scénarios et de l'état de l'art	6	0	10	0
14.07.2025 18.07.2025	Rédaction plus approfondies des scénarios Recherches	12	0	33	0
21.07.2025 24.07.2025	Rédaction détaillées de l'introduction et de l'état de l'art Recherches Rédaction et modification du scénario définitif	8	0	16	0
25.07.2025	Présentation des challenges Modification du scénario	0	0	0	8
28.07.2025 30.07.2025	Reprise et réécriture des challenges Recherches Écriture plus complète du rapport	6	0	14	0
31.07.2025	Rendu intermédiaire Architecture de la plateforme	0	0	8	0
01.08.2025	Architecture de la plateforme Écriture des consignes et des indices reçus par les participant·e·s	2	0	6	0

Date	Description	Rech. [h]	Dev. [h]	Rapport [h]	Admin [h]
11.08.2025	Implémentation de la structure du scénario	0	43	5	0
15.08.2025	Correction rapport				
18.08.2025	Implémentation challenges 0, 1, 2, 3 et 4	0	40	5	0
22.08.2025	Tests utilisateurs rapides Changement organisation des challenges				
25.08.2025	Discussion avec l'enseignant responsable	0	0	0	2
26.08.2025	Implémentation des challenges	0	35	10	0
30.08.2025	5, 7 Rédaction et corrections rapport				
01.09.2025	Amélioration backend	0	38	7	0
05.09.2025	Implémentation challenge 6 Tools Tests utilisateurs rapides Rédaction et corrections rapport				
08.09.2025	Tools	0	40	7	0
12.09.2025	Implémentation challenge 6 Tests utilisateurs complets Tests unitaires				
15.09.2025	Correction de bugs	0	3	10	0
17.09.2025	Tests utilisateurs Rédaction et corrections rapport				
22.09.2025	Rédaction et corrections rapport	0	3	10	0
24.09.2025	Finalisation tests				
29.09.2025	Rédaction et corrections rapport	0	2	11	0
01.10.2025	Préparation affiche				
06.10.2025	Finalisation rapport	0	0	12	1
08.10.2025	Affiche Préparation rendu				

# Annexes

Annexe A Fichier JSON de configuration .....	107
Annexe B API Express ( <code>index.js</code> ) .....	108
Annexe C Modèles Mongoose ( <code>db.js</code> ) .....	116
Annexe D Base MySQL ( <code>init.sql</code> ) .....	117
Annexe E Docker Compose ( <code>docker-compose.yml</code> ) .....	118
Annexe F Docker Compose nouveau ( <code>docker-compose.yml</code> ) .....	120
Annexe G Implémentation du jeu « Horizon » ( <code>horizonmain.js</code> ) .....	123
Annexe H Présentation des challenges (ancienne version des défis) .....	131

# Annexes

## Annexe A Fichier JSON de configuration

```
{
  "platforms": [
    {"image": "ground0", "x": 100, "y": 60, "idChall": "chall0", "urlChall": ""},
    {"image": "ground1", "x": 200, "y": 60, "idChall": "chall1", "urlChall": "./
challenges/01_windows_login/windows_login.html"},
    {"image": "ground2", "x": 300, "y": 60, "idChall": "chall2", "urlChall": "./
challenges/02_browser_history/browser_history.html"},
    {"image": "ground3", "x": 400, "y": 60, "idChall": "chall3", "urlChall": "./
challenges/03_same_color_text/index-01.html"},
    {"image": "ground4", "x": 500, "y": 60, "idChall": "chall4", "urlChall": "./
challenges/04_html_comment/comment.html"},
    {"image": "ground5", "x": 600, "y": 60, "idChall": "chall5", "urlChall": "./
challenges/05_admin_cookie/index.html"},
    {"image": "ground6", "x": 700, "y": 60, "idChall": "chall6", "urlChall": "./
challenges/06_caesar_cipher/cesar_data.html"},
    {"image": "ground7", "x": 800, "y": 60, "idChall": "chall7", "urlChall": "./
challenges/07_url_modification/gallery1.html"},
    {"image": "ground8", "x": 900, "y": 60, "idChall": "chall8", "urlChall": "./
challenges/08_SQL_injection/sql_injection.html"},
    {"image": "ground9", "x": 1000, "y": 60, "idChall": "chall9", "urlChall": "./
challenges/09_image_forensic/index.html"},
    {"image": "ground10", "x": 1100, "y": 60, "idChall": "chall10", "urlChall": ""}
  ],
  "roads": [
    {"image": "road", "x": 115, "y": 70}
  ],
  "invisible_grounds": [
    {"image": "inv1", "x": 1, "y": 70}
  ],
  "hero": {"x": 100, "y": 50}
}
```

## Annexe B API Express ( `index.js` )

```

require('dotenv/config');
const cors = require('cors');
const express = require('express');
const cookieParser = require('cookie-parser')
const bodyParser = require('body-parser');
const {v4: uuidv4, validate: uuidValidate} = require('uuid');
const db = require('./db');
const {SHA3} = require('sha3');
const mailValidator = require("email-validator");
const mysql = require('mysql');
const seedrandom = require('seedrandom');
const jwt = require('jsonwebtoken');

const pool = mysql.createPool({
  connectionLimit: 10,
  host: "mysql",
  user: process.env.MYSQL_USER,
  password: process.env.MYSQL_PASS,
  charset: "utf8_general_ci",
  database: "dday"
});

const app = express();

// Configure middlewares
//app.use(cors({origin: "http://localhost:3000", credentials:true, allowedHeaders: "access-control-allow-origin,Origin,X-Requested-With,Content-Type,Accept"}));
app.use(cors({origin: "http://"+process.env.HOST_NAME, credentials:true, allowedHeaders: "access-control-allow-origin,Origin,X-Requested-With,Content-Type,Accept"}));
app.use(cookieParser());
app.use(bodyParser.json());

//app.options('*', cors({origin:"http://localhost:3000", credentials:true, allowedHeaders: "access-control-allow-origin,Origin,X-Requested-With,Content-Type,Accept"}))
app.options('*', cors({origin:"http://"+process.env.HOST_NAME, credentials:true, allowedHeaders: "access-control-allow-origin,Origin,X-Requested-With,Content-Type,Accept"}))

let urlencodedParser = bodyParser.urlencoded({extended: false})

function generateToken(TokenObject, secret, expiresIn) {
  return jwt.sign(TokenObject, secret, {expiresIn: expiresIn});
}

function checkToken(req, res, next) {
  const token = req.cookies.authtoken;
  jwt.verify(token, process.env.TOKEN_SECRET, (err, user) => {
    if (err || user === undefined) {
      console.log(`Session token is invalid or has expired for user`);
      return res.redirect("../login.html");
    }
    next();
  });
}

// Middleware to ensure a user cookie is set
app.use((req, res, next) => {
  // Check if the cookies contain a uuid, and copy it to the request if present, otherwise generate a new one, and add it to the response
  if (req.cookies.uuid && uuidValidate(req.cookies.uuid)) {
    // Cookie valid
  }
})

```

```

        req.uuid = req.cookies.uuid;
    console.log("cookie valid");
        res.cookie('uuid', req.uuid, { maxAge: 30*24*60*60*1000, httpOnly: true})
    } else {
        // Missing or invalid cookie
    console.log("cookie invalid or missing");
        req.uuid = uidv4();
        res.cookie('uuid', req.uuid, { maxAge: 30*24*60*60*1000, httpOnly: true})
    }

    next()
})

const VALID_YEARS = ["2020", "2021"]

// Submit a flag
app.post('/:year/flag', (req, res) => {
    if (!req.body.chall || !req.body.flag || !req.params.year || !
VALID_YEARS.includes(req.params.year)) {
        return res.sendStatus(400);
    } else {
        const year = req.params.year;
        db.models.flag.findOne({chall_name: year + "_" + req.body.chall}, (err, flag) => {
            if (err || !flag)
                return res.sendStatus(404);

            const hash = new SHA3(256);
            hash.update(req.body.flag);
            // Check if flag matches
            if (hash.digest('hex') === flag.value) {
                console.log('valid flag');
                // Check if user exists
                db.models.user.findOne({uuid: req.uuid}, (err, person) => {
                    if (err) return res.send(err);

                    if (!person) {
                        console.log('new user');
                        db.models.user.create({uuid: req.uuid, flagged: [year + "_" +
req.body.chall]}).then(() => {
                            return res.sendStatus(200);
                        }).catch((err) => {
                            return res.send(err);
                        });
                    } else {
                        console.log('existing user');
                        if (!person.flagged.includes(year + "_" + req.body.chall)) {
                            console.log('not flagged');
                            person.flagged.push(year + "_" + req.body.chall);
                            person.save().then(() => {
                                return res.sendStatus(200);
                            }).catch((err) => {
                                return res.send(err);
                            });
                        } else {
                            console.log('already flagged');
                            return res.sendStatus(200);
                        }
                    }
                });
            } else {
                console.log('invalid flag');
                return res.sendStatus(401);
            }
        })
    } else {
        console.log('invalid flag');
        return res.sendStatus(401);
    }
}

```

```

        });
    }
});

// Check a flag
app.post('/:year/checkFlag', (req, res) => {
    if (!req.body.chall || !req.body.flag || !req.params.year || !
VALID_YEARS.includes(req.params.year)) {
        return res.sendStatus(400);
    } else {
        const year = req.params.year;
        db.models.flag.findOne({chall_name: year + "_" + req.body.chall}, (err, flag) => {
            if (err || !flag)
                return res.sendStatus(404);

            const hash = new SHA3(256);
            hash.update(req.body.flag);
            // Check if flag matches
            if (hash.digest('hex') === flag.value) {
                return res.sendStatus(200);
            } else {
                return res.sendStatus(401);
            }
        });
    }
});

// DB chall endpoint (2020 and 2021 chall)
app.post('/db', (req, res) => {
    if (!req.body.user || !req.body.pass) {
        return res.sendStatus(400);
    } else {
        pool.query("SELECT * FROM users where ID = '" + req.body.user + "' and pass = '" +
req.body.pass + "'", function (err, results, fields) {
            if (err) {
                return res.send(err);
            } else {
                return res.send(results);
            }
        });
    }
});

// socialNetwork chall endpoint (2021 chall)
app.post('/db/search', (req, res) => {
    res.setHeader("Content-Type", "application/json; charset=utf-8");
    if (!req.body.search) {
        return res.sendStatus(400);
    }
    else if (req.body.search === "default"){
        console.log("return default search user request");
        let value = req.body.search;
        pool.query("SELECT * FROM posts LIMIT 5;", function (err, results, fields) {
            console.log(results);
            if (err) {
                return res.send(err);
            } else {
                return res.send(results);
            }
        });
    }
    else {
        console.log("return specific search user request");
    }
});

```

```

let value = req.body.search;
let name = '';
if(value.includes(' ')){
    name = value.split(' ')[0].toLowerCase();
}
else{
    name = value.toLowerCase();
}
pool.query("SELECT * FROM posts where nameLastname LIKE '%" + name + "%';", function (err,
results, fields) {
    if (err) {
        return res.send(err);
    } else {
        return res.send(results);
    }
});
});

// Store username information
app.post('/user', (req, res) => {
    const secret_key = process.env.CAPTCHA_SECRET_KEY;
    const token = req.body.token;

    //axios({
    //    method: 'post',
    //    url: `https://www.google.com/recaptcha/api/siteverify?secret=${secret_key}&response=${token}`
    //})
    .then(response => {
        if (!response.data.success ||
            !req.body.name ||
            !req.body.surname ||
            !req.body.mail ||
            !mailValidator.validate(req.body.mail)) {
            return res.sendStatus(400);
    }

    // Check if user exists
    db.models.user.findOne({uuid: req.uuid}, (err, person) => {
        if (err) return res.send(err);

        if (!person){
            return res.sendStatus(401);
        }

        // Person exists, check if all flags have been solved
        db.models.flag.countDocuments({"chall_name" : {$regex : VALID_YEARS[VALID_YEARS.length-1]}}).then((count) => {
            // If the flagged amount is smaller than the amount of flags, unauthorised
            let yearly_flagged = person.flagged.filter(x => x.startsWith(VALID_YEARS[VALID_YEARS.length-1]));
            if (yearly_flagged.length < count) {
                return res.status(402).send(yearly_flagged.map(x => x.substring(VALID_YEARS[VALID_YEARS.length-1].length + 1)));
            }

            // Update the values of the person
            person.name = req.body.name;
            person.surname = req.body.surname;
            person.mail = req.body.mail;
            // save the person
            person.save().then(() => {

```

## ANNEXES

---

```
        return res.sendStatus(200);
    }).catch((err) => {
        return res.send(err);
    });
});
//});
//.catch(error => {
//    return res.sendStatus(401);
//});
});
};

// Store username information
app.get('/stats', (req, res) => {
    // retrieve all users
    db.models.user.find({}, (err, persons) => {
        if (err) return res.send(err);

        if (!persons){
            return res.sendStatus(401)
        }
        let result = [];
        for(let i = 0; i < persons.length; i++){
            let yearly_flagged = persons[i].flagged.filter(x
=>x.startsWith(VALID_YEARS[VALID_YEARS.length-1])).length
            result.push(yearly_flagged);
        }
        res.send(result);
    });
});

app.post('/login', urlencodedParser, (req, res) => {
    const username = process.env.SHANA_USER;
    const password = process.env.SHANA_PASS;
    if(username === req.body.username && password === req.body.password){
        let authtoken = generateToken({
            mail: req.body.username
        }, process.env.TOKEN_SECRET, '10m');
        return res.cookie('authtoken', authtoken, {
            secure: true,
            httpOnly: true,
            sameSite: "lax" // lax option allows to send existing cookie to server by clicking on
link from an external site
        }).redirect('../statistics.html');
    } else {
        return res.status(401).send();
    }
});

app.get('/logout', checkToken, (req, res) => {
    res.clearCookie('authtoken');
    res.status(200).send();
});

app.get('/stats/getEditions', checkToken, (req, res) => {
    // send editions years
    res.status(200).send(VALID_YEARS);
});

app.get('/stats/visitors', checkToken, (req, res) => {
    // retrieve all users
    db.models.visitor.find({}, (err, visitors) => {
```

```

        if (err) return res.send(err);
        if (!visitors){
            return res.sendStatus(401)
        }
        res.send(visitors.length.toString());
    });
});

app.get('/stats/finished', checkToken, (req, res) => {
    if(VALID_YEARS.includes(req.query.year)) {
        let numberChalls = 0;
        db.models.flag.find({}, (err, flags) => {
            if (err) return res.status(500).send(err);
            if (!flags){
                return res.sendStatus(401)
            }
            for(let i = 0; i < flags.length; i++){
                if(flags[i].chall_name.startsWith(req.query.year)){
                    numberChalls += 1;
                }
            }
        });
        // retrieve all users
        db.models.user.find({}, (err, persons) => {
            if (err) return res.status(500).send(err);

            if (!persons) {
                return res.sendStatus(401)
            }
            let yearly_flagged = 0;
            for (let i = 0; i < persons.length; i++) {
                if(persons[i].flagged.filter(x => x.startsWith(req.query.year)).length ===
numberChalls) {
                    yearly_flagged += 1
                }
            }
            return res.status(200).send(yearly_flagged.toString());
        });
    } else {
        return res.status(401).send();
    }
});

app.get('/stats/flagPerChall', checkToken, (req, res) => {
    if(VALID_YEARS.includes(req.query.year)) {
        let numberChalls = 0;
        db.models.flag.find({}, (err, flags) => {
            if (err) return res.status(500).send(err);
            if (!flags){
                return res.sendStatus(401)
            }
            for(let i = 0; i < flags.length; i++){
                if(flags[i].chall_name.startsWith(req.query.year)){
                    numberChalls += 1;
                }
            }
        });
        // retrieve users
        db.models.user.find({}, (err, persons) => {
            if (err) return res.status(500).send(err);
            if (!persons){
                return res.sendStatus(401)
            }
            let result = new Array(numberChalls).fill(0);

```

```

        for(let i = 0; i < persons.length; i++){
            let yearly_flagged = persons[i].flagged.filter(x
=>x.startsWith(req.query.year)).length
            for (let j = 0; j < yearly_flagged; j++){
                result[j] += 1;
            }
        }
        return res.status(200).send(result);
    });
} else {
    return res.sendStatus(401);
}
});

// Store username information
app.post('/visitor', (req, res) => {
    // retrieve current hour from timestamp (round down to the current hour)
    db.models.visitor.findOne({hour_timestamp: Math.floor(Date.now() / (1000 * 60 * 60))}, (err,
    visitors) => {
        console.log(visitors);
        if (err) return res.send(err);
        // If this is the first visitor, we create a new entry with the current hour with the integer
        if (!visitors){
            console.log("toto")
            db.models.visitor.create({hour_timestamp: Math.floor(Date.now() / (1000 * 60 * 60)),
ctr:1}).then(() => {
                return res.sendStatus(200);
            }).catch((err) => {
                return res.send(err);
            });
        }
        // Otherwise, increment the inner counter
        else {
            visitors.ctr += 1;
            visitors.save().then(() => {
                return res.sendStatus(200);
            }).catch((err) => {
                return res.send(err);
            });
        }
    });
});

app.get('/pin', (req, res) => {
let seed = Math.floor(Date.now() / 60000) // Different seed every minute

let rng = seedrandom(seed);
return res.send({ pin: Math.floor(rng() * 10000) })
});

app.post('/pin', (req, res) => {
let seed = Math.floor(Date.now() / 60000) // Different seed every minute

let rng = seedrandom(seed);
if (req.body.pin !== Math.floor(rng() * 10000)){
    return res.sendStatus(401);
}
let flag = process.env.CHALL_FLAGS_2021.split(';').filter((x) => x.startsWith('chall6'))
[0].split('=')[1]
return res.send(flag)
});
});

```

```
// Init DB connection, and then bind port
db.init().then(() =>
  app.listen(process.env.PORT, () =>
    console.log(`app listening on port ${process.env.PORT}!`)
  )
);
```

## Annexe C Modèles Mongoose ( db.js )

```

const mongoose = require('mongoose');
const assert = require('assert');
const {SHA3} = require('sha3');

// Connect to DB
mongoose.connect(`.${process.env.MONGO_URI}/test`, {
    useNewUrlParser: true,
    useUnifiedTopology: true,
    auth: {
        user: process.env.MONGO_USER,
        password: process.env.MONGO_PASS
    },
    authSource: 'admin',
});
// Create models
const Flag = mongoose.model('Flag', {chall_name: String, value: String});
const User = mongoose.model('User', {
    uuid: String,
    name: String,
    surname: String,
    mail: String,
    flagged: [String]
});
const Visitor = mongoose.model('Visitor', {
    hour_timestamp: Number,
    ctr: Number
})

// Init flags from environment variables
async function initFlags() {
    const flags_2020 = process.env.CHALL_FLAGS_2020.split(';');

    for await (const flag of flags_2020) {
        const elem = flag.split('=');
        assert(elem.length === 2);
        const hash = new SHA3(256);
        hash.update(elem[1]);
        if (!(await Flag.exists({chall_name: "2020_" + elem[0]})))
            await Flag.create({chall_name: "2020_" + elem[0], value: hash.digest('hex')});
    }

    const flags_2021 = process.env.CHALL_FLAGS_2021.split(';');

    for await (const flag of flags_2021) {
        const elem = flag.split('=');
        assert(elem.length === 2);
        const hash = new SHA3(256);
        hash.update(elem[1]);
        if (!(await Flag.exists({chall_name: "2021_" + elem[0]})))
            await Flag.create({chall_name: "2021_" + elem[0], value: hash.digest('hex')});
    }
}

exports.init = initFlags;
exports.models = {flag: Flag, user: User, visitor: Visitor};

```

## Annexe D Base MySQL (`init.sql`)

```
drop database IF EXISTS dday;

create database dday;

use dday;

create table users(
    ID varchar(50),
    pass varchar(50) NOT NULL,
    PRIMARY KEY (ID)
);

create table posts(
    ID int,
    img varchar(50),
    nameLastname varchar(50),
    datepost varchar(50),
    PRIMARY KEY (ID)
);

insert into users value ("admin@admin.ch", "Ws3drftgzh$bjnimkl");
insert into users value ("jean.dupont@truite.ch", "Pass1234.");
insert into users value ("sille.vinpas@sini.ch", "flopPl0pPlop");
insert into users value ("Fort@filipnato", "Vive_Sha3");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (1,"./img/resto.jpg","zortak Nekmi", "29 Octobre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (2,"","brehuk cheunh", "25 Octobre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (3,"","bobo fatt", "30 Octobre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (4,"./img/vaisseau.png","raj raj sknib", "01 Novembre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (5,"","zinwhu", "06 Novembre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (6,"","zinwhu", "01 Novembre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (7,"","zinwhu", "27 Octobre 2123");

insert into posts (ID,img,nameLastname,datepost) value (8,"./img/resto2.jpg","zinwhu", "24 Octobre 2123");
```

## Annexe E Docker Compose ( docker-compose.yml )

```

services:
  # Traefik reverse proxy
  traefik:
    image: "traefik:v2.10"
    restart: always
    command:
      - "--api.dashboard=false"
      - "--providers.docker=true"
      - "--providers.docker.exposedbydefault=false"
      - "--entrypoints.web.address=:80"
    # Global redirection to https
    - "--entrypoints.web.http.redirects.entrypoint.to=websecure"
    - "--entrypoints.web.http.redirects.entrypoint.scheme=https"
    - "--entrypoints.websecure.address=:443"
    ports:
      - "80:80"
      - "443:443"
    volumes:
      - "/var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock:ro"
  # Flagger + main backend
  backend:
    build: .
    environment:
      MONGO_URI: mongodb://mongo:27017
      WAIT_HOSTS: mysql:3306, mongo:27017
    restart: always
    volumes:
      - "./:/app"
      - "/app/node_modules"
    labels:
      # Expose the container in the traefik web UI
      - "traefik.enable=true"
      # Match rule to forward backend service
      - "traefik.http.routers.backend.rule=${HOST_RULE} && PathPrefix(`/backend`)"
      - "traefik.http.routers.backend.middlewares=backend-striprefix"
      - "traefik.http.middlewares.backend-striprefix.striprefix.prefixes=/backend"
      - "traefik.http.routers.backend.priority=100"
      # Enable TLS
      - "traefik.http.routers.backend.tls=true"
      # Bound port for backend service
      - "traefik.http.services.backend.loadbalancer.server.port=${PORT}"
  # frontend
  frontend:
    build:
      context: ./DigitalDay_APP
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
    volumes:
      - "../DigitalDay_APP:/DigitalDay_APP"

    labels:
      # Expose the container in the traefik web UI
      - "traefik.enable=true"
      # Match rule to forward frontend service
      - "traefik.http.routers.frontend.rule=${HOST_RULE}"
      - "traefik.http.routers.frontend.priority=10"
      # Enable TLS
      - "traefik.http.routers.frontend.tls=true"
      # Bound port for frontend service
      - "traefik.http.services.frontend.loadbalancer.server.port=${PORT_FRONT}"

```

```

# webssh
webssh:
  build:
    context: .
    dockerfile: Dockerfile_ssh
  restart: always
  labels:
    # Expose the container in the traefik web UI
    - "traefik.enable=true"
    # Match rule to forward ssh service
    - "traefik.http.routers.webssh.rule=${HOST_RULE} && (PathPrefix('/ssh') || PathPrefix('/static'))"
    - "traefik.http.routers.webssh.middlewares=webssh-striprefix"
    - "traefik.http.middlewares.webssh-striprefix.striprefix.prefixes=/ssh"
    - "traefik.http.routers.webssh.priority=110"
    # Enable TLS
    - "traefik.http.routers.webssh.tls=true"
    # Bound port for frontend service
    - "traefik.http.services.webssh.loadbalancer.server.port=${PORT_SSH}"
  # SSH container
  sshmachine:
    build:
      context: ../docker-ssh
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  # SSH container forensic 2021
  sshmachine-galactic-forensic:
    build:
      context: ../docker-ssh-galactic-forensic
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  # SSH container for whois
  sshmachine-whois:
    build:
      context: ../docker-ssh-whois
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  # Backend DB
  mongo:
    image: mongo:4.4.1
    restart: always
    environment:
      MONGO_INITDB_ROOT_USERNAME: ${MONGO_USER}
      MONGO_INITDB_ROOT_PASSWORD: ${MONGO_PASS}
  # Uncomment to connect to db with MongoDBCompass
  #   ports:
  #     - 42069:27017
  volumes:
    - "./mongo/:/data/db/"
  # exposed MySQL server
  mysql:
    image: mysql:5
    restart: always
    environment:
      MYSQL_DATABASE: dday
      MYSQL_USER: ${MYSQL_USER}
      MYSQL_PASSWORD: ${MYSQL_PASS}
      MYSQL_ROOT_PASSWORD: ${MYSQL_ROOT}
      MYSQL_ROOT_HOST: mysql
    volumes:
      - ./mysql/init.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/init.sql

```

## Annexe F Docker Compose nouveau (`docker-compose.yml`)

```

services:
  # Traefik reverse proxy
  traefik:
    image: "traefik:v2.10"
    restart: always
    command:
      - "--api.dashboard=false"
      - "--providers.docker=true"
      - "--providers.docker.exposedbydefault=false"
      - "--entrypoints.web.address=:80"
      # Global redirection to https
      - "--entrypoints.web.http.redirects.entrypoint.to=websecure"
      - "--entrypoints.web.http.redirects.entrypoint.scheme=https"
      - "--entrypoints.websecure.address=:443"
    ports:
      - "80:80"
      - "443:443"
    volumes:
      - "/var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock:ro"
  # Flagger + main backend
  backend:
    build: .
    environment:
      MONGO_URI: mongodb://mongo:27017
      WAIT_HOSTS: mysql:3306, mongo:27017
    restart: always
    volumes:
      - "./:/app"
      - "/app/node_modules"
    labels:
      # Expose the container in the traefik web UI
      - "traefik.enable=true"
      # Match rule to forward backend service
      - "traefik.http.routers.backend.rule=${HOST_RULE} && PathPrefix(`/backend`)"
      - "traefik.http.routers.backend.middlewares=backend-striprefix"
      - "traefik.http.middlewares.backend-striprefix.striprefix.prefixes=/backend"
      - "traefik.http.routers.backend.priority=100"
      # Enable TLS
      - "traefik.http.routers.backend.tls=true"
      # Bound port for backend service
      - "traefik.http.services.backend.loadbalancer.server.port=${PORT}"
  # frontend
  frontend:
    build:
      context: ./DigitalDay_APP
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
    volumes:
      - "./DigitalDay_APP:/DigitalDay_APP"
    labels:
      # Expose the container in the traefik web UI
      - "traefik.enable=true"
      # Match rule to forward frontend service
      - "traefik.http.routers.frontend.rule=${HOST_RULE}"
      - "traefik.http.routers.frontend.priority=10"
      # Enable TLS
      - "traefik.http.routers.frontend.tls=true"
      # Bound port for frontend service
      - "traefik.http.services.frontend.loadbalancer.server.port=${PORT_FRONT}"
  # webssh

```

```

webssh:
  build:
    context: .
    dockerfile: Dockerfile_ssh
  restart: always
  labels:
    # Expose the container in the traefik web UI
    - "traefik.enable=true"
    # Match rule to forward ssh service
    - "traefik.http.routers.webssh.rule=${HOST_RULE} && (PathPrefix('/ssh') || PathPrefix('/static'))"
      - "traefik.http.routers.webssh.middlewares=webssh-striprefix"
      - "traefik.http.middlewares.webssh-striprefix.striprefix.prefixes=/ssh"
      - "traefik.http.routers.webssh.priority=110"
    # Enable TLS
    - "traefik.http.routers.webssh.tls=true"
    # Bound port for frontend service
    - "traefik.http.services.webssh.loadbalancer.server.port=${PORT_SSH}"
  # SSH container
  sshmachine:
    build:
      context: ../docker-ssh
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  # SSH container forensic 2021
  sshmachine-galactic-forensic:
    build:
      context: ../docker-ssh-galactic-forensic
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  # SSH container for whois
  sshmachine-whois:
    build:
      context: ../docker-ssh-whois
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  sshmachine-zipinfo:
    build:
      context: ../docker-ssh-zipinfo
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  sshmachine-whois-modify:
    build:
      context: ../docker-ssh-whois-modify
      dockerfile: Dockerfile
    restart: always
  # Backend DB
  mongo:
    image: mongo:4.4.1
    restart: always
    environment:
      MONGO_INITDB_ROOT_USERNAME: ${MONGO_USER}
      MONGO_INITDB_ROOT_PASSWORD: ${MONGO_PASS}
    # Uncomment to connect to db with MongoDBCompass
    #   ports:
    #     - 42069:27017
    volumes:
      - mongo-data:/data/db
  # exposed MySQL server
  mysql:
    image: mysql:5
    restart: always
    environment:

```

## ANNEXES

---

```
MYSQL_DATABASE: dday
MYSQL_USER: ${MYSQL_USER}
MYSQL_PASSWORD: ${MYSQL_PASS}
MYSQL_ROOT_PASSWORD: ${MYSQL_ROOT}
MYSQL_ROOT_HOST: mysql
volumes:
  - ./mysql/init.sql:/docker-entrypoint-initdb.d/init.sql
ulimits:
  nofile: # Fix memory leak issue on some systems when LimitCORE=infinity (containerd)
    soft: 1048576
    hard: 1048576

# Bot admin Horizon chall6
admin-bot:
  build: ../docker-bot
  container_name: cookie_admin_bot
  environment:
    - CHALLENGE_URL=http://frontend:80/challenges2025/6_cookie_admin/
    - NODE_ENV=${NODE_ENV:-development}
    - BOT_API_PORT=3001
  labels:
    # Expose le bot dans Traefik
    - "traefik.enable=true"
    # Route pour l'API du bot
    - "traefik.http.routers.admin-bot.rule=${HOST_RULE} && PathPrefix('/api/bot')"
    - "traefik.http.routers.admin-bot.middlewares=admin-bot-striprefix"
    - "traefik.http.middlewares.admin-bot-striprefix.striprefix.prefixes=/api/bot"
    - "traefik.http.routers.admin-bot.priority=120"
  # Enable TLS
  - "traefik.http.routers.admin-bot.tls=true"
  # Port du service
  - "traefik.http.services.admin-bot.loadbalancer.server.port=3001"
depends_on:
  - frontend
  - traefik

# Logs bot
log-viewer:
  image: amir20/dozzle:latest
  container_name: cookie_admin_logs
  volumes:
    - /var/run/docker.sock:/var/run/docker.sock:ro
  ports:
    - "9999:8080"
  environment:
    DOZZLE_FILTER: "name=cookie_admin_bot"
  profiles:
    - monitoring

volumes:
  mongo-data:
```

## Annexe G Implémentation du jeu « Horizon » ( `horizonmain.js` )

```
//HORIZON 2025
PlayState = {};

//Const variables for cookie name
const cookieName_currentChall = "bk2025_xH92f_curr";
const cookieName_allChall = "bk2025_mP81x_all";
//URL to backend
const url_backend_flag_request = "/backend/2025/flag";
const url_backend_SQL = "";

// load game fonts here
PlayState.preload = function () {
    //Plugins
    this.game.add.plugin(PhaserInput.Plugin);
    //backgrounds
    this.game.load.image("background", "images/background-black.png");

    //levels datas
    this.game.load.json("level:1", "data/level01Horizon.json");

    //plateforms for Horizon 2025
    this.game.load.image("ground0", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground1", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground2", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground3", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground4", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground5", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground6", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground7", "images/redZone.png");
    this.game.load.image("ground8", "images/redZone.png");

    //texture for plateform when accessible
    this.game.load.image("finishGround", "images/greenZone.png");
    //invisible ground
    this.game.load.image("inv1", "images/ground.png");
    //hero
    this.game.load.spritesheet('hero', 'images/herov4.png', 27, 50);

};

PlayState.init = function () {
    this.game.renderer.renderSession.roundPixels = true;
};

///////////////////////////////
// HERO
///////////////////////////////

function Hero(game, x, y) {
    Phaser.Sprite.call(this, game, x, y, 'hero');
    this.anchor.set(0, 0.5);
    this.game.physics.enable(this);
    this.body.collideWorldBounds = true;
    this.positionx = x;
    this.direction = 1;
    this.accessibleChall = new Set();

    this.animations.add('stop', [0]);
    this.animations.add('run', [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6], 8, true); // 8fps looped
}
```

```

// inherit from Phaser.Sprite
Hero.prototype = Object.create(Phaser.Sprite.prototype);
Hero.prototype.constructor = Hero;
Hero.prototype.move = function (direction) {
    const SPEED = 300;
    this.body.velocity.x = direction * SPEED;
    if (this.body.velocity.x < 0) {
        this.scale.x = -1;
    } else if (this.body.velocity.x > 0) {
        this.scale.x = 1;
    }
};
Hero.prototype._getAnimationName = function () {
    let name = 'stop'; // default animation

    if (this.body.velocity.x !== 0) {
        name = 'run';
    }
    return name;
};
Hero.prototype.update = function () {
    // update sprite animation, if it needs changing
    let animationName = this._getAnimationName();
    if (this.animations.name !== animationName) {
        this.animations.play(animationName);
    }
};

////////////////////////////////////////////////////////////////
// load and spawn methodes to create sprites, background ...
////////////////////////////////////////////////////////////////

//create game entities and set up world here
PlayState.create = function () {
    this.game.add.image(0, 0, "background");
    this.data = this.game.cache.getJSON("level:1");
    this._loadLevel(this.data);
    //mouse pointer position
    this.game.pointerX = null;
};

PlayState._loadLevel = function (data) {
    // create all the groups/layers that we need
    this.platforms = this.game.add.group();
    this.invisible_grounds = this.game.add.group();

    //spawn all plateforms
    data.platforms.forEach(this._spawnPlateform, this);
    data.invisible_grounds.forEach(this._spawninvisbleGround, this);
    // spawn hero and enemies
    this._spawnCharacters({ hero: data.hero });
    const GRAVITY = 1200;
    this.game.physics.arcade.gravity.y = GRAVITY;

    // define submit hint button
    submitBtn = document.getElementById("sumbitHint");
    submitBtn.onclick = function () {
        //VERIFY SI OK OR NOT //
        let currentChall = getCookie(cookieName_currentChall);
        let flag = document.getElementById("inputHint").value;
        flag = flag.replace(/\ /g, "");
    };
};

```

```

flag = flag.normalize("NFD").replace(/[\u0300-\u036f]/g, "");
let msgBox = "";
if (flag === "") {
  msgBox = "Veuillez remplir le champ de réponse avant de valider !";
  showPopupValidation();
} else {
  //send request
  let content = {
    chall: currentChall,
    flag: flag.toLowerCase(),
  };
  console.log(content);
  let contentJson = JSON.stringify(content);
  var xhr = new XMLHttpRequest();

  xhr.open("POST", url_backend_flag_request, true);
  xhr.setRequestHeader("Content-Type", "application/json");
  xhr.withCredentials = true;

  xhr.onreadystatechange = function () {
    //Appelle une fonction au changement d'état.
    if (this.readyState === XMLHttpRequest.DONE) {
      if (this.status === 200) {
        //if chall resolved, adding challenge and the next(updatePlateform) to the accessible
        challenges
        PlayState.hero.accessibleChall.add(currentChall);
        updatePlatform(currentChall);
        document.getElementById("inputHint").value = "";
        msgBox =
          "Bravo ! Vous avez résolu une étape, passez à la suivante !";
      }
      if (this.status === 404) {
        //bad challenge name
        msgBox =
          "Hum... une erreur étrange à eu lieu, recharge le site web et recommence !";
      }
      if (this.status === 401) {
        //bad challenge flag
        msgBox = "Dommage, ce n'est pas la bonne réponse, persévère !";
      }
      showPopupValidation();
    }
  };
  xhr.send(contentJson);
}

function showPopupValidation() {
  var popup = document.getElementById("popupSubmitChall");
  var contentText = document.getElementById("popupSubmitChallContent");
  contentText.innerText = msgBox;
  popup.style.display = "block";
  closeBtn = document.getElementById("popupSubmitChallCloseButton");
  closeBtn.onclick = function () {
    popup.style.display = "none";
  };
  continueBtn = document.getElementById("popupSubmitChallContinue");
  continueBtn.onclick = function () {
    popup.style.display = "none";
  };
}
// if the user has never started a challenge, load popup Intro on restart page
let currentChall = getCookie(cookieName_currentChall);

```

```

if (currentChall === null || currentChall === "chall0") {
    spawnPopup("chall0");
}

// on page restart, load the iframe for the last challenge started.
var urlChall = null;
data.platforms.forEach((p) => {
    if (p.idChall === currentChall) {
        urlChall = p.urlChall;
    }
});
loadIframe(currentChall, urlChall);

// on page restart, get list of accessible challenge (or finished) to apply the right platform.
let accessibleChall = getCookie(cookieName_allChall);
if (accessibleChall != null) {
    PlayState.hero.accessibleChall = new Set(JSON.parse(accessibleChall));
    updatePlatform();
}
;

PlayState._spawnPlateform = function (platform) {
    let sprite = this.platforms.create(platform.x, platform.y, platform.image);
    sprite.inputEnabled = true;
    sprite.idChall = platform.idChall;
    sprite.urlChall = platform.urlChall;
    sprite.IsAccess = platform.IsAccess;
    sprite.events.onInputDown.add(onclickPlateform, this);

    //on click on a platform, set mouse pointer position to platform position then show the link popup
    function onclickPlateform(plateform) {
        if (PlayState.hero.accessibleChall.has(plateform.idChall)) {
            this.game.pointerX = plateform.position.x;
            spawnPopup(plateform.idChall, plateform.urlChall);
        }
    }
};

PlayState._spawninvisibleGround = function (block) {
    let sprite = this.invisible_grounds.create(block.x, block.y, block.image);
    this.game.physics.enable(sprite);
    sprite.body.immovable = true;
    sprite.body.allowGravity = false;
    sprite.visible = false;
};

PlayState._spawnCharacters = function (data) {
    // spawn hero
    this.hero = new Hero(this.game, data.hero.x, data.hero.y);
    this.hero.body.allowGravity = false;
    this.game.add.existing(this.hero);
};

PlayState._handleCollisions = function () {
    this.game.physics.arcade.collide(this.hero, this.invisible_grounds);
};

///////////////////////////////
// game engine
///////////////////////////////

PlayState.update = function () {
    this._handleCollisions();
}

```

```

// move character where the mouse pointer click (on platform)
if (this.game.pointerX != null) {
    if (
        this.hero.direction === -1 &&
        this.hero.positionx < this.game.pointerX
    ) {
        this.hero.direction = 1;
    }
    if (this.hero.direction === 1 && this.hero.positionx > this.game.pointerX) {
        this.hero.direction = -1;
    }
    this.hero.move(this.hero.direction);

    var stop = false;
    // if it's overlapping the mouse, don't move any more
    if (
        this.hero.direction === -1 &&
        this.hero.world.x <= this.game.pointerX + 30
    ) {
        stop = true;
    }
    if (this.hero.direction === 1 && this.hero.world.x >= this.game.pointerX) {
        stop = true;
    }
    if (stop) {
        this.hero.body.velocity.setTo(0, 0);
        this.hero.positionx = this.game.pointerX;
    }
} else {
    this.hero.body.velocity.setTo(0, 0);
}
};

window.onload = function () {
    // Check for mobile user agent
    var mobile =
        /iphone|ipad|ipod|android|blackberry|mini|windows\sce|palm/i.test(
            navigator.userAgent.toLowerCase()
        );
    var istablet =
        /ipad|android|android 3.0|xoom|sch-i800|playbook|tablet|kindle/i.test(
            navigator.userAgent.toLowerCase()
        );
    var IsIE10 = /MSIE 10/i.test(navigator.userAgent);
    var IsIE9 = /MSIE 9/i.test(navigator.userAgent);
    var IsIE11 = /rv:11.0/i.test(navigator.userAgent);
    var isEdge = /Edge\//i.test(navigator.userAgent);
    if (mobile || istablet) {
        alert(
            "Ce jeu d'ethical hacking est fait pour ordinateur et non pas téléphone."
        );
    }
    if (IsIE11 || IsIE10 || IsIE9 || isEdge) {
        alert(
            "Nous conseillons l'utilisation des navigateurs Google Chrome ou Firefox pour le bon fonctionnement du jeu. Vous pouvez les installer facilement via une simple recherche Internet."
        );
    }
    let game = new Phaser.Game(1400, 100, Phaser.AUTO, "game");
    game.state.add("play", PlayState);
    game.state.start("play");
};

```

```

////////// game internal function //////////

function updatePlatform(currentChall) {
    if (currentChall != null) {
        // extract number of the current chall (7 from chall7) and define next accessible challenge
        let matches = currentChall.match(/\d+/g);
        let nextchall = parseInt(matches[0]) + 1;
        nextchall = "chall" + nextchall;
        PlayState.hero.accessibleChall.add(nextchall);
        setCookie(
            cookieName_allChall,
            JSON.stringify(Array.from(PlayState.hero.accessibleChall))
        );
    }
    // load the right texture for accessible challenge/platform
    PlayState.platforms.forEach(function (element, index) {
        if (PlayState.hero.accessibleChall.has(element.idChall)) {
            element.loadTexture("finishGround");
        }
    });
}

// Modification fonction loadIframe
function loadIframe(idChall, urlChall) {
    var iframe = document.getElementById("iframeChall");

    if (idChall === "chall3") {
        // Chall3 -> navigation
        var queryParams = new URLSearchParams(window.location.search);
        var dirParam = queryParams.get("dir");

        // Mapping paramètres dir vers html
        var fileMapping = {
            "/": "dir.html",
            "/shared": "shared.html",
            "/shared/": "shared.html",
            "/public": "public.html",
            "/public/": "public.html",
            "/archives": "archives.html",
            "/archives/": "archives.html",
        };

        if (dirParam && fileMapping[dirParam]) {
            // Construire chemin vers html
            var basePath = urlChall.replace("index.html", "");
            iframe.src = basePath + fileMapping[dirParam];
        } else if (dirParam) {
            // Paramètre dir inconnu donc vers dir=/
            var basePath = urlChall.replace("index.html", "");
            iframe.src = basePath + "dir.html";
        } else {
            // Pas de paramètre dir vers index.html
            iframe.src = urlChall;
        }
    } else {
        // Normal autres challs
        iframe.src = urlChall;
    }
}

```

```

// Navigation chall
function navigateToDirectory(dirPath) {
    // MAJ URL
    var newUrl = window.location.pathname + "?dir=" + dirPath;
    history.replaceState(null, null, newUrl);

    // Recharge iframe
    var iframe = document.getElementById("iframeChall");
    if (iframe && iframe.src) {
        // Chemin de base chall3
        var basePath = iframe.src.split("/").slice(0, -1).join("/") + "/";

        // Mapping paramètres dir vers html
        var fileMapping = {
            "/": "dir.html",
            "/shared": "shared.html",
            "/public": "public.html",
            "/archives": "archives.html",
        };

        if (fileMapping[dirPath]) {
            iframe.src = basePath + fileMapping[dirPath];
        }
    }
}

function spawnPopup(idChall, urlChall) {
    // get the popup html element from game.html
    var popup = document.getElementById(idChall);
    var beginBtn = null;

    // get current query params
    var queryParams = new URLSearchParams(window.location.search);

    // if chall3, don't set dir parameter initially - let it start on index.html
    if (idChall === "chall3") {
        // Ne pas définir de paramètre dir au début pour commencer sur index.html
        queryParams.delete("dir");
        history.replaceState(
            null,
            null,
            queryParams.toString() ? "?" + queryParams.toString() : ""
        );
    } else {
        queryParams.delete("page");
        queryParams.delete("dir");
        history.replaceState(null, null, "?" + queryParams.toString());
    }

    // if chall0 the normally start challenge button will close the popup and get next chall accessible,
    updatePlateform
    if (idChall === "chall0") {
        closeBtNbis = document.getElementById("intro_close");
        closeBtNbis.onclick = function () {
            popup.style.display = "none";
            setCookie(cookieName_currentChall, idChall);
            PlayState.hero.accessibleChall.add(idChall);
            updatePlatform(idChall);
        };
    }
    if (idChall === "chall8") {
    }
    // else, start challenge button will close popup then load iframe, set cookie for current chall
}

```

```

else {
    beginBtn = document.getElementById(idChall + "_begin");
    if (beginBtn != null)
        beginBtn.onclick = function () {
            loadIframe(idChall, urlChall);
            popup.style.display = "none";
            setCookie(cookieName_currentChall, idChall);
            //hide hint for all popup
            $(".indice_text").css("display", "none");
        };
}
// show the popup, close button will close popup and hide hint for all popup
popup.style.display = "block";
closeBtn = document.getElementById(idChall + "_close");
closeBtn.onclick = function () {
    popup.style.display = "none";
    $(".indice_text").css("display", "none");
};

function setCookie(name, value, expires, path, domain, secure) {
    document.cookie =
        name +
        "=" +
        escape(value) +
        (expires ? "; expires=" + expires.toGMTString() : "") +
        (path ? "; path=" + path : "") +
        (domain ? "; domain=" + domain : "") +
        (secure ? "; secure" : "");
}

function getCookie(name) {
    var arg = name + "=";
    var alen = arg.length;
    var clen = document.cookie.length;
    var i = 0;
    while (i < clen) {
        var j = i + alen;
        if (document.cookie.substring(i, j) === arg) return getCookieVal(j);
        i = document.cookie.indexOf(" ", i) + 1;
        if (i === 0) break;
    }
    return null;
}

function getCookieVal(offset) {
    var endstr = document.cookie.indexOf(";", offset);
    if (endstr === -1) endstr = document.cookie.length;
    return unescape(document.cookie.substring(offset, endstr));
}

function show_hide_indice() {
    if ($(".indice_text").css("display") === "block") {
        $(".indice_text").css("display", "none");
    } else {
        $(".indice_text").css("display", "block");
    }
}

```

## Annexe H Présentation des challenges (ancienne version des défis)



# Conception d'un nouveau serious game autour du «Ethical Hacking»

Extension du Jeu « Shana a disparu »

Camille Koestli

Hes-SO  
Haute Ecole Spécialisée  
de Suisse Occidentale



## Sommaire

1. Présentation du projet
2. Choix du scénario
3. Résumé du scénario
4. Challenges
  1. Mail Contagieux
  2. Portail VPN Fantôme
  3. Archives
  4. Clé cachée dans les commentaires
  5. Script d'infection
  6. Chat KO
  7. Blocage ciblé

Hes-SO  
Haute Ecole Spécialisée  
de Suisse Occidentale



CONCEPTION D'UN NOUVEAU SERIOUS GAME AUTOUR DU «ETHICAL HACKING»

## Présentation du projet

- Augmentation de l'intérêt sur la cybersécurité
- Potentiel des serious games pour rendre l'apprentissage ludique
- «Shana a disparu» a eu un grand succès mais trop de personnes l'ont complété et terminé
- Objectif : créer un nouveau serious game avec une approche narrative tout en proposant des challenges techniques



Hes-SO

Haute école spécialisée  
de Suisse occidentale



CONCEPTION D'UN NOUVEAU SERIOUS GAME AUTOUR DU «ETHICAL HACKING»

## Choix du scénario



### Scénario réaliste

*Black out dans le Centre Hospitalier Horizon Santé*

Ransomware dans un milieu hospitalier



### Scénario aventure

*Opération « CipherFox » Infiltration*

Vol de données dans une entreprise



### Scénario science-fiction

*Fuite de l'Acheron*

S'échapper d'un vaisseau spatial

Hes-SO

Haute école spécialisée  
de Suisse occidentale



## Résumé du scénario



- L'hôpital subit une attaque par ransomware
- Black out des systèmes informatiques et des services critiques
- Vol de données sensibles concernant les patients
- Le joueur incarne un membre de l'équipe de sécurité
- Objectif: Résoudre les défis pour empêcher les attaquants de poursuivre leurs attaques

Hes-SO  
Haute école spécialisée  
Le Locle



## Challenge 1 : Mail Contagieux



- Le point d'entrée des attaquants est un email de phishing reçu
- Le joueur analyse l'email dans le but de retrouver le faux nom de domaine qu'ils ont utilisé
- Compétences travaillées : OSINT et forensic
- Ce challenge a pour objectif de sensibiliser aux signes d'un courriel d'hameçonnage

Hes-SO  
Haute école spécialisée  
Le Locle



CONCEPTION D'UN NOUVEAU SERIOUS GAME AUTOUR DU «ETHICAL HACKING»

## Challenge 2 : Portail VPN Fantôme

- Une fois le faux domaine identifié, le joueur découvre qu'il héberge un faux portail vpn pour exfiltrer les données
- Le joueur doit donc réussir à contourner le formulaire de connexion équipé d'un WAF
- Compétences travaillées : injection SQL
- Ce challenge a pour objectif de sensibiliser aux failles d'injection et montre qu'une protection insuffisante peut être contournée facilement



Hes-so



CONCEPTION D'UN NOUVEAU SERIOUS GAME AUTOUR DU «ETHICAL HACKING»

## Challenge 3 : Archives compromises



- Dans le portail malveillant, le joueur voit une section «Documents» avec un bouton pour télécharger le rapport du jour
- Les attaquants utilisent ce portail pour héberger les informations sensibles
- Le joueur doit faire une path traversal pour retrouver où sont stockés les dossiers concernant les patients
- Compétences travaillées : path traversal et analyse HTML
- Ce challenge sensibilise aux failles de type path traversal qui permet d'accéder à des fichiers sensibles

Hes-so

## Challenge 4 : Clé cachée dans les commentaires

- Une fois les dossiers sensibles découverts, le joueur remarque qu'il y a un fichier zip mais il est chiffré
- Le joueur devra donc faire une investigation des métadonnées pour découvrir un commentaire contenant le SHA-1 qui chiffre le dossier
- Compétences travaillées : analyse des métadonnées et cryptographie
- Ce challenge montre l'importance de vérifier ces métadonnées mais aussi l'importance de la cryptographie



Hes-SO  
Haute école spécialisée  
Le Locle

## Challenge 5 : Script d'injection



- Une fois le zip décompressé, le joueur voit qu'il y a un script PowerShell mais il est brouillé qui sert à établir la connexion vers un serveur
- Il va décoder le fichier pour retrouver l'URL du serveur
- Compétences travaillées : dé-obfuscation
- Ce challenge montre comment les attaquants camouflent leurs logiciels et comment les analyser

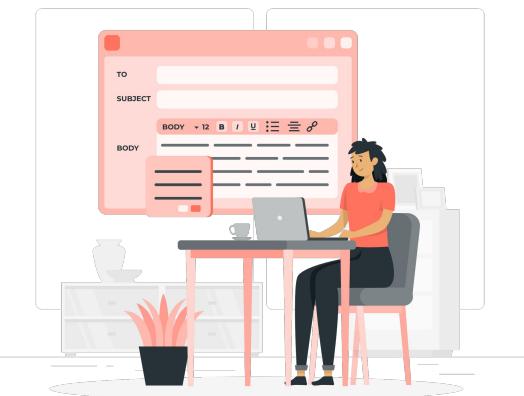
Hes-SO  
Haute école spécialisée  
Le Locle



CONCEPTION D'UN NOUVEAU SERIOUS GAME AUTOUR DU « ETHICAL HACKING »

## Challenge 6 : Chat KO

- Une fois dans le serveur, une page affiche un forum interne
- Le joueur réalise une attaque XSS pour mettre le serveur hors service
- Compétences travaillées : Attaque XSS
- Ce challenge montre la gravité d'une entrée utilisateur non échappée



Hes-SO



CONCEPTION D'UN NOUVEAU SERIOUS GAME AUTOUR DU « ETHICAL HACKING »

## Challenge 7 : Blocage ciblé



- Une fois leur serveur HS, le joueur doit identifier l'adresse IP de l'attaquant pour la bloquer.
- Le joueur va se connecter sur le VPN de l'hôpital afin d'ajouter l'IP à la liste noire du pare-feu
- Compétences travaillées : défense et journalisation de log
- Ce challenge montre l'importance de surveiller les logs et de gérer les adresses IP suspectes

Hes-SO



## Conclusion



- Ce scénario réaliste s'inspire de situation réaliste avec des attaques par ransomware
- Ce scénario mélange narration et apprentissage technique
- Approche progressive et immersive
- Permet d'aborder plusieurs aspects de la cybersécurité

Hes-SO

Haute école

secondaire

