

**Ecole d'ingénierie Digital et
d'Intelligence Artificielle (EIDIA)**

Cybersecurity Engineering Cycle (Ac2023)

Secure Web Programming

S5

Rapport du Projet

**Développement d'une Application Web
de Gestion des Soutenances
de Projets de Fin d'Études**

Réalisé par :

- LYZOUL Siham
- AIT OUSSAYER Mariyem
- BOUTAOUAR Hadil
- Fathi Abderrahman

Enseignant :

Pr. Ahmed AMAMOU

Année académique 2025-2026

Table des matières

| | | |
|----------|--|-----------|
| 1 | Introduction et Contexte du Projet | 4 |
| 1.1 | Contexte Général | 4 |
| 1.2 | Problématique | 4 |
| 1.3 | Objectifs du Projet | 4 |
| 1.4 | Environnement Technique | 4 |
| 2 | Architecture et Conception de l'Application | 5 |
| 2.1 | Architecture Générale | 5 |
| 2.2 | Modèle de Données | 5 |
| 2.3 | Gestion des Rôles et Permissions | 5 |
| 3 | Modules Fonctionnels de l'Application | 7 |
| 3.1 | Module Authentification et Gestion des Sessions | 7 |
| 3.1.1 | Fonctionnalités | 7 |
| 3.2 | Module Gestion des Projets | 7 |
| 3.2.1 | Inscription des Projets (Étudiant) | 7 |
| 3.2.2 | Affectation des Encadrants (Coordinateur) | 8 |
| 3.2.3 | Upload et Validation des Rapports | 8 |
| 3.2.4 | Messagerie Interne | 9 |
| 3.3 | Module Gestion des Disponibilités | 11 |
| 3.3.1 | Création d'une Période de Disponibilité (Coordinateur) | 11 |
| 3.3.2 | Saisie des Disponibilités (Professeur) | 11 |
| 3.3.3 | Suivi des Disponibilités (Coordinateur) | 12 |
| 3.4 | Module Gestion des Salles | 13 |
| 3.5 | Module Planification des Soutenances | 14 |
| 3.5.1 | Planification Manuelle (Coordinateur) | 14 |
| 3.5.2 | Planification Automatique (Coordinateur) | 14 |
| 3.5.3 | Consultation du Planning | 15 |
| 3.6 | Module Constitution des Jurys | 17 |
| 3.6.1 | Constitution Manuelle (Coordinateur) | 17 |
| 3.6.2 | Constitution Automatique (Coordinateur) | 17 |
| 3.6.3 | Équilibrage des Charges | 18 |
| 3.7 | Module Génération de Documents | 19 |
| 3.7.1 | Génération des Convocations PDF | 19 |
| 3.7.2 | Génération des Procès-Verbaux (PV) | 20 |
| 3.7.3 | Autres Documents Générés | 21 |
| 3.8 | Module Notation et Résultats | 22 |
| 3.8.1 | Saisie des Notes (Membres du Jury) | 22 |
| 3.8.2 | Consultation des Résultats (Étudiant) | 22 |
| 3.9 | Module Statistiques et Reporting | 23 |
| 3.9.1 | Dashboards Multi-Rôles | 23 |
| 4 | Aspects Sécurité et Qualité | 26 |
| 4.1 | Sécurité de l'Application | 26 |
| 4.1.1 | Authentification et Sessions | 26 |
| 4.1.2 | Contrôle d'Accès (RBAC) | 26 |
| 4.1.3 | Protection contre les Injections SQL | 26 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1.4 | Protection des Fichiers Uploadés | 26 |
| 4.1.5 | Protection contre XSS et CSRF | 27 |
| 4.2 | Intégrité des Données | 27 |
| 4.2.1 | Traçabilité des Actions | 27 |
| 4.2.2 | Validation des Contraintes | 27 |
| 4.3 | Qualité du Code | 27 |
| 4.3.1 | Architecture et Organisation | 27 |
| 4.3.2 | Bonnes Pratiques PHP | 27 |
| 4.4 | Tests de Sécurité | 28 |
| 4.4.1 | Tests de Contrôle d'Accès | 28 |
| 4.4.2 | Tests d'Injection SQL | 28 |
| 4.4.3 | Tests d'Upload de Fichiers | 28 |
| 4.5 | Défis Rencontrés et Solutions | 29 |
| 4.5.1 | Défi 1 : Configuration Réseau Complexe | 29 |
| 4.5.2 | Défi 2 : Algorithme de Planification Optimal | 29 |
| 4.5.3 | Défi 3 : Génération de PDF Complexes | 29 |
| 4.5.4 | Défi 4 : Gestion des Contraintes de Jurys | 29 |

Liste des tableaux

| | | |
|---|---|---|
| 1 | Environnement Technique du Projet | 5 |
| 2 | Rôles et Permissions dans l'Application | 6 |

1 Introduction et Contexte du Projet

1.1 Contexte Général

La gestion des soutenances de Projets de Fin d'Études (PFE) constitue un processus académique complexe qui implique de nombreux acteurs (étudiants, enseignants, coordinateurs, direction, personnel administratif) et nécessite la coordination de multiples tâches : inscription des projets, affectation des encadrants, collecte des disponibilités, planification des soutenances, constitution des jurys, et génération de documents officiels.

Traditionnellement, ce processus est géré manuellement à travers des feuilles Excel, des emails multiples et des documents papier, ce qui entraîne des pertes de temps considérables, des risques d'erreurs et des difficultés de suivi.

1.2 Problématique

Le processus manuel de gestion des soutenances présente plusieurs défis majeurs :

- **Affectation des encadrants** : Répartition équitable selon les spécialités et la charge de travail
- **Collecte des disponibilités** : Difficultés à centraliser les créneaux disponibles des professeurs
- **Planification** : Éviter les conflits d'horaires, de salles et de disponibilités
- **Constitution des jurys** : Respecter les règles académiques et équilibrer les charges
- **Communication** : Envoi manuel des convocations et suivi des confirmations
- **Documentation** : Génération manuelle des PV et archivage

1.3 Objectifs du Projet

Ce projet vise à développer une application web complète permettant de :

1. Centraliser la gestion des projets de fin d'études
2. Automatiser l'affectation des encadrants selon leurs spécialités
3. Gérer efficacement les disponibilités des enseignants
4. Planifier automatiquement les soutenances en respectant toutes les contraintes
5. Constituer les jurys de manière équitable
6. Générer automatiquement les documents officiels (convocations, PV)
7. Assurer un suivi en temps réel pour tous les acteurs

1.4 Environnement Technique

| Composant | Détails |
|-----------------|---|
| Hôte | Windows 10/11 |
| Virtualisation | VMware Workstation |
| Système invité | Ubuntu 24.04 LTS |
| Réseau | 192.168.137.0/24 (Host-Only + Partage Internet) |
| IP Serveur | 192.168.137.140 |
| Domaine | soutenances.siham.local |
| Serveur DNS | BIND9 |
| Serveur Web | Apache2 |
| Base de données | MariaDB (MySQL) |
| Langage Backend | PHP 8+ |
| Générateur PDF | FPDF |

TABLE 1 – Environnement Technique du Projet

2 Architecture et Conception de l'Application

2.1 Architecture Générale

L'application suit une architecture web trois tiers classique :

- **Couche Présentation** : Interface utilisateur en HTML5/CSS3
- **Couche Application** : Logique métier en PHP 8+ avec PDO
- **Couche Données** : Base de données MariaDB avec schéma relationnel normalisé

2.2 Modèle de Données

La base de données comprend les tables principales suivantes :

- **utilisateurs** : Gestion des comptes (étudiants, professeurs, coordinateurs, etc.)
- **filières** : Informations sur les filières académiques
- **projets** : Projets de fin d'études des étudiants
- **rapports** : Gestion des rapports PFE uploadés
- **salles** : Référentiel des salles disponibles
- **periodes_disponibilite** : Périodes de collecte des disponibilités
- **disponibilites** : Créneaux disponibles des professeurs
- **soutenances** : Planning des soutenances
- **jurys** : Composition des jurys de soutenance
- **messages** : Messagerie interne entre étudiants et encadrants

2.3 Gestion des Rôles et Permissions

L'application implémente un système RBAC (Role-Based Access Control) avec cinq rôles distincts :

| Rôle | Permissions Principales |
|--------------|---|
| Étudiant | Inscription projet, upload rapport, consultation de sa soutenance |
| Professeur | Encadrement projets, saisie disponibilités, participation jurys, notation |
| Coordinateur | Affectation encadrants, planification soutenances, constitution jurys |
| Directeur | Supervision globale, validation planning, signature PV |
| Assistante | Gestion salles, préparation dossiers, archivage |

TABLE 2 – Rôles et Permissions dans l'Application

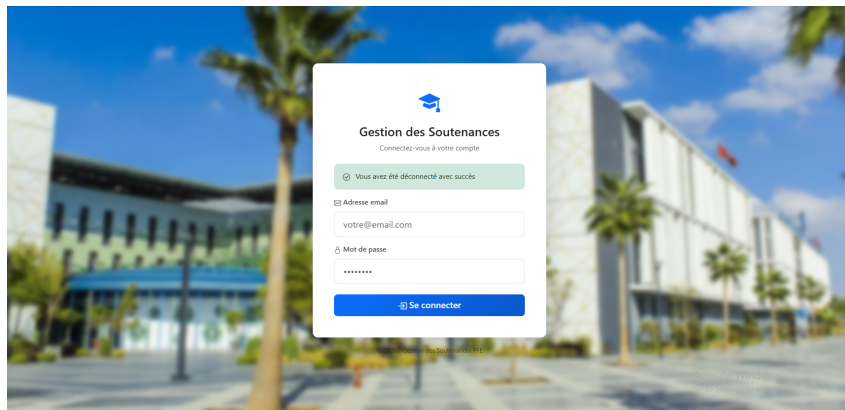


FIGURE 1 – Capture d'écran montrant la page d'accueil du système

3 Modules Fonctionnels de l'Application

3.1 Module Authentification et Gestion des Sessions

3.1.1 Fonctionnalités

Le module d'authentification assure :

- Connexion sécurisée avec hachage des mots de passe (bcrypt)
- Gestion des sessions PHP avec timeout après 30 minutes d'inactivité
- Redirection automatique vers le dashboard approprié selon le rôle
- Déconnexion sécurisée avec destruction de la session

3.2 Module Gestion des Projets

3.2.1 Inscription des Projets (Étudiant)

L'étudiant peut inscrire son projet en remplissant un formulaire comprenant :

- Titre du projet
- Description détaillée
- Mots-clés techniques
- Domaine thématique
- Choix du binôme (optionnel)
- Préférences d'encadrant (jusqu'à 3 choix)

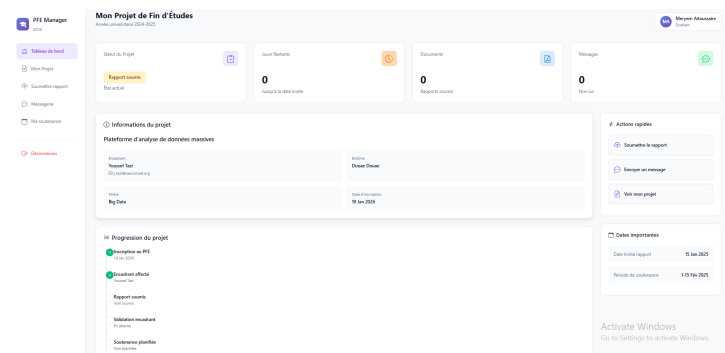


FIGURE 2 – Interface de tableau de bord d'étudiant

3.2.2 Affectation des Encadrants (Coordinateur)

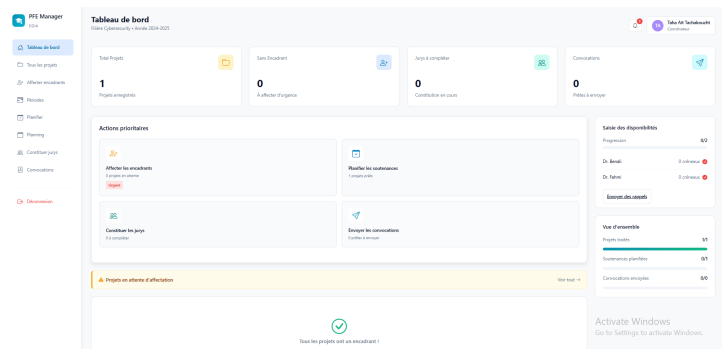


FIGURE 3 – Interface de tableau de bord du coordinateur

Le coordinateur dispose de deux modes d'affectation :

Affectation Manuelle :

- Vue de tous les projets sans encadrant
- Tableau affichant la charge actuelle de chaque professeur
- Matching des mots-clés du projet avec les spécialités des professeurs
- Sélection manuelle de l'encadrant

Affectation Automatique :

L'algorithme d'affectation automatique prend en compte :

- Le matching entre mots-clés du projet et spécialités du professeur
- La charge actuelle de chaque professeur
- La capacité maximale d'encadrement
- L'équilibrage de la charge entre professeurs

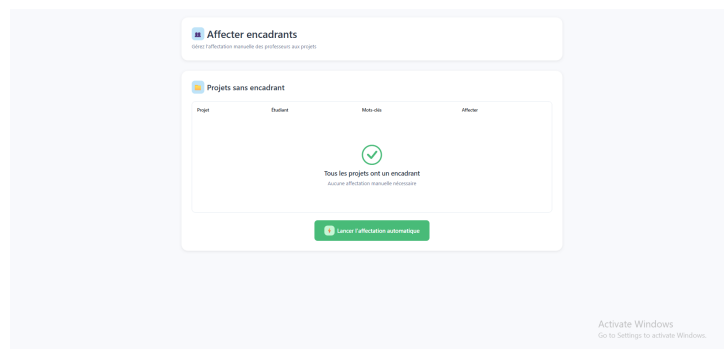


FIGURE 4 – Affectation des encadrants manuelle et automatique

3.2.3 Upload et Validation des Rapports

Côté Étudiant :

- Upload du rapport final (format PDF, limite 50 Mo)
- Ajout d'un résumé et de métadonnées
- Déclaration d'originalité du travail

- Gestion du versioning des rapports

Côté Encadrant :

- Téléchargement du rapport soumis
- Validation ou demande de corrections
- Ajout de commentaires
- Autorisation de passage en soutenance

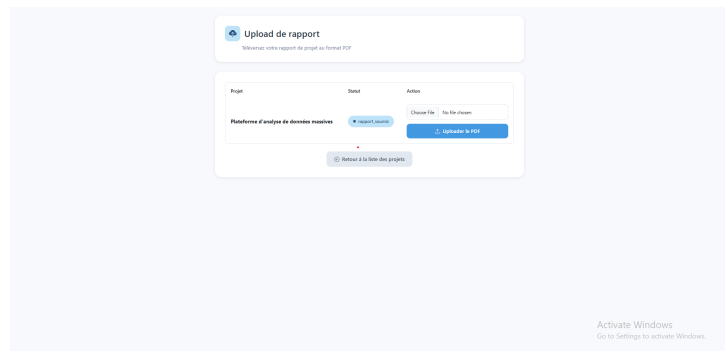


FIGURE 5 – Interface d'upload de rapport

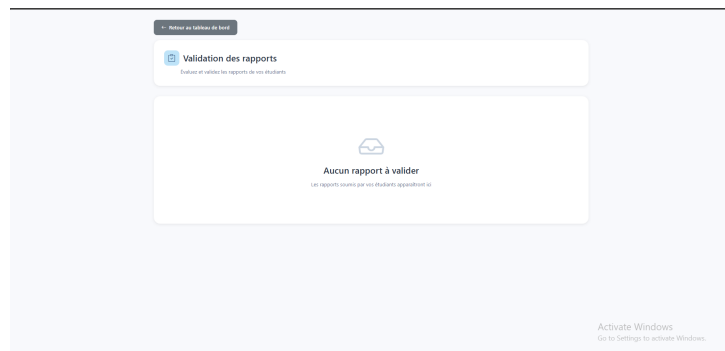


FIGURE 6 – Interface de validation du rapport

3.2.4 Messagerie Interne

Un système de messagerie intégré permet la communication entre étudiants et encadrants :

- Envoi de messages liés à un projet spécifique
- Notification de nouveaux messages
- Historique complet des échanges
- Marquage des messages lus/non lus

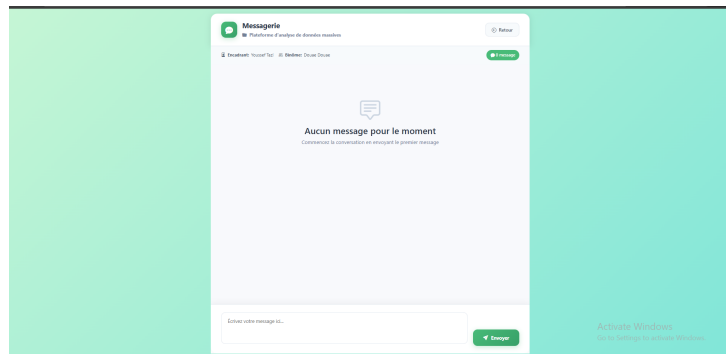


FIGURE 7 – Système de messagerie entre étudiant et encadrant

3.3 Module Gestion des Disponibilités

3.3.1 Création d'une Période de Disponibilité (Coordinateur)

Le coordinateur définit une période durant laquelle les professeurs doivent saisir leurs disponibilités :

- Date de début et fin de saisie
- Date de début et fin des soutenances prévues
- Filière concernée
- Année universitaire

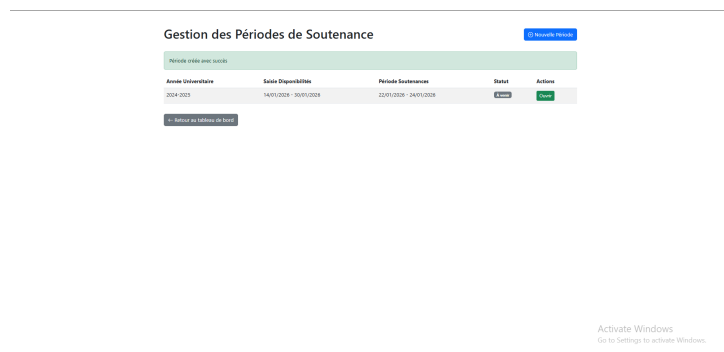


FIGURE 8 – Création d'une période de collecte des disponibilités

3.3.2 Saisie des Disponibilités (Professeur)

Les professeurs saisissent leurs disponibilités via un calendrier interactif :

- Sélection de la date
- Définition des heures de début et fin
- Possibilité de créneaux récurrents
- Modification jusqu'à la clôture de la période



FIGURE 9 – Calendrier de saisie des disponibilités

3.3.3 Suivi des Disponibilités (Coordinateur)

Le coordinateur peut suivre l'avancement de la collecte :

- Tableau de bord montrant les professeurs ayant saisi leurs disponibilités
- Identification des professeurs en retard
- Envoi de relances automatiques par email
- Statistiques de complétude

3.4 Module Gestion des Salles

Le module de gestion des salles permet de maintenir un référentiel complet :

- Ajout de nouvelles salles (nom, bâtiment, étage, capacité)
- Gestion des équipements disponibles (vidéoprojecteur, visioconférence, etc.)
- Modification et désactivation de salles
- Consultation de la disponibilité en temps réel

| Nom | Bâtiment | Étage | Capacité | Équipements | Statut | Actions |
|-------------|------------|-------|----------|--------------------------------|------------|-----------------|
| Salle 1.0.1 | Bâtiment 1 | 0 | 80-100 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 1.0.2 | Bâtiment 1 | 0 | 80-100 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 1.1.1 | Bâtiment 1 | 1 | 80-125 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 1.1.2 | Bâtiment 1 | 1 | 80-125 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 1.2.1 | Bâtiment 1 | 2 | 80-150 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 1.2.2 | Bâtiment 1 | 2 | 80-150 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 2.0.1 | Bâtiment 2 | 0 | 80-140 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 2.0.2 | Bâtiment 2 | 0 | 80-150 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 2.1.1 | Bâtiment 2 | 1 | 80-150 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 2.1.2 | Bâtiment 2 | 1 | 80-150 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |
| Salle 2.2.1 | Bâtiment 2 | 2 | 80-150 | Vidéoprojecteur, Sonore, Vidéo | Disponible | [Edit] [Delete] |

FIGURE 10 – Référentiel des salles de soutenance

3.5 Module Planification des Soutenances

3.5.1 Planification Manuelle (Coordinateur)

L'interface de planification manuelle offre :

- Vue calendrier avec les créneaux disponibles
- Drag-and-drop pour placer les soutenances
- Affichage en temps réel des salles libres
- Vérification automatique des disponibilités des encadrants
- Détection des conflits
- Possibilité de modifier ou déplacer une soutenance

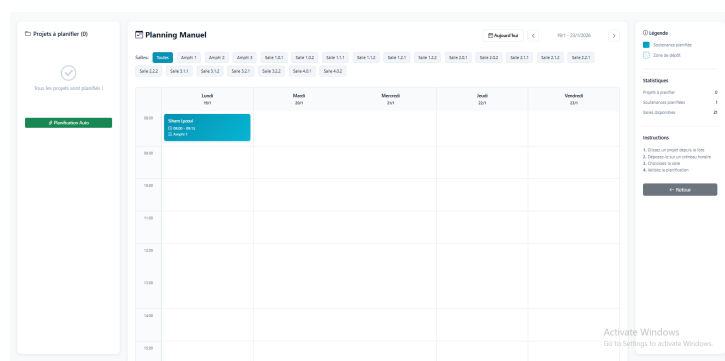


FIGURE 11 – Planification manuelle des soutenances

3.5.2 Planification Automatique (Coordinateur)

L'algorithme de planification automatique optimise le planning en respectant toutes les contraintes :

Contraintes Respectées :

1. Disponibilité des membres du jury
2. Disponibilité des salles
3. Présence obligatoire de l'encadrant dans le jury
4. Absence de chevauchement (un professeur ne peut être dans deux jurys simultanément)
5. Équilibrage de la charge entre professeurs
6. Pause minimale de 15 minutes entre deux soutenances dans la même salle

Algorithme :

L'algorithme suit ces étapes :

1. Tri des projets par priorité (dates limites proches en premier)
2. Pour chaque projet :
 - Identification des créneaux où l'encadrant est disponible
 - Vérification de la disponibilité d'une salle
 - Constitution d'un jury disponible en équilibrant les charges
 - Planification de la soutenance

3. Génération du planning complet
4. Affichage des projets non planifiés (contraintes impossibles à respecter)

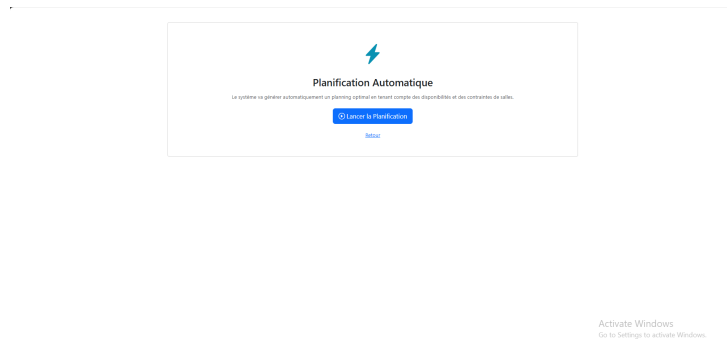


FIGURE 12 – Planning généré automatiquement

3.5.3 Consultation du Planning

Plusieurs vues du planning sont disponibles :

Vue Étudiant :

- Affichage de sa soutenance (date, heure, salle, jury)

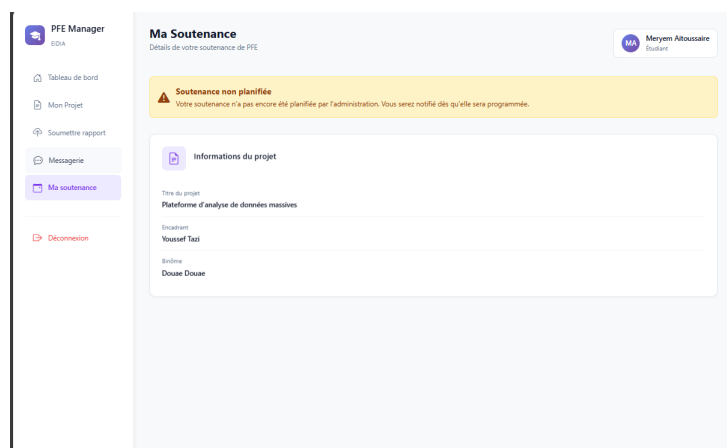


FIGURE 13 – Consultation de la soutenance par l'étudiant

Vue Professeur :

- Liste de ses jurys (soutenances où il est membre)
- Calendrier de ses participations
- Accès aux rapports des étudiants à évaluer

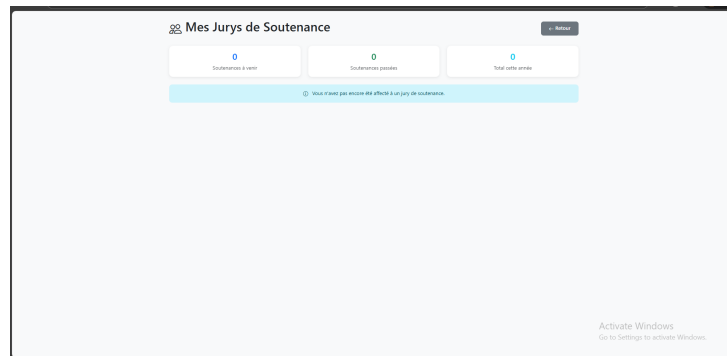


FIGURE 14 – Liste des jurys d'un professeur

Vue Globale :

- Planning complet de toutes les soutenances
- Filtrage par date, salle, filière
- Export possible en PDF

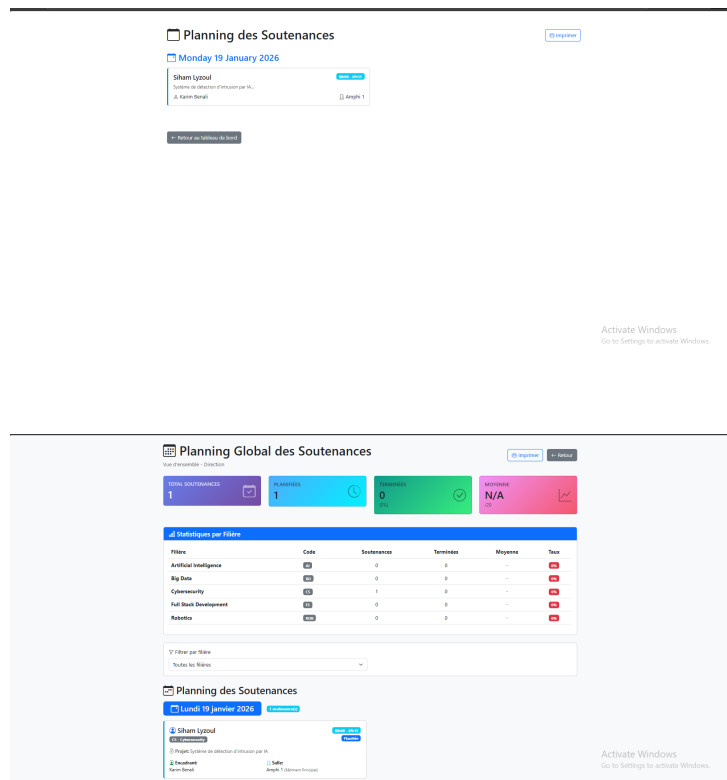


FIGURE 15 – Planning global de toutes les soutenances

3.6 Module Constitution des Jurys

3.6.1 Constitution Manuelle (Coordinateur)

Le coordinateur peut constituer manuellement un jury en :

- Sélectionnant le président (ne peut pas être l'encadrant)
- Ajoutant des examinateurs disponibles
- Vérifiant l'équilibrage des charges
- Respectant les règles académiques (minimum 3 membres)

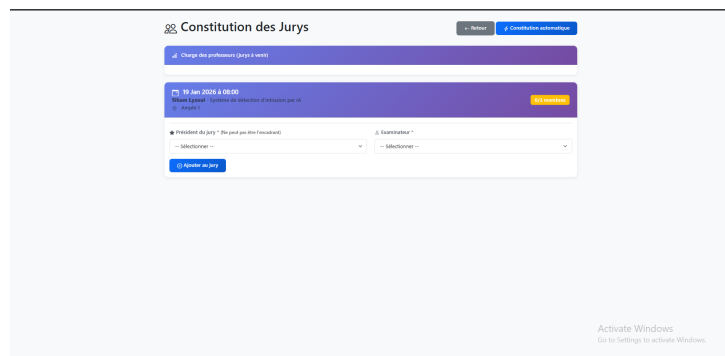


FIGURE 16 – Constitution manuelle d'un jury de soutenance

3.6.2 Constitution Automatique (Coordinateur)

L'algorithme de constitution automatique des jurys respecte les contraintes suivantes :

Règles Métier :

- L'encadrant fait obligatoirement partie du jury
- L'encadrant ne peut pas être président
- Minimum 3 membres par jury (encadrant, président, examinateur)
- Tous les membres doivent être disponibles sur le créneau
- Équilibrage des charges entre professeurs

Processus :

1. Ajout automatique de l'encadrant au jury
2. Recherche d'un président disponible avec la charge la plus faible
3. Recherche d'un examinateur disponible avec la charge la plus faible
4. Vérification des contraintes
5. Affectation du jury à la soutenance

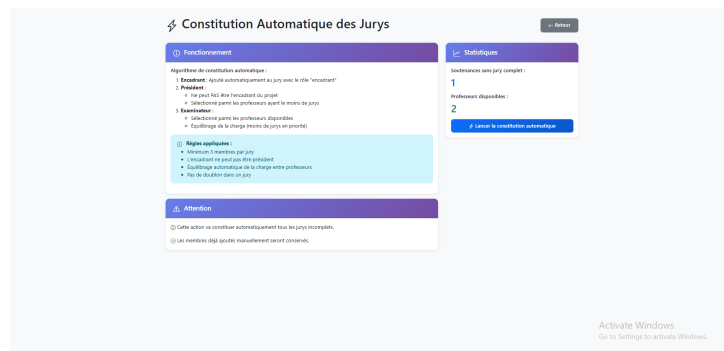


FIGURE 17 – Constitution automatique des jurys

3.6.3 Équilibrage des Charges

Une fonctionnalité d'équilibrage permet de visualiser et rééquilibrer la répartition des jurys :

- Tableau montrant le nombre de jurys par professeur
- Identification des surcharges et sous-charges
- Suggestions de réaffectation
- Historique des participations

3.7 Module Génération de Documents

3.7.1 Génération des Convocations PDF

Les convocations sont générées automatiquement pour :

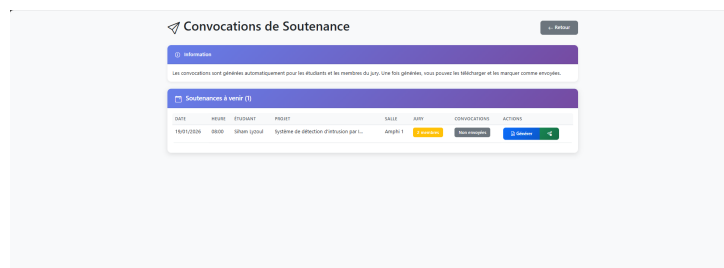
Les Étudiants :

- Informations personnelles (nom, prénom, filière)
- Titre du projet
- Date, heure et lieu de la soutenance
- Composition du jury
- Consignes de présentation

Les Membres du Jury :

- Informations de la soutenance
- Rôle dans le jury (président, examinateur, encadrant)
- Informations sur le projet et l'étudiant
- Lien de téléchargement du rapport

La génération utilise la bibliothèque FPDF pour créer des documents PDF formatés.



UNIVERSITÉ EUROMED DE FÈS
École d'Ingénierie Digitale et Intelligence Artificielle

CONVOCACTION A SOUTENANCE
PROJET DE FIN D'ÉTUDES

Date : 19/01/2026
Heure : 08:00
Salle : Amphi 1 - Bâtiment Principal
Filière : Cybersecurity

CANDIDAT
Siham Lyzoul

PROJET
Système de détection d'intrusion par IA

COMPOSITION DU JURY
Président du jury : Sara Fahmi
Encadrant : Karim Benali

Merci de confirmer votre présence et de vous présenter 10 minutes avant l'heure indiquée.

Le Coordinateur de filière

FIGURE 18 – Modèle de convocation pour l'étudiant

3.7.2 Génération des Procès-Verbaux (PV)

Les PV de soutenance sont générés après la saisie des notes et comprennent :

- Informations complètes sur la soutenance
- Composition du jury avec rôles
- Notes attribuées par chaque membre
- Note finale et mention
- Observations et appréciations
- Espace pour signatures

Génération des Procès-Verbaux Retour

Informations

Cette page permet de générer automatiquement les procès-verbaux (PV) des soutenances terminées. Le PV contient : informations générales, candidat, projet, composition du jury, résultats et appréciations.

Aucune soutenance terminée pour le moment.

Activate Windows
Go to Settings to activate Windows.

FIGURE 19 – Modèle de procès-verbal de soutenance

3.7.3 Autres Documents Générés

L'application génère également :

- **Grilles d'évaluation** : Formulaires vierges pour la notation
- **Feuilles d'émargement** : Pour la signature des présences
- **Attestations de réussite** : Certificats pour les étudiants ayant réussi
- **Dossiers complets** : Compilation de tous les documents d'une soutenance

3.8 Module Notation et Résultats

3.8.1 Saisie des Notes (Membres du Jury)

Après la soutenance, chaque membre du jury saisit :

- Sa note individuelle (sur 20)
- Son appréciation qualitative
- Des commentaires détaillés

Le système calcule automatiquement :

- La moyenne des notes du jury
- La mention correspondante (Passable, Assez Bien, Bien, Très Bien, Excellent)

3.8.2 Consultation des Résultats (Étudiant)

L'étudiant peut consulter :

- Sa note finale
- La mention obtenue
- Les appréciations générales du jury
- Télécharger son PV de soutenance

3.9 Module Statistiques et Reporting

3.9.1 Dashboards Multi-Rôles

Chaque rôle dispose d'un dashboard personnalisé affichant les informations pertinentes :

Dashboard Étudiant :

- Statut de son projet (en cours, validé, planifié)
- Informations sur son encadrant
- Date de sa soutenance si planifiée
- Messages non lus de son encadrant
- Progression des étapes clés

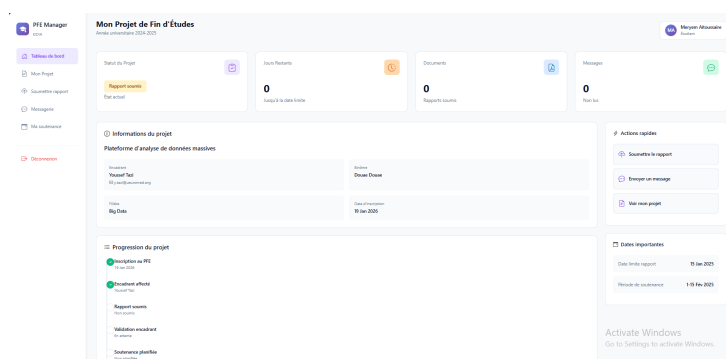


FIGURE 20 – Dashboard personnalisé de l'étudiant

Dashboard Professeur :

- Nombre de projets encadrés
- Liste des projets en attente de validation
- Prochains jurys planifiés
- Statistiques de charge (encadrements + jurys)
- Disponibilités à saisir

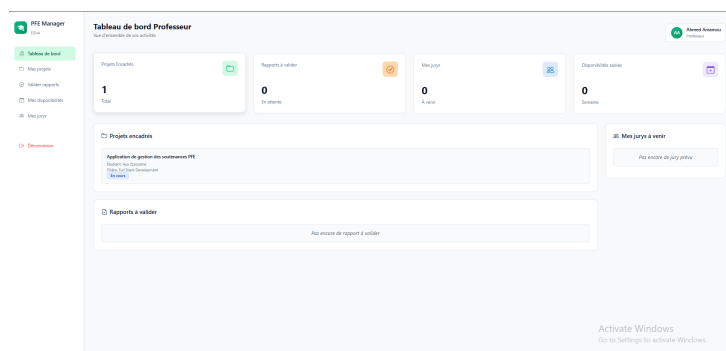


FIGURE 21 – Dashboard personnalisé du professeur

Dashboard Coordinateur :

- Nombre total de projets

- Projets sans encadrant
- Taux de complétion des disponibilités
- Soutenances planifiées / restantes
- Alertes et actions en attente

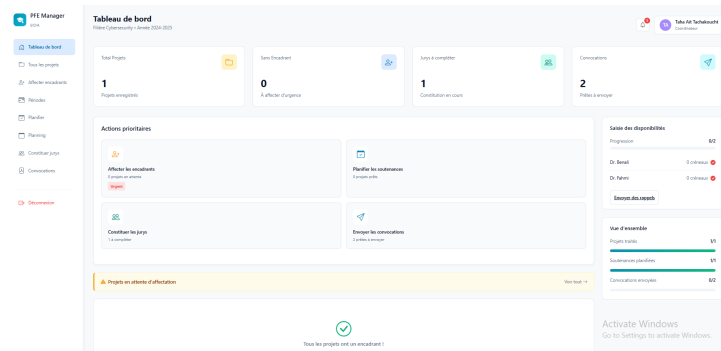


FIGURE 22 – Dashboard personnalisé du coordinateur

Dashboard Directeur :

- Vue d'ensemble par filière
- Taux de réussite et moyennes
- Planning global des soutenances
- PV en attente de signature
- Statistiques comparatives (années précédentes)

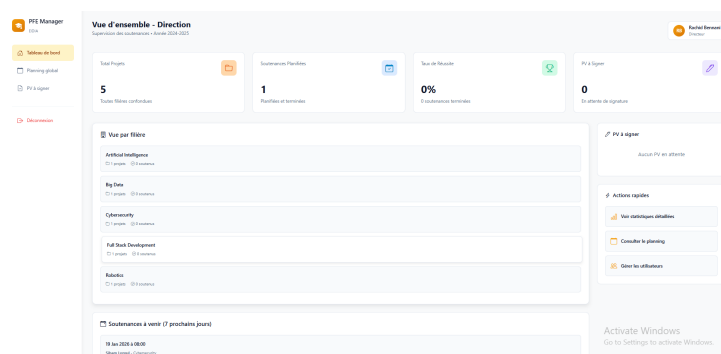


FIGURE 23 – Dashboard personnalisé du directeur

Dashboard Assistante :

- Salles à préparer par jour
- Documents à imprimer
- Convocations à envoyer
- Dossiers à archiver
- Checklist des tâches administratives

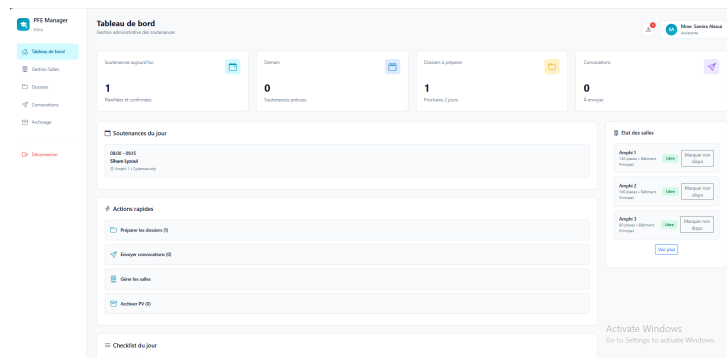


FIGURE 24 – Dashboard personnalisé de assistante

4 Aspects Sécurité et Qualité

4.1 Sécurité de l'Application

4.1.1 Authentification et Sessions

Hachage des Mots de Passe :

- Utilisation de l'algorithme bcrypt pour le hachage
- Coût de calcul élevé pour résister aux attaques par force brute
- Sels aléatoires générés automatiquement

Gestion des Sessions :

- Timeout automatique après 30 minutes d'inactivité
- Régénération de l'ID de session après authentification
- Destruction complète lors de la déconnexion
- Protection contre le vol de session

4.1.2 Contrôle d'Accès (RBAC)

Le système RBAC implémente :

- Vérification systématique du rôle à chaque requête
- Middleware de contrôle d'accès sur toutes les pages protégées
- Isolation des données : un étudiant ne peut voir que son projet
- Journalisation des tentatives d'accès non autorisées

4.1.3 Protection contre les Injections SQL

- Utilisation exclusive de requêtes préparées (PDO)
- Paramétrage de toutes les entrées utilisateur
- Aucune concaténation directe de requêtes
- Validation des types de données

4.1.4 Protection des Fichiers Uploadés

- Vérification du type MIME et de l'extension
- Limitation de la taille (50 Mo maximum)
- Stockage hors du répertoire web public
- Renommage des fichiers avec noms aléatoires
- Contrôle d'accès via script PHP avec vérification de permissions

4.1.5 Protection contre XSS et CSRF

Cross-Site Scripting (XSS) :

- Échappement systématique des sorties avec `htmlspecialchars()`
- Validation et filtrage des entrées utilisateur
- Content Security Policy (CSP) recommandée

Cross-Site Request Forgery (CSRF) :

- Tokens CSRF sur tous les formulaires sensibles
- Vérification du token côté serveur
- Validation de l'origine des requêtes

4.2 Intégrité des Données

4.2.1 Traçabilité des Actions

- Horodatage de toutes les opérations importantes
- Historisation des modifications de notes
- Impossibilité de modifier les notes après signature du PV
- Logs d'audit pour les actions sensibles

4.2.2 Validation des Contraintes

- Contraintes d'intégrité référentielle en base de données
- Validation côté serveur de toutes les entrées
- Vérification des règles métier (ex : un encadrant ne peut être président)
- Transactions pour les opérations critiques

4.3 Qualité du Code

4.3.1 Architecture et Organisation

- Séparation claire des responsabilités (MVC léger)
- Fichiers de configuration centralisés
- Réutilisation du code (`includes`, `functions.php`)
- Nommage cohérent des fichiers et variables

4.3.2 Bonnes Pratiques PHP

- Utilisation de PDO au lieu de `mysqli`
- Gestion des erreurs avec `try-catch`
- Validation et sanitization des données
- Commentaires et documentation du code

4.4 Tests de Sécurité

4.4.1 Tests de Contrôle d'Accès

- Tentative d'accès à une page sans authentification → redirection vers login
- Tentative d'un étudiant d'accéder au dashboard coordinateur → accès refusé
- Tentative de consulter le projet d'un autre étudiant → accès refusé
- Vérification de la ségrégation des données par rôle

4.4.2 Tests d'Injection SQL

- Tentative d'injection via le formulaire de connexion
- Injection dans les champs de recherche
- Vérification que toutes les requêtes utilisent PDO

4.4.3 Tests d'Upload de Fichiers

- Upload d'un fichier non-PDF → rejeté
- Upload d'un fichier de taille supérieure à 50 Mo → rejeté
- Tentative d'accès direct aux fichiers uploadés → accès refusé
- Vérification du stockage hors webroot

4.5 Défis Rencontrés et Solutions

4.5.1 Défi 1 : Configuration Réseau Complexe

Problème : L'environnement universitaire impose des restrictions réseau strictes.

Solution : Utilisation d'un réseau Host-Only sur VMware avec partage de connexion Internet depuis Windows, permettant à la VM d'être isolée tout en ayant accès à Internet.

4.5.2 Défi 2 : Algorithme de Planification Optimal

Problème : Trouver un planning respectant toutes les contraintes (disponibilités, salles, pas de chevauchement) est un problème NP-complet.

Solution : Implémentation d'un algorithme glouton avec priorités qui trouve une solution acceptable en temps raisonnable, même s'il ne garantit pas l'optimalité absolue.

4.5.3 Défi 3 : Génération de PDF Complexes

Problème : FPDF est relativement bas niveau et nécessite un positionnement manuel des éléments.

Solution : Création de fonctions réutilisables pour les éléments récurrents (en-têtes, tableaux) et utilisation de classes personnalisées héritant de FPDF.

4.5.4 Défi 4 : Gestion des Contraintes de Jurys

Problème : Multiples règles métier à respecter simultanément (encadrant dans le jury mais pas président, minimum 3 membres, équilibrage).

Solution : Algorithme en étapes successives avec vérifications à chaque niveau et possibilité de fallback en cas d'échec.

Apports Pédagogiques

Ce projet nous a permis de consolider et d'approfondir nos compétences dans plusieurs domaines essentiels de l'ingénierie informatique :

Sur le plan technique :

- Maîtrise approfondie de l'architecture web trois tiers (présentation, application, données)
- Configuration et administration de services réseau critiques (DNS avec BIND9, serveur web Apache2, base de données MariaDB)
- Développement backend sécurisé en PHP avec utilisation systématique de PDO et requêtes préparées
- Conception et normalisation d'un schéma de base de données relationnel complexe
- Implémentation d'algorithmes d'optimisation pour la résolution de problèmes de planification sous contraintes
- Génération dynamique de documents PDF professionnels avec FPDF

Sur le plan sécurité :

- Mise en œuvre d'un système d'authentification robuste avec hachage bcrypt
- Implémentation d'un contrôle d'accès basé sur les rôles (RBAC)
- Protection contre les vulnérabilités web courantes (injection SQL, XSS, CSRF)
- Gestion sécurisée des sessions et des fichiers uploadés
- Application des principes de sécurité par la conception

Sur le plan méthodologique :

- Travail collaboratif en équipe avec répartition claire des responsabilités
- Gestion de projet selon un cycle de développement structuré
- Utilisation d'outils de versioning (Git/GitHub)
- Tests systématiques (fonctionnels, sécurité, performance)
- Documentation technique complète

Impact et Bénéfices

L'application développée apporte des bénéfices tangibles pour l'ensemble des acteurs :

- **Pour les étudiants** : Simplicité d'inscription, transparence du processus, accès facile à toutes les informations
- **Pour les professeurs** : Réduction significative de la charge administrative, équilibre équitable des tâches
- **Pour les coordinateurs** : Gain de temps considérable, aide à la décision, vision globale du processus
- **Pour l'établissement** : Professionnalisation du processus, amélioration de la qualité de service, traçabilité complète

Conclusion

Ce projet a permis de développer une application web complète et fonctionnelle de gestion des soutenances de Projets de Fin d'Études, répondant à un besoin réel du processus académique.