

Premier rapport entreprise

Lucas Sovre

février 2022

Table des matières

1	Présentation de EDF.	1
1.1	L'histoire de EDF.	1
1.2	Fonctionnement d'une centrale nucléaire.	2
1.3	La recherche et développement	3
1.3.1	Présentation de la R&D	3
1.3.2	Mon environnement de travail au sein de la R&D	3
2	Mes projets.	4
2.1	Projet ARDEN	4
2.1.1	Contexte	4
2.1.2	Choix d'architecture informatique.	6
3	Annexes.	10
3.1	Annexe 1.	11

Résumé

Ce document est rédigé dans le cadre de la première année d'alternance de Lucas Sovre au sein de EDF R&D, en partenariat avec l'école ESIEE-IT. Mon tuteur entreprise est un ingénieur chercheur : Julien Caron. Bien que ce rapport ne présente pas de données confidentielles, sa diffusion doit rester réduite.

Chapitre 1

Présentation de EDF.

1.1 L'histoire de EDF.

Dans les années 30, deux cent entreprises privées assurent la production, une centaine le transport et plus de mille la distribution de l'électricité. L'approvisionnement et les tarifs de l'électricité sont alors très différents selon les prestataires et les régions. Après-guerre, la création d'un service public unique de l'électricité devient alors une nécessité. La première tâche du groupe EDF est de reconstruire entièrement le réseau de transport partiellement détruit pendant la guerre et de relancer la construction de grands ouvrages hydrauliques dont certain avait été interrompu par la guerre. De 1946 à 1970, la France achète à l'étranger 76% de son approvisionnement en énergie et le pétrole constitue 84% de ses importations. Dès 1973, à la suite de la crise pétrolière, la France se tourne vers la production d'électricité à partir d'énergie nucléaire et annonce la construction des 13 premières centrales entre 1974 et 1975, avec une volonté : garantir son indépendance énergétique.

Avec les années, EDF acquiert, une expertise, un savoir-faire technologique et des compétences de haut niveau, et s'impose comme un leader mondial dans le domaine de l'énergie.

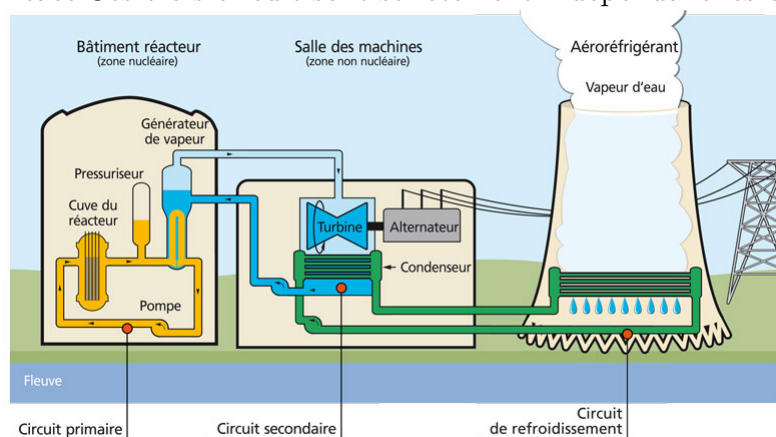
A la fin du siècle dernier, le marché de l'électricité s'ouvre à la concurrence et EDF se développe en Europe et à l'international. Les échanges s'intensifient, ainsi que la prise en compte des problématiques de développement durable. EDF lance le chantier d'une centrale nucléaire de nouvelle génération à Flamanville. La construction de ce premier EPR en France (réacteur pressurisé européen) est une étape essentielle dans la préparation du Renouvellement du parc nucléaire d'EDF.

1.2 Fonctionnement d'une centrale nucléaire.

Une centrale nucléaire REP (Réacteur à Eau Pressurisée) repose sur la fission nucléaire afin de transformer de l'énergie nucléaire en énergie électrique. On trouve dans le cœur du réacteur nucléaire le matériau fissile, dans notre cas il s'agit de l'uranium 235, on va déclencher dans celui-ci une réaction en chaîne de façon à produire de l'énergie thermique et ainsi chauffer l'eau du circuit primaire circulant dans la cuve du réacteur. Elle est à 325°C mais reste liquide grâce au pressuriseur qui maintient le circuit primaire à 155 Bar. L'eau sortant de la cuve va passer dans le faisceau tubulaire de chaque générateur de vapeur afin de pouvoir léguer son énergie thermique à l'eau du circuit secondaire. Celle-ci en circulant dans les GV va se transformer en vapeur pour alimenter le groupe turbo alternateur comprenant une turbine et un alternateur.

La turbine est constituée d'un corps haute pression (HP) et de plusieurs corps basse pression (BP), après passage dans le corps HP, la vapeur passe ensuite dans les générateurs sécheurs surchauffeurs (GSS) afin d'améliorer son titre avant d'alimenter les corps BP. Les turbines BP et la turbine HP se trouvent sur le même arbre donc elles tournent à la même vitesse et entraînent un alternateur qui produit l'électricité. La vapeur est ensuite condensée en eau puis envoyée vers les GV au travers du poste d'eau qui permet d'améliorer le rendement de l'installation. Le condenseur lui va être refroidi par un troisième circuit lié au fleuve passant près de la centrale ou par des aéroréfrigérants.

Il est important de noter que les fluides des circuits primaire, secondaire et tertiaire échangent de l'énergie entre eux mais ne sont en aucun cas en contact. Ces trois circuits sont strictement indépendants les uns des autres.



[1, IRSN]

1.3 La recherche et développement

1.3.1 Présentation de la R&D

La R&D est au cœur d'enjeux majeurs du Groupe EDF. Elle couvre l'ensemble des métiers et activités du secteur de l'énergie. Elle appuie au quotidien les métiers et les filiales en cohérence avec le projet du Groupe EDF, Cap 2030. Deux missions animent les chercheurs : améliorer la performance dans toutes les activités d'aujourd'hui et préparer l'avenir en travaillant sur les technologies de rupture.

En quelques chiffres EDF R&D c'est 518 Millions d'euro de budget, 160 doctorants (en 2020), 1800 salariés et 11 petaflops de capacité de calcul.

1.3.2 Mon environnement de travail au sein de la R&D

Je travaille sur le site de EDF lab Paris-saclay qui est situé au coeur du plateau universitaire de saclay. Ses activités et domaines de recherche sont très diversifiés : mécanique vibratoire, génie logiciel, mathématiques et simulation numérique, économie de l'électricité, management des risques industriels, NTIC et architectures de comptage et digitales, traitement des méga-données, relation client et création de nouveaux services...

Je travaille au sein du département Pericles, dans le groupe I2A. Il est spécialisé dans l'architecture informatique.

"En informatique, architecture désigne la structure générale inhérente à un système informatique, l'organisation des différents éléments du système (logiciels et/ou matériels et/ou humains et/ou informations) et des relations entre les éléments. Cette structure fait suite à un ensemble de décisions stratégiques prises durant la conception de tout ou partie du système informatique, par l'exercice d'une discipline technique et industrielle du secteur de l'informatique dénommée elle aussi architecture, et dont le responsable est l'architecte informatique." [2]

Mes collègues sont essentiellement des ingénieurs chercheurs et mon travail consiste à participer aux projets de façons active pendant toutes les phases :

- Caractérisation des besoins.
- Prototypage d'une "Proof of concept".
- Décision des choix architecturaux.
- Développement de la solution.
- Prise en compte du retour client.

Chapitre 2

Mes projets.

2.1 Projet ARDEN

2.1.1 Contexte

Les centrales nucléaires françaises s'appuient sur de multiples systèmes de sécurités pour garantir une exploitation en toute sûreté. L'un des principaux éléments de ce système est l'enceinte du réacteur nucléaire, plus communément appelé BR (Bâtiment Réacteur).

"Le bâtiment réacteur (ou enceinte de confinement) [...] assure le confinement des substances radioactives par rapport à l'environnement extérieur et la protection du réacteur contre les agressions externes. Le bâtiment réacteur abrite la cuve, le circuit primaire, une partie des circuits secondaires [...] De manière schématique, le bâtiment du réacteur est constitué d'un cylindre en béton surmonté d'un dôme en béton (toit du bâtiment) qui forme une enveloppe résistante et à étanchéité spécifiée. [...] Elle est conçue pour résister à la pression atteinte lors des accidents retenus à la conception du réacteur (4 à 5 bars absolus) et pour rester étanche dans ces circonstances. Les parois en béton reposent sur un radier lui-même en béton qui constitue le socle du bâtiment." [3, IRSN]

Les exploitants de tout CNPE mènent régulièrement des essais afin d'assurer une disponibilité maximum de ses organes de sûretés.

Dans ce cadre, lors de chaque Visite décennale des essais sont menés sur le BR. Notamment une épreuve d'étanchéité au cours de laquelle le Bâtiment Réacteur. (BR) est monté en pression à 5bar, soit environ 5 fois la pression atmosphérique ($1 \text{ atm} = 1.013 \text{ bar}$).

Les essais menés sont alors source de nombreuses données essentielles.

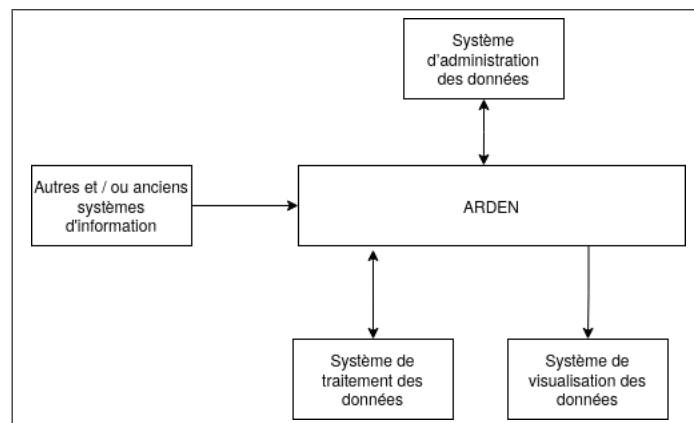
La R&D de Electricité de France. (EDF) a décidé de mener des recherches pouvant prédire le comportement du vieillissement des réacteurs nucléaires. Pour cela une réplique exacte à l'échelle 1/3 a été créée. Grâce à divers procédés physico-chimiques celle-ci vieillit neuf fois plus vite que les bâtiments réacteurs nucléaires du parc français. Ainsi en reproduisant le cycle de vie des vrais Centres nucléaires de production d'électricité. (CNPE) sur ce BR. Les données générées lors des Visites décennales sur cette réplique nous permettent de prédire précisément l'évolution des BR en production.

Lors de ces expérimentations la grande quantité de données générées nécessitent un système d'informations robuste et performant.

Caractérisation du besoin.

Par analogie avec le Carnet de Santé, le système ARDEN a pour objectif d'être le référentiel des informations connues sur les enceintes, organisées dans le temps par la séquence des événements majeurs (construction, mise en service, visites de contrôle, travaux d'inspection, travaux de réparation), puis dans l'espace au moyen d'une partition géométrique du bâtiment en Zones Fonctionnelles.

La modélisation scientifique et la simulation numérique peuvent alors venir aider le médecin à mieux comprendre les mécanismes à l'œuvre (séchage et fluage qui déterminent la dégradation de l'enceinte), puis dans une certaine mesure prévoir l'évolution et proposer des remédiations (prédiction de fuite et analyse des scénarios de recouvrement des complémentaires d'étanchéité).



2.1.2 Choix d'architecture informatique.

Choix de l'interface d'accès au système.

Le système ARDEN sera accessible sous forme d'Interface de programmation d'application. (API) Representational State Transfer. (REST). Ce choix est motivé par le fait que l' API RESTful est un standard de l'industrie permettant de facilement déployer le système sous forme d'architecture microServices. De plus la forme standard des API REST facilite grandement les intégrations avec d'autres systèmes.

Les API REST : L'architecture REST a été créée par l'informaticien Roy Fielding en 2000 dans sa thèse de doctorat Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures . [6] Dans le cas d'une API web RESTful des standards supplémentaires sont appliqués :

- Architecture serveur-client.
- Sans état. (L'API traite chaque requête comme une première demande.)
- Mise en cache. (Les données fréquemment demandées sont mises en cache pour réduire la bande passante.)
- Interface uniforme. (Méthodes de communication post, get, put, delete)
- Possibilité de plusieurs couches.

Communément une interface API REST web implémente au minimum les 4 méthodes http par point d'accès (GET, POST, PUT, DELETE). Une cinquième méthode (PATCH) existe mais est parfois confondue avec PUT dans son utilisation. Leur différence est que PATCH permet de mettre à jour uniquement certains champs d'un objet. Alors que PUT remplace complètement un objet défini par celui envoyé.

Note :

Dans certains cas ne pas donner accès à certaines méthodes HTTP pour certains endpoints peut être un choix délibéré d'architecture afin de limiter les actions d'utilisateurs.

Exemple : Donner uniquement accès à la visualisation des données à certains utilisateurs.

Choix de la technologie de sauvegarde des données.

La sauvegarde des données doit être réalisée dans une Base de données. (BDD) car cette technologie permet de centraliser, sécuriser et simplifier les

transaction de données.

Il existe dans l'industrie actuelle deux standard principaux en terme de BDD :

- BDD relationnelle (SQL ou SGBDR) : Système qui est basée sur un architecture en tables de données.
- BDD non relationnelle (noSQL) : Système qui n'as pas d'architecture prédéfinie, qui est basée sur un système de clé-valeur pour lier les objects entre eux. [5]

Dans le cas du projet ARDEN, le retour d'experience de cette technologie, les avantages d'évolutivité et de disponibilité face à de grands nombres de transaction ont portés notre choix sur une BDD relationnelle.

Dans les bases de données relationnelle de multiples moteurs de BDD existent (Postgresql, MySql, Sqlite3 , Oracle Database ...)

Le choix de moteur de BDD dois être mené en prenant en compte les propriétés Atomicité, cohérence, isolation et durabilité. (ACID) :

- Atomicité : Cela assure qu'une transaction soit effectué de facons totale ou aucunement (si une requête de 500 ligne est performée, mais que une seule ligne pose problème : la totalité de la transaction est abandonnée).
- Cohérence : Toutes les requêtes doivent strictement respecter les règles de la base de donnée pour être performmées.
- Isolation : Chaque transaction doit s'exécuter en isolation totale : si T1 et T2 s'exécutent simultanément, alors chacune doit demeurer indépendante de l'autre.
- durabilité : Assure que les données restes intégrés dans le temps, sans être altérées par des facteurs extérieurs. [4]

Il faut noter que ces propriétés ne sont pas toujours désirées. Selon le besoin l'atomicité peut ne pas être voulue lorsque les requêtes ne sont pas reproductibles et que les données sont cruciale.

Dans notre cas nous avons choisi Postgresql pour le retour d'experience positif, sa grande évolutivité et sa polyvalence en terme d'ACID.

Choix de technologie de langage logiciel.

Concernant le langage informatique danslequel creer le coeur de l'application ARDEN l'orde des possibles étant assez vaste (nodejs, python, java, C++, .NET, Golang ...). Notre choix s'est ortienté grace au retour d'experience (pas de technologies émergentes), de la portabilité du langage

(execution indépendante du système d'exploitation.), de sa communauté et de son évolutivité.

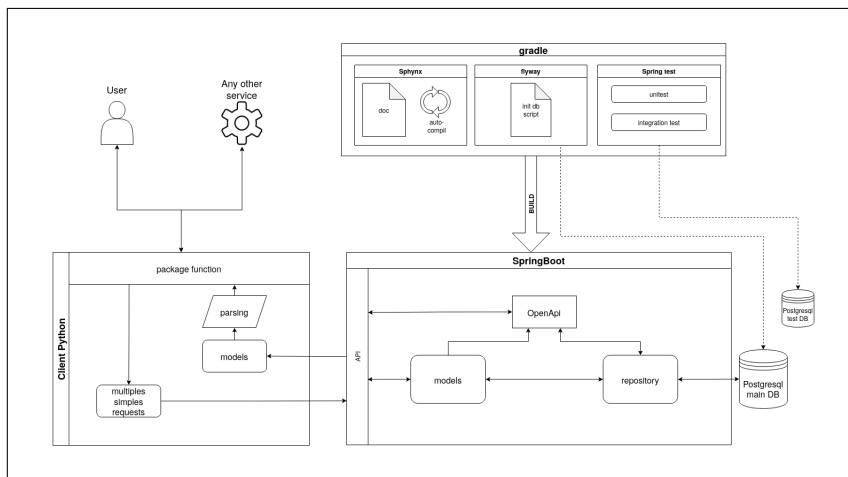
Le java répond à toutes ces spécification : Le Java development kit. (JDK) permet d'assurer une portabilité totale du java. Même si il à beacoup evolué depuis, il date de 1995 et possède une des plus grandes communauté de la sphère informatique. Dernièrement, le java est très évolutif.

Nous avons également fait le choix d'utiliser SpringBoot : Il s'agit d'un framework java facilitant le development de logiciels profesisonels ortienté web. Nous avons également décider d'utiliser Gradle pour faciliter la compilation, le dépoiemet et la gestion des dépendances de notre projet.

Concernant l'injection de scripts SQL au démarrage et la migartion de bases de données : Nous avons choisi d'utiliser Flyway, qui est un outil open-source sans dépendances et sans format ou langage propriétaire.

Nous allons également utiliser un client python sous la forme de paquet pour permettre aux utilisateurs finaux d'appeler l'api de facons simple et sans mauvaises utilisation de la base de donnée.

Le schéma ci-dessous résume l'architecture de ce projet (également disponible en annexe 1) :



Glossaire

ACID Atomicité, cohérence, isolation et durabilité.. 7

API Interface de programmation d'application.. 6

BDD Base de donnée.. 6, 7

BR Batiment Réacteur.. 4, 5

CNPE Centre nucléaire de production d'électricité.. 4, 5

EDF Electricité de france.. 1, 3, 5

JDK Java development kit.. 8

Proof of concept Un prototype simple, non développé pour être mis en production. Mais uniquement pour prouver la faisabilité d'un concept.. 3

REST Representational State Transfer.. 6

Visite décennale Il s'agit d'une période de mise à l'arrêt de la production d'un réacteur nucléaire afin de mener une campagne d'essais de grande ampleur sur tous ses organes. 4, 5

Bibliographie

- [1] Fonctionnement des reacteurs nucléaires. https://www.irsnn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaires/Les-centrales-nucleaires/reacteurs-nucleaires-France/Pages/1-reacteurs-nucleaires-France-Fonctionnement.aspx, Jan 2021.
- [2] Définition de l'architecture informatique. [https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_\(informatique\)](https://fr.wikipedia.org/wiki/Architecture_(informatique)), Jan 2021.
- [3] Les composants d'un réacteur en détail. https://www.irsnn.fr/FR/connaissances/Installations_nucleaireLes-centrales-nucleaires/reacteurs-nucleaires-France/Page3-reacteurs-nucleaires-France-Description-detail.aspx, Jan 2021.
- [4] Propriétés acid. https://fr.wikipedia.org/wiki/Propri%C3%A9t%C3%A9s_ACID, Mars 2022.
- [5] Amal AIT BRAHIM. *Approche dirigée par les modèles pour l'implantation debases de données massives sur des SGBD NoSQL*. PhD thesis, EDMITT - Ecole Doctorale Mathématiques, Informatique etTélécommunications de Toulouse, 2018.
- [6] Roy Thomas Fielding. *Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures*. PhD thesis, UNIVERSITY OF CALIFORNIA,IRVINE, 2000.

Chapitre 3

Annexes.

3.1 Annexe 1.

