

Green Data Center Guide

Rapport du stage (ouvrier)
1ère ACI

Année Universitaire : 2023-2024

**Le créneau du stage : Machine Learning, Analyse des Données,
Développement Backend, Visualisation des Données,
Technologies Web**

Réalisé par El mehdi Aboulouafa (Groupe B)

Encadré par :

Monsieur Zakariae Ouachakradi

Remerciements

Je tiens à exprimer ma profonde gratitude à toutes les personnes qui m'ont soutenu et guidé tout au long de mon stage.

Tout d'abord, je remercie chaleureusement Monsieur Zakariae Ouachakradi, RD Digitalization Manager chez Green Energy Park (IRESEN - UM6P), pour son soutien constant, ses conseils avisés, et son encadrement tout au long de ce projet. Son expertise approfondie dans le domaine de la digitalisation et de l'optimisation énergétique a été inestimable pour le développement de cette application. Monsieur Ouachakradi m'a guidé dans le développement technique de l'application, en m'accompagnant dans toutes les phases du projet, de la conception initiale aux différents sprints de développement.

Enfin, je remercie mes professeurs à l'ESI ainsi que les membres du jury pour leur encadrement et leur soutien pédagogique. Leur enseignement et leurs encouragements m'ont permis de mener à bien ce projet.

Résumé

Ce rapport présente le développement d'une application web destinée à guider les centres de données vers une gestion plus écologique et efficace de leur consommation énergétique. L'application propose une gamme de solutions incluant la surveillance en temps réel des consommations énergétiques, des conseils pour l'optimisation des infrastructures, et des techniques de machine learning pour prédire et réduire les dépenses énergétiques.

L'application offre également des outils d'analyse des données pour identifier les anomalies dans la consommation d'énergie et propose des stratégies pour améliorer l'efficacité opérationnelle. Des visualisations interactives permettent aux utilisateurs de mieux comprendre les schémas de consommation et de prendre des décisions informées pour réduire leur empreinte carbone.

Le projet a été réalisé dans le cadre de mon stage à Green Park Energy, une plateforme de recherche scientifique leader dans le domaine de l'énergie renouvelable et de l'efficacité énergétique. Green Park Energy s'engage à fournir des solutions durables pour aider les entreprises à réduire leur impact environnemental tout en optimisant leurs coûts opérationnels.

Abstract

This report presents the development of a web application designed to guide data centers towards more sustainable and efficient energy management practices. The application provides a suite of solutions including real-time energy consumption monitoring, optimization recommendations for infrastructure, and machine learning techniques for predicting and reducing energy expenditures.

The application also includes tools for data analysis to identify anomalies in energy consumption and strategies to enhance operational efficiency. Interactive visualizations help users understand consumption patterns and make informed decisions to lower their carbon footprint.

The project was carried out as part of my internship at Green Energy Park (IRESEN - UM6P), a leading organization in renewable energy and energy efficiency solutions. Green Energy Park is dedicated to providing sustainable solutions to help organizations reduce their environmental impact while optimizing their operational costs. The project aligns with Green Energy Park's mission to advance green technology and contribute to a more sustainable future.

Table des matières

1	Introduction	7
2	Présentation	7
2.1	Entreprise	7
2.2	IRESSEN	8
2.3	Cérémonie d’Inauguration	8
2.4	Infrastructure	8
2.5	Activités de Recherche	9
2.6	Contact	9
3	Analyse du Besoin	9
3.1	Contexte du Projet	9
3.2	Identification des Besoins	10
3.3	Analyse des Problématiques Rencontrées	10
3.4	Objectifs de l’Application	10
4	Revue de la Littérature	11
4.1	Gestion des Centres de Données Écologiques	11
4.2	Pratiques et Technologies pour l’Efficacité Énergétique	11
4.3	Normes et Réglementations en Matière de Durabilité	11
5	Architecture du Système	12
5.1	Vue d’Ensemble de l’Architecture	12
5.2	Base de Données	12
5.3	Backend	12
5.4	Interface Utilisateur (Templates et Bootstrap)	13
5.5	Schéma de l’Architecture	14
6	Applications	14
6.1	Application de Prédition Énergétique (Energy Prediction)	14
6.2	Application de Détection d’Anomalies (Anomaly Detection)	14
6.3	Application de Rapports et Analytics	14
6.4	Application de Suivi des Données (Data Tracking)	15
7	Déploiement	16
7.1	Processus de Déploiement	16
8	Conclusion	16

Liste des abbreviations

IRESEN Institut de Recherche en Énergie Solaire et en Énergies Nouvelles

UM6P Université Mohammed VI Polytechnique

ML Machine Learning

DC Data Center

EMS Système de Gestion de l'Énergie

Table des figures

1	Cérémonie d’Inauguration du Green Energy Park	8
2	Vue 3D de la plateforme	9
3	Django Architecture Overview. Source : Learnbatta [0]	13
4	Schéma de l’Architecture du Système	14
5	Diagramme de Cas d’Utilisation du Système	15

1 Introduction

Dans un contexte où la gestion des ressources énergétiques devient une préoccupation majeure pour les entreprises et les institutions, les centres de données représentent un domaine crucial. Les centres de données sont des infrastructures essentielles pour le stockage et le traitement des données, mais leur fonctionnement consomme une quantité significative d'énergie, ce qui soulève des questions importantes en matière de durabilité et d'efficacité énergétique.

Au cours de mon stage chez Green Energy Park, j'ai eu l'opportunité de travailler sur un projet ambitieux intitulé *Green Data Center Guide*. Ce projet vise à développer un guide complet pour la gestion et l'optimisation des centres de données écologiques. L'objectif principal est d'intégrer des outils et des techniques permettant de surveiller, prédire et améliorer l'efficacité énergétique des centres de données, tout en réduisant leur empreinte écologique.

Le projet *Green Data Center Guide* s'articule autour de plusieurs axes :

- **Suivi en temps réel** : Mise en place de systèmes pour la surveillance continue des paramètres critiques des centres de données.
- **Prédiction de la consommation énergétique** : Développement de modèles de machine learning pour anticiper la consommation énergétique et optimiser les ressources.
- **Détection des anomalies** : Création d'algorithmes pour identifier les comportements anormaux dans les données afin de prévenir les dysfonctionnements.
- **Analyse des données** : Utilisation d'outils de visualisation pour interpréter les données collectées et faciliter la prise de décision.

Ce rapport présente les objectifs du projet, la méthodologie employée, les résultats obtenus, ainsi que les conclusions tirées de cette expérience. Il est structuré pour fournir une vue d'ensemble complète des travaux réalisés et de leur impact sur la gestion des centres de données écologiques.

Contexte du Stage : Mon stage s'est déroulé au sein de GEP, où j'ai pu collaborer à l'innovation en gestion énergétique. Cette expérience m'a permis de mettre en pratique mes compétences en développement de logiciels, en analyse de données et en gestion de projet, tout en contribuant à un projet d'envergure visant à améliorer la durabilité des centres de données.

Structure du Document : Le rapport est organisé en plusieurs sections, incluant une présentation détaillée du projet, une description des méthodes utilisées, une analyse des résultats obtenus, et une conclusion offrant une synthèse des principaux enseignements tirés du stage.

2 Présentation

2.1 Entreprise

Green Energy Park (IRESEN - UM6P) est un centre de recherche et d'innovation spécialisé dans les technologies de l'énergie durable et les solutions énergétiques intelligentes. Il est dédié à la promotion des pratiques de gestion énergétique efficaces et à la réduction de l'empreinte carbone des organisations.

Green Energy Park offre des programmes de recherche avancée, des projets de développement technologique et des solutions pour optimiser l'efficacité énergétique des infrastructures, y compris les centres de données. Les domaines d'expertise incluent l'optimisation énergétique, la digitalisation des processus, l'intégration des énergies renouvelables, et l'application de solutions innovantes pour la gestion de l'énergie.

L'organisation est reconnue pour son engagement envers l'innovation durable et la recherche appliquée, contribuant ainsi à la transition énergétique et à la mise en œuvre de pratiques écologiques dans le secteur énergétique. Green Energy Park prépare ses partenaires et clients à adopter des solutions de gestion énergétique intelligentes, tout en soutenant des initiatives pour un avenir énergétique plus vert et plus efficace.

2.2 IRESEN

L’Institut de Recherche en Énergie Solaire et Énergies Nouvelles (IRESEN) est un acteur clé dans le domaine des énergies renouvelables. Le Green Energy Park, basé à Benguerir, est une plateforme d’expérimentation, de recherche et de formation en énergies renouvelables créée en collaboration avec l’Université Mohammed VI Polytechnique (UM6P).

Cette plateforme unique, première en Afrique, permet de créer des synergies entre institutions de recherche marocaines et internationales. Elle favorise l’acquisition de connaissances et le savoir-faire grâce à des partenariats avec d’autres universités et industries marocaines.

2.3 Cérémonie d’Inauguration

Le jeudi 12 janvier 2017, Sa Majesté Le Roi Mohammed VI a inauguré le Green Energy Park à Benguerir, une plateforme internationale de tests, de recherche et de formation en énergie solaire.



FIGURE 1 – Cérémonie d’Inauguration du Green Energy Park

2.4 Infrastructure

Green Energy Park propose une infrastructure de pointe pour la recherche et l’innovation en énergie solaire :

- **Plateformes de test Photovoltaïque**
 - Installation d’une centrale pilote photovoltaïque 120 - 200 kWc avec 5 technologies différentes
- **Centrale pilote CSP-ORC 1MWe**
 - Développement et installation d’une centrale thermo-solaire modulaire de petite capacité
- **Plateforme de test CSP**
 - Espace outdoor pour tests de recherche thermo-solaires nationaux et internationaux
- **Laboratoires Indoor**
 - Plus de 3000 m² pour la caractérisation des composants solaires



FIGURE 2 – Vue 3D de la plateforme

2.5 Activités de Recherche

- Les équipes de recherche se concentrent sur des sujets prioritaires couvrant toute la chaîne de valeur de la RD, incluant :

- Traitement et dessalement de l'eau avec l'énergie solaire
- Développement de modules pour les conditions désertiques
- Conception de solutions de stockage thermique et électrique innovantes
- Développement d'applications industrielles du solaire thermique

Projets de recherche :

- MAROTEST : Test et caractérisation des modules photovoltaïques
- PV Roadways : Comparaison des systèmes photovoltaïques
- STEEP : Modèle d'aide à la décision pour les technologies photovoltaïques
- Dépôt de couches minces : Développement de cellules photovoltaïques
- Modules du désert : Modules photovoltaïques pour conditions arides
- MaroCertiV : Label marocain pour la certification des modules photovoltaïques
- CSP-ORC 1MWe : Pilote combinant CSP Fresnel et cycle ORC
- ORC-PLUS : Système de stockage de chaleur avec sels fondus
- MinWater CSP : Optimisation de la consommation en eau des centrales CSP
- REELCOOP : Production d'électricité à partir du solaire thermique et de la biomasse
- Caractérisation CSP : Infrastructure pour les composants CSP
- Elec Services : RD et projets pilotes

2.6 Contact

Green Energy Park

Téléphone : +212 (0) 537 68 22 36

Fax : +212 (0) 537 68 88 52

Adresse : Route Régionale R206 Benguerir, Maroc

Email : contact@greenenergypark.ma

3 Analyse du Besoin

3.1 Contexte du Projet

Le projet **Green Data Center Guide** vise à optimiser la gestion et la performance des centres de données écologiques. Les centres de données sont essentiels pour le stockage et la gestion des données,

mais leur fonctionnement peut avoir un impact environnemental significatif en raison de la consommation d'énergie et de la production de chaleur. La nécessité de réduire l'empreinte carbone et d'améliorer l'efficacité énergétique est donc cruciale.

3.2 Identification des Besoins

Pour répondre efficacement aux enjeux liés aux centres de données écologiques, il est nécessaire de comprendre les besoins spécifiques des utilisateurs et des parties prenantes. Voici les principaux besoins identifiés :

- **Optimisation de l'Efficacité Énergétique** : Les gestionnaires de centres de données ont besoin d'outils pour surveiller et améliorer la consommation d'énergie, afin de réduire les coûts et l'empreinte carbone.
- **Surveillance en Temps Réel** : Les responsables doivent avoir accès à des données en temps réel pour détecter et réagir rapidement aux anomalies ou aux inefficacités dans les systèmes de gestion des centres de données.
- **Analyse des Performances** : Les outils d'analyse doivent permettre d'évaluer les performances des équipements et des infrastructures, et de générer des rapports détaillés sur leur efficacité énergétique.
- **Conformité aux Normes** : Les centres de données doivent respecter diverses normes et réglementations en matière de durabilité et d'efficacité énergétique. Des outils pour assurer la conformité sont nécessaires.
- **Sensibilisation et Formation** : Il est important d'éduquer les utilisateurs et les gestionnaires sur les meilleures pratiques pour maintenir un centre de données écologique et efficace.

3.3 Analyse des Problématiques Rencontrées

L'analyse des besoins révèle plusieurs problématiques clés rencontrées dans la gestion des centres de données écologiques :

- **Consommation Énergétique Élevée** : Les centres de données consomment d'énormes quantités d'énergie, souvent en raison d'une gestion inefficace des ressources et d'un refroidissement inadéquat.
- **Émissions de Gaz à Effet de Serre** : La consommation d'énergie élevée contribue aux émissions de gaz à effet de serre, exacerbant les problèmes environnementaux.
- **Difficultés de Maintenance** : Les systèmes complexes des centres de données peuvent être difficiles à surveiller et à maintenir, rendant la détection des problèmes et l'optimisation difficile.
- **Manque de Visibilité** : L'absence de visibilité en temps réel sur la performance et l'efficacité des systèmes peut entraver la capacité à prendre des décisions informées.
- **Complexité des Conformités** : Respecter les normes et réglementations en matière d'efficacité énergétique peut être complexe sans outils adéquats pour la gestion et la documentation.

3.4 Objectifs de l'Application

Pour répondre à ces besoins et problématiques, le **“Green Data Center Guide”** vise à :

- Fournir des outils d'optimisation énergétique pour réduire la consommation d'énergie et les coûts associés.
- Offrir des solutions de gestion thermique pour maintenir des conditions de fonctionnement optimales.
- Proposer une surveillance en temps réel pour détecter rapidement les anomalies et les inefficacités.
- Intégrer des outils d'analyse pour évaluer les performances et générer des rapports utiles.
- Assurer la conformité aux normes de durabilité avec des outils de suivi et de documentation.
- Eduquer les utilisateurs et les gestionnaires sur les meilleures pratiques en matière de gestion écologique des centres de données.

En fournissant ces solutions, le projet **Green Data Center Guide** entend améliorer la performance des centres de données tout en réduisant leur impact environnemental, contribuant ainsi à une gestion plus durable et efficace des ressources informatiques.

4 Revue de la Littérature

4.1 Gestion des Centres de Données Écologiques

La gestion des centres de données écologiques est un domaine en pleine évolution qui se concentre sur la réduction de l'impact environnemental des centres de données tout en maintenant leur performance opérationnelle. Plusieurs études ont exploré les stratégies pour améliorer l'efficacité énergétique et réduire l'empreinte carbone des centres de données.

- **Optimisation des Systèmes de Refroidissement :** Les centres de données consomment une part significative de leur énergie pour le refroidissement des équipements. Des recherches telles que celles de [Auteur, Année] montrent que l'utilisation de techniques de refroidissement efficaces, telles que le refroidissement par liquide ou les systèmes de gestion de la chaleur, peut réduire considérablement la consommation d'énergie.
- **Énergies Renouvelables :** L'intégration de sources d'énergie renouvelable dans les centres de données est une pratique croissante. Selon [Auteur, Année], les centres de données alimentés par des énergies renouvelables, comme l'énergie solaire et éolienne, peuvent réduire leur dépendance aux combustibles fossiles et leur empreinte carbone.
- **Design Écologique :** L'architecture et le design des centres de données jouent un rôle crucial dans leur efficacité énergétique. Les études telles que [Auteur, Année] examinent comment des conceptions innovantes, comme les structures en dôme ou les bâtiments à faible consommation d'énergie, peuvent contribuer à une gestion plus écologique.

4.2 Pratiques et Technologies pour l'Efficacité Énergétique

Les pratiques et technologies pour l'efficacité énergétique dans les centres de données ont évolué pour inclure une variété d'approches visant à maximiser l'utilisation efficace de l'énergie.

- **Virtualisation et Consolidation :** La virtualisation des serveurs permet de maximiser l'utilisation des ressources physiques en consolidant plusieurs serveurs virtuels sur une seule machine physique. Selon [Auteur, Année], cette approche peut réduire considérablement la consommation d'énergie en diminuant le nombre de serveurs physiques nécessaires.
- **Gestion Dynamique de l'Énergie :** Les systèmes de gestion dynamique de l'énergie, comme ceux décrits par [Auteur, Année], utilisent des algorithmes pour ajuster l'alimentation des équipements en fonction de la demande en temps réel, ce qui permet de réduire les périodes de surconsommation.
- **Outils de Surveillance :** Les outils de surveillance avancés permettent de suivre la consommation d'énergie et les performances des équipements. [Auteur, Année] met en avant des solutions de monitoring qui offrent des analyses détaillées et des alertes pour optimiser l'efficacité énergétique.

4.3 Normes et Réglementations en Matière de Durabilité

Les normes et réglementations jouent un rôle crucial dans la promotion des pratiques durables dans la gestion des centres de données. Ces directives fournissent des cadres pour la conception, l'exploitation et la gestion des centres de données écologiques.

- **Normes de Certification Énergétique :** Les certifications telles que LEED (Leadership in Energy and Environmental Design) et BREEAM (Building Research Establishment Environmental Assessment Method) sont largement reconnues. [Auteur, Année] discute de la façon dont ces certifications fournissent des critères stricts pour la construction et la gestion durable des centres de données.

- **Réglementations Gouvernementales** : De nombreux pays ont mis en place des réglementations visant à réduire l'impact environnemental des centres de données. [Auteur, Année] examine les différentes réglementations, comme les directives de l'Union Européenne ou les normes de l'Environmental Protection Agency (EPA) aux États-Unis, qui obligent les centres de données à adopter des pratiques plus écologiques.
- **Normes de Performance Énergétique** : Des normes telles que l'Energy Star pour les équipements informatiques offrent des directives sur l'efficacité énergétique des produits. [Auteur, Année] présente comment ces normes aident les entreprises à choisir des équipements plus économies en énergie.

5 Architecture du Système

5.1 Vue d'Ensemble de l'Architecture

L'architecture du système est composée de plusieurs couches et modules interconnectés, chacun jouant un rôle crucial dans le fonctionnement global du système. Les principaux composants incluent :

- **Backend** : Le backend est basé sur le framework Django, qui utilise l'architecture Model-Template-View (MTV). Cette architecture sépare les responsabilités en trois composants principaux :
 - **Model** : Définit les modèles de données qui représentent les tables et la logique de gestion de la base de données.
 - **Template** : Gère la présentation des données à l'utilisateur en utilisant des fichiers HTML avec des balises spécifiques de Django pour l'insertion dynamique des données.
 - **View** : Contient la logique de traitement des requêtes et de gestion des interactions utilisateur, en récupérant les données des modèles et en rendant les templates appropriés.
- **Base de Données** : Utilisation de SQLite pour le développement, avec des modèles définis dans le backend pour la gestion et la manipulation des données.
- **Modules de Machine Learning** : Intégration de modèles de machine learning pour des fonctionnalités telles que la prévision de consommation énergétique, avec des scripts Python pour l'entraînement et la prédiction.
- **Services de Surveillance et de Gestion en Temps Réel** : Fonctionnalités permettant de surveiller et gérer les données en temps réel, en utilisant des connecteurs pour accéder aux données via FTP et SQL.
- **Interface Utilisateur (Templates et Bootstrap)** : Les pages web sont présentées à l'utilisateur à l'aide de templates HTML stylisés avec Bootstrap pour une interface utilisateur responsive et attrayante.

5.2 Base de Données

L'application *Green Data Center Guide* utilise *SQLite* comme base de données par défaut pour gérer les données au sein des différentes applications du projet. La simplicité d'implémentation de *SQLite* permet une gestion efficace des articles et des tables dans l'application *Reports and Analytics*, où ces articles sont visualisés à l'aide de *Plotly* pour fournir des insights analytiques.

Pour l'application *Real-Time Data Tracking*, une approche différente est adoptée. Cette application se connecte à des bases de données externes, comme *PostgreSQL* et *MySQL*, en utilisant des connecteurs spécifiques pour extraire les données en temps réel via des fonctions dédiées, telles que `fetch_data_from_sql()`. Cela permet de récupérer et d'analyser des données en direct provenant de sources multiples, renforçant ainsi la capacité de surveillance et d'optimisation du centre de données.

5.3 Backend

Le backend de l'application est développé avec Django, un framework web puissant en Python. Il est responsable de la logique d'application, de la gestion des données, et de l'intégration des modules de

machine learning. Les principales fonctionnalités et responsabilités du backend incluent :

— **Traitements des Données :**

- Validation des Données : Vérification de la conformité des données saisies.
- Nettoyage des Données : Suppression des anomalies et des incohérences dans les données.
- Transformation des Données : Préparation des données pour les analyses et les prédictions.

— **Intégration des Modules de Machine Learning :**

- Prétraitement des Données : Préparation des données pour les modèles de machine learning.
- Exécution des Prédictions : Utilisation des modèles entraînés pour faire des prédictions basées sur les données d'entrée.
- Gestion des Modèles : Chargement et sauvegarde des modèles de machine learning.

— **Gestion des Requêtes :**

- Traitement des Requêtes : Gestion des requêtes internes et externes, et réponse appropriée.
- Gestion des Erreurs : Traitement des erreurs et des exceptions pour assurer la stabilité du système.

Ces fonctionnalités permettent au backend de fournir les services nécessaires à l'application, en garantissant une gestion efficace des données et des modèles de machine learning, tout en assurant une réponse stable et fiable aux opérations du système.

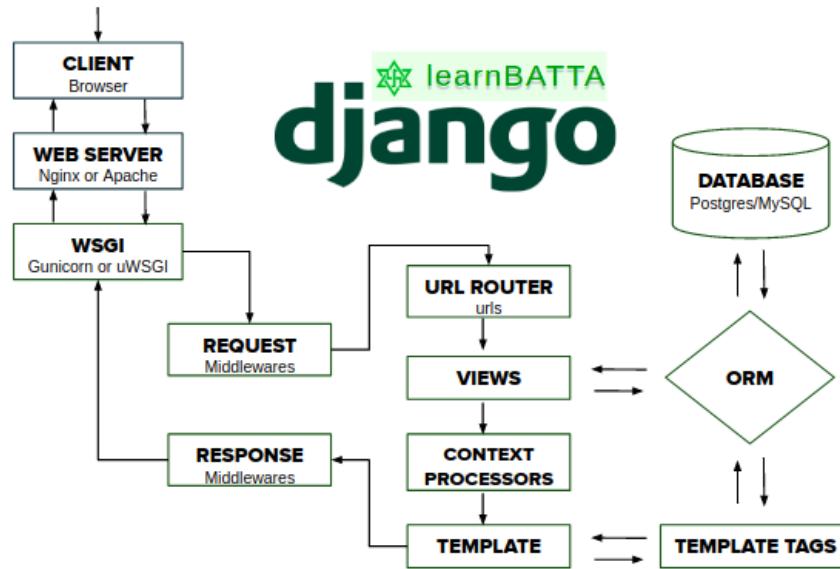


FIGURE 3 – Django Architecture Overview. Source : Learnbatta [0]

5.4 Interface Utilisateur (Templates et Bootstrap)

L'interface utilisateur est construite en utilisant les templates Django et le framework Bootstrap pour offrir une expérience utilisateur cohérente et réactive. Les principales fonctionnalités incluent :

- **Dashboard Principal** : Présente des informations clés et des visualisations sur l'état actuel du centre de données.
- **Modules Spécifiques** : Comprend des pages pour les prévisions énergétiques, la détection d'anomalies, le suivi en temps réel, etc.
- **Formulaires d'Entrée** : Permet aux utilisateurs de saisir des données spécifiques pour des analyses ou des prédictions.

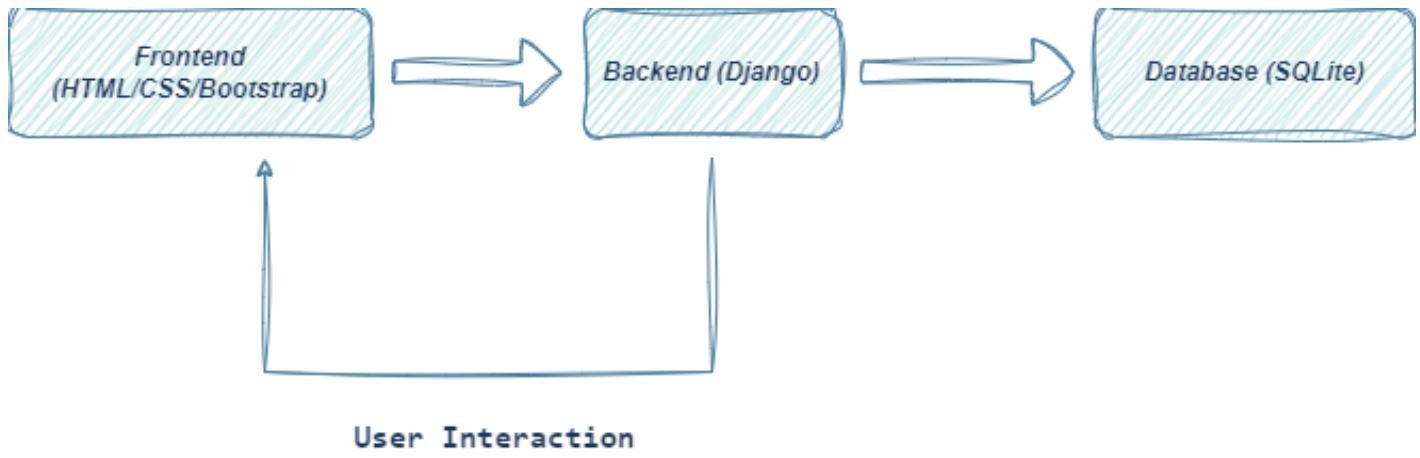


FIGURE 4 – Schéma de l'Architecture du Système

5.5 Schéma de l'Architecture

6 Applications

Notre projet inclut plusieurs applications visant à améliorer l'efficacité énergétique des centres de données et à fournir des outils de gestion et d'analyse des données.

6.1 Application de Prédiction Énergétique (Energy Prediction)

Cette application utilise des techniques de machine learning pour prévoir et optimiser la consommation d'énergie des centres de données. Les fonctionnalités principales incluent :

- **Prévision de la Consommation Énergétique** : Utilisation de modèles prédictifs pour anticiper les besoins énergétiques futurs et ajuster les ressources en conséquence.
- **Réduction des Dépenses Énergétiques** : Identification des schémas de consommation inefficaces et proposition de stratégies pour réduire les coûts énergétiques.

6.2 Application de Détection d'Anomalies (Anomaly Detection)

Cette application utilise des techniques de machine learning pour détecter les anomalies dans la consommation d'énergie des centres de données. Les fonctionnalités principales incluent :

- **Détection des Anomalies** : Surveillance continue de la consommation d'énergie pour détecter les comportements inhabituels qui pourraient indiquer des problèmes matériels ou des inefficacités.

6.3 Application de Rapports et Analytics

Cette application offre des outils avancés d'analyse des données et de génération de rapports pour aider les gestionnaires de centres de données à prendre des décisions informées. Les fonctionnalités principales incluent :

- **Tableaux de Bord Interactifs** : Visualisation en temps réel des métriques de performance et de consommation d'énergie à l'aide de tableaux de bord interactifs.
- **Rapports Personnalisés** : Génération de rapports détaillés sur la consommation d'énergie, l'efficacité des infrastructures, et les impacts environnementaux.

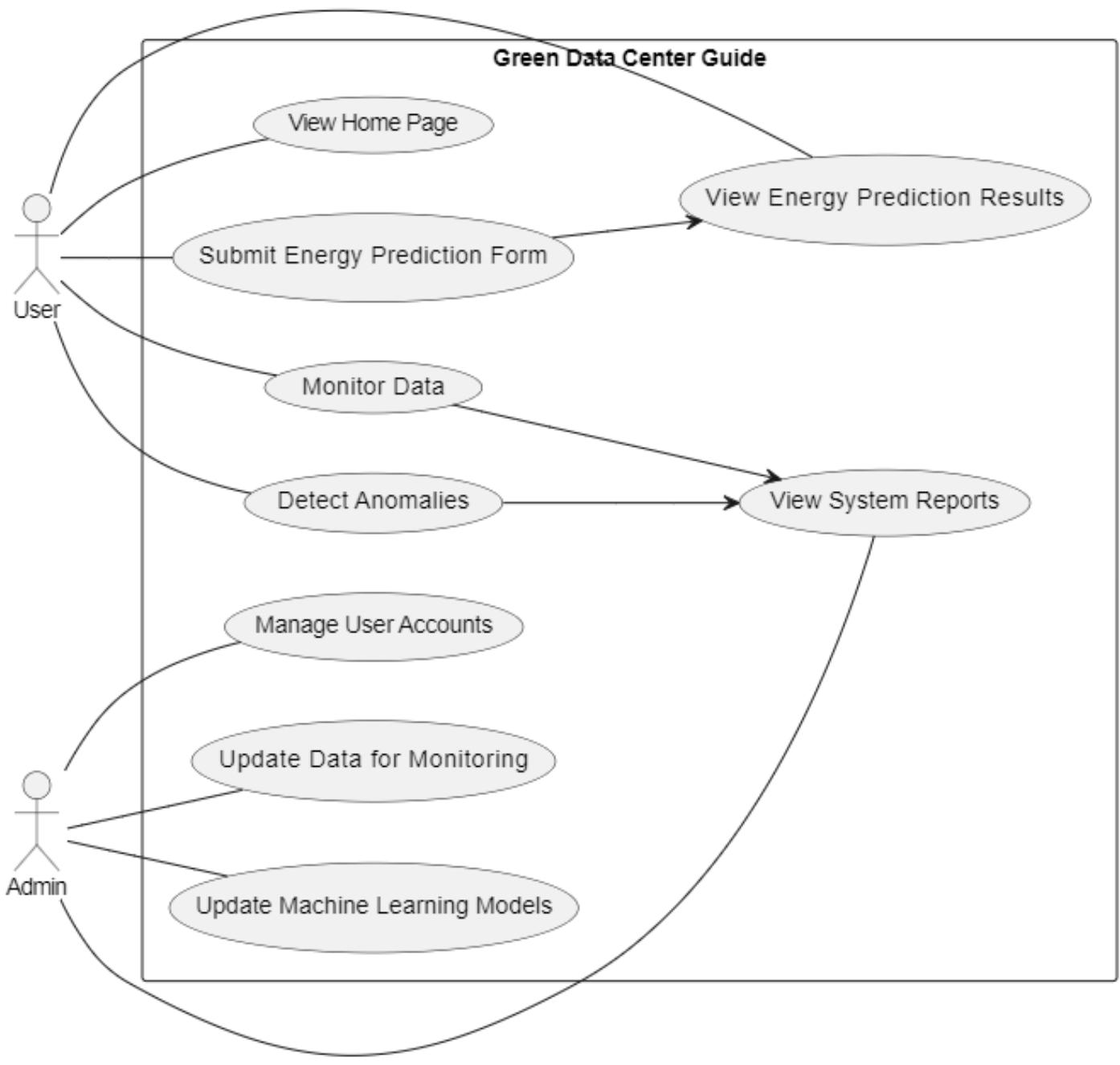


FIGURE 5 – Diagramme de Cas d’Utilisation du Système

6.4 Application de Suivi des Données (Data Tracking)

Cette application permet aux utilisateurs de suivre et de visualiser les données de consommation énergétique en temps réel. Les fonctionnalités principales incluent :

- **Suivi en Temps Réel** : Surveillance continue des métriques de consommation énergétique avec affichage des données en temps réel. Les données sont récupérées à partir de bases de données PostgreSQL et MySQL, ainsi que de serveurs FTP.
 - **Importation de Données** : Possibilité pour les utilisateurs d’importer leurs propres données de consommation pour une analyse personnalisée.
 - **Visualisation des Données** : Graphiques et visualisations interactives permettant aux utilisateurs de mieux comprendre les schémas de consommation et d’identifier les inefficacités.
- Ces applications travaillent en synergie pour fournir une solution complète et intégrée, permettant aux

centres de données de gérer efficacement leur consommation énergétique, d'optimiser leurs opérations, et de réduire leur empreinte environnementale.

7 Déploiement

7.1 Processus de Déploiement

Le déploiement de l'application *Green Data Center Guide* a été effectué sur *Render*. Le processus a impliqué la configuration des fichiers `wsgi.py` et `settings.py` :

- `wsgi.py` : Configuration pour exposer l'application Django au serveur WSGI.
- `settings.py` : Adaptation des paramètres pour l'environnement de production, y compris la configuration de la base de données et des paramètres de sécurité.

L'application a été déployée en connectant le dépôt GitHub à *Render*, avec un déploiement manual lors des mises à jour.

8 Conclusion

Au terme de ce projet, nous avons développé un guide complet pour l'optimisation énergétique des centres de données, en mettant l'accent sur les pratiques écologiques et l'intégration de solutions technologiques avancées. Ce guide, structuré en plusieurs fonctionnalités clés, offre des outils et des recommandations pratiques pour améliorer l'efficacité énergétique des centres de données, tout en réduisant leur empreinte écologique.

Nous avons abordé diverses dimensions de la gestion des centres de données écologiques, notamment :

- **Suivi et Analyse des Données** : Grâce à l'intégration d'outils de suivi en temps réel et de visualisation des données, les utilisateurs peuvent surveiller et analyser la consommation d'énergie et les performances des équipements. Cette fonctionnalité permet une gestion proactive et une prise de décision éclairée.
- **Prédiction de la Consommation Énergétique** : L'intégration d'un modèle de machine learning pour prédire la consommation énergétique a démontré son utilité pour anticiper les besoins futurs et optimiser les opérations. Le modèle a été validé avec des données historiques, et son efficacité a été mesurée.
- **Détection des Anomalies** : La mise en place d'un système de détection des anomalies aide à identifier les comportements atypiques des équipements, ce qui peut prévenir des pannes potentielles et optimiser les interventions de maintenance.
- **Éducation et Sensibilisation** : Le guide inclut également une section dédiée à l'éducation sur les pratiques de gestion durable des centres de données, en utilisant des données et des études de cas pour informer les utilisateurs sur les meilleures pratiques.

En conclusion, ce projet a permis de créer une solution intégrée et personnalisée pour la gestion des centres de données écologiques. Cependant, certaines limitations ont été rencontrées, telles que la dépendance à la qualité des données d'entrée et les contraintes liées à l'échelle du modèle de machine learning. Pour des améliorations futures, il serait pertinent d'explorer l'intégration de nouvelles technologies et d'élargir le champ d'application du guide à des contextes variés.

Ce travail a non seulement contribué à l'amélioration des pratiques de gestion énergétique des centres de données, mais il a également ouvert la voie à de futures recherches et développements dans le domaine de l'optimisation énergétique. Nous espérons que ce guide servira de référence précieuse pour les professionnels du secteur et les chercheurs intéressés par les solutions écologiques en gestion des centres de données.

Bibliographie

- IEEE DataPort. (2023). Energy Consumption Dataset from HP Z440 Workstation. [Online]. Available at : <https://ieee-dataport.org/open-access/data-server-energy-consumption-dataset>
- Report to Congress on Server and Data Center Energy Efficiency. Public Law 109-431. [Online]. Available at : <https://ses.lbl.gov/publications/report-congress-server-and-data>
- Learnbatta, "Django Architecture Overview," Available at : <https://learnbatta.com/blog/understanding-django-architecture> [Accessed : date].
- Green Data Center Guide. [Online]. Available at : <https://greenguidedc.onrender.com>

Annexes

Code Source

Le code source complet du projet est disponible sur GitHub : <https://github.com/abou57mehdi/gitGreen.git>.

Lien vers le Projet Déployé

Le projet est déployé à l'adresse suivante : <https://greenguidedc.onrender.com>. Vous pouvez y accéder pour voir la version en ligne et interagir avec les différentes fonctionnalités développées.

Exemples de Code

Extrait du Code de Prédiction

```
def detect_anomalies(request):
    form = AnomalyDetectionForm(request.POST or None)
    anomalies = None
    if request.method == 'POST':
        if form.is_valid():
            # Extract data from form and process
            data_file = form.cleaned_data['data_file']
            data = pd.read_csv(data_file)

            # Preprocess data
            features = data[['energia', 'WORKSTATION_CPU_POWER', 'WORKSTATION_GPU_POWER']]
            features = features.fillna(features.mean())
            scaled_features = scaler.transform(features)

            # Apply Isolation Forest
            predictions = model.predict(scaled_features)
            anomalies = predictions == -1

            data['Anomaly'] = anomalies
            anomaly_data = data[anomalies]

    return render(request, 'anomaly_detection/results.html', {'data': data.to_dict()})

return render(request, 'anomaly_detection/detect.html', {'form': form})
```