

DES MICRO-SERVICES EN GUISE DE STARTER-KIT

Année 2020

MÉMOIRE DE FIN D'ÉTUDES

Présenté par **Emilien GAUTHIER**

Entreprise :

AMILTONE

76 Boulevard du 11 Novembre 1918

Villeurbanne, 69100

Responsable :

Alexandre BUFFY

abuffy@amiltone.com

Remerciements

Je voudrais remercier en premier lieu M. Philipe NEYROUD, responsable qualité chez Amiltone, de m'avoir fait découvrir la société et de m'avoir donné l'opportunité d'y faire mon premier stage, puis ceux qui ont suivi jusqu'à mon alternance.

Je tiens ensuite à remercier M. Damien CORBI, Directeur Général d'Amiltone, ainsi que M. Jérémy MASTNAK, Président de l'entreprise, de m'avoir accueilli avec bienveillance et professionnalisme pendant toutes ces années.

Je veux tout particulièrement exprimer ma gratitude envers mon tuteur, M. Alexandre BUFFY : il m'a guidé, m'a offert la possibilité de travailler sur des projets variés, a toujours su se rendre disponible pour répondre à mes questions. Et il continue aujourd'hui de jouer son rôle de tuteur en m'accompagnant dans mon insertion dans la vie professionnelle.

Enfin, merci à toutes les personnes qui m'ont fait confiance pendant toute la durée de mon alternance, et qui ont participé de près ou de loin à son bon déroulement.

Table des matières

1. Introduction	5
1.1. Présentation du contenu du mémoire	5
1.2. Mon parcours	6
1.3. Argumentation du choix du sujet de mémoire	7
2. Présentation d'Amiltone : une entreprise ambitieuse	8
2.1. Amiltone	8
2.1.1. Chiffres clés	8
2.1.2. La transformation digitale	8
2.1.3. Les Factories	8
2.1.4. L'évolution des process de communication interne	11
2.1.5. Une entreprise tournée vers le bien-être	11
2.2. Bluck Studio	12
2.3. Data New Road	13
2.4. Analyse de l'entreprise	14
2.4.1. Amiltone et ses partenaires	14
2.4.2. Une stratégie régionale bien maîtrisée	14
2.4.3. Une entreprise à la pointe de la technologie	15
2.5. Mon alternance	15
2.5.1. L'équipe sur le projet	16
2.5.2. Utilisation de la méthode Agile	16
2.5.3. Mes missions	18
3. Analyse du contexte : L'innovation au cœur d'AmilApp	19
3.1. AmilApp	19
3.2. Firebase	21
3.3. Un projet basé sur l'innovation technologique	22
3.3.1. Préparé pour le cloud	22
3.3.2. Une vitrine technologique	24
3.4. Analyse personnelle du contexte de stage de fin d'études	24
4. Problématique : Comment mettre en place une solution web réutilisable, modulaire et évolutive ?	26
4.1. Le démarrage d'un projet, une perte de temps ?	26
4.2. Les contraintes de l'architecture monolithique	26
4.3. Les micro-services	27
4.3.1. Définition	27
4.3.2. Pourquoi les choisir ?	28
4.4. Le starter-kit	30

4.4.1.	Définition	30
4.4.2.	Pourquoi en créer un ?	30
5.	Méthodes habituellement utilisées pour démarrer un projet dans les meilleurs délais ...	32
5.1.	Spring Boot	32
5.2.	Hackathon-starter	33
5.3.	Autres solutions	34
6.	Exposé des décisions prises et des interventions dans le cadre du projet AmilApp	36
6.1.	Objectifs et contraintes du projet	36
6.2.	La mise en place de l'architecture	37
6.2.1.	Le choix de l'API Gateway	37
6.2.2.	La communication « interservices »	41
6.2.3.	Le modèle CQRS	44
6.3.	De l'ancien starter-kit aux micro-services	45
6.3.1.	Un nouveau framework : NestJS	45
6.3.2.	La séparation en « packages »	48
6.4.	Le module de connexion	50
7.	Originalité du projet AmilApp	53
7.1.	Une solution modulaire et évolutive	53
7.2.	Des équipes indépendantes	53
7.3.	Une expérimentation continue	54
7.4.	Une architecture complexe à appréhender	54
8.	Analyse de l'approche choisie : une réelle évolution chez AmilApp	55
8.1.	Résultats obtenus	55
8.2.	Analyse du champ d'application de la solution élaborée	56
8.3.	Mise en perspective avec d'autres contextes	56
9.	Réflexion sur le stage et le mémoire : Un cheminement riche en expériences et de multiples perspectives	57
9.1.	Auto-évaluation du travail réalisé	57
9.2.	Bilan des acquis sur les aspects techniques, stratégiques et managériaux	59
9.3.	Perspectives professionnelles en relation avec les compétences acquises	60
10.	Conclusion	62
11.	Webographie	63

1. Introduction

1.1. Présentation du contenu du mémoire

Ce mémoire met fin à mon cursus d'études à SUPINFO International University, et s'appuie sur l'expérience acquise au sein d'Amiltone.

Je présente dans un premier temps mon parcours ainsi que les arguments qui m'ont amené à choisir le sujet de ce mémoire. Ensuite, je présenterai les différentes branches d'Amiltone, leur mode de fonctionnement ainsi que ma place dans cette entreprise.

Je continuerai par la présentation du contexte dans lequel s'est déroulé le développement du projet et ce qui l'a amené à ce qu'il est aujourd'hui. Cela permettra de mettre en lumière le côté innovant de ce projet sur lequel j'ai pu expérimenter de nouvelles pratiques.

Dans une quatrième partie, j'explique la problématique liée au démarrage d'un nouveau projet qui peut être souvent fastidieux. Je définirai alors les différentes notions et concepts nécessaires à la bonne compréhension de ce mémoire. Je montrerai enfin en quoi une architecture dite « micro-services » est la meilleure option pour créer la solution parfaite.

Je présenterai ensuite diverses alternatives potentiellement aptes à répondre à ma problématique. Je montrerai alors l'importance de la « réutilisabilité » dans le monde de l'informatique. Puis j'expliquerai pourquoi ces solutions ne me conviennent finalement pas.

J'exposerai dans une sixième partie, ma contribution au projet AmilApp. Je préciserai dans un premier temps le cadrage du projet et ferai un rappel des contraintes liées à l'architecture micro-services. J'entrerai ensuite dans le détail des difficultés que j'aurai affrontées lors du développement de l'application ainsi que la méthode utilisée pour les résoudre.

Je mettrai ensuite en lumière l'originalité dans l'élaboration de la solution. En effet, la définition même du concept de micro-services est encore très récente et oblige donc les équipes de développement à être très réactives.

Je finirai par deux sections revenant d'une part sur l'analyse de l'approche choisie pour le développement d'AmilApp, ainsi que ses potentielles applications et adaptations à des contextes différents de celui d'Amiltone ; et d'autre part sur ma propre évolution au cours de mon cursus universitaire et des stages que j'ai pu effectuer. J'aborderai pour conclure l'évocation de mes propres perspectives professionnelles au vu de mes compétences actuelles et à venir, et de mes ambitions.

1.2. Mon parcours

Au début de mes années lycée, je me suis découvert un intérêt certain pour les applications mobiles : j'ai alors commencé à développer de petites applications sur calculatrice, ainsi que des petits jeux. Je sais alors que je m'orienterai dans une filière où l'informatique et le numérique tiendront une grande place ! Cela m'a d'ailleurs amené à choisir l'option ISN (Initiation aux Sciences du Numérique) en terminale. Au cours de cette dernière année de lycée, mes recherches sur les différents cursus d'enseignement supérieur dans cette voie me conduisent à choisir et à postuler pour SUPINFO International University. Je suis retenu et après l'obtention de mon Baccalauréat Scientifique en 2015, j'intègre cette école en première année dans la branche IT (Information Technology).

Je réalise ma première expérience en entreprise chez Amiltone dès la fin de ma première année. Je découvre alors pour la première fois les méthodes de travail et de communication en entreprise. Je travaille alors sur Amilnote et AmilCalc. Amilnote est la pierre angulaire de l'entreprise, c'est l'application qui permet au département Ressources Humaines de gérer les rapports d'activités ou les notes de frais des collaborateurs de l'entreprise. Quant à AmilCalc, elle permet aux ingénieurs d'affaires de calculer les différentes marges ainsi que la rentabilité des projets.

À la fin de ma deuxième année d'étude, Amiltone accepte de me reprendre pour un nouveau stage. Je suis alors responsable du développement d'une application qui a pour but d'améliorer la cohésion des collaborateurs d'Amiltone : Babyltone Manager. L'application devra permettre de garder un historique des matchs de babyfoot ainsi que d'avoir des statistiques sur les joueurs d'Amiltone, à la manière d'un jeu vidéo. Je travaille alors avec quatre autres développeurs et termine le développement de ce projet qui sera ensuite présenté au SIDO, le Salon des Objets Connectés, durant lequel il obtiendra d'ailleurs un certain succès !

Je suis ensuite amené à développer une nouvelle brique de Babyltone Manager. Ce fut pour moi un projet très intéressant technologiquement parlant puisqu'il mêlait à la fois traitement d'images et algorithmie complexe. Le projet a lui aussi été présenté au Salon des Objets Connectés remportant également l'adhésion du public. Par la suite, le succès de ce projet a permis à l'entreprise de réaliser un partenariat fructueux avec APRR (Autoroutes Paris-Rhin-Rhône) pour la création d'un programme utilisant également le traitement d'images, et sur lequel je reviendrai dans la présentation de Data New Road.

Je démarre alors mon alternance chez Amiltone au début de ma quatrième année à SUPINFO (Novembre 2018). Après avoir participé au développement de plusieurs applications qui ont permis à l'entreprise de récupérer de nouveaux clients, Amiltone m'a fait confiance et m'a

confié le développement d'AmilApp. L'application a pour but de centraliser les différents communiqués de l'entreprise. Après une première année de développement et une mise en production de la solution, la mise à jour technologique de celle-ci devenait indispensable. C'est alors ce qui m'a conduit tout naturellement à choisir ce sujet de mémoire.

1.3. Argumentation du choix du sujet de mémoire

J'ai décidé pour ce mémoire de me focaliser sur l'aspect technologique d'AmilApp. En effet, avec le projet sur lequel j'ai travaillé, il était tout à fait possible pour moi d'avoir une réflexion sur l'importance et les bienfaits d'une bonne communication interne en entreprise, mais j'ai trouvé plus intéressant le côté innovant que propose le sujet des micro-services. C'est un concept très en vogue dans le monde de l'informatique et les ingénieurs maîtrisant une telle architecture sont de plus en plus demandés. De plus, l'aspect modulable d'un concept en constante évolution oblige un réel changement dans la façon de penser un projet. Cela m'oblige à me challenger et à sortir de ma zone de confort ce qui est somme toute très enthousiasmant !

Selon moi, la réutilisabilité d'un projet implique forcément l'utilisation de bonnes pratiques, ainsi que la production d'un code qualitatif et générique, simple mais efficace. Les développeurs amenés à réutiliser le projet doivent avoir confiance en la solution qu'ils utilisent. Enfin, je trouve satisfaisant la lecture et l'écriture d'un code de qualité.

2. Présentation d'Amiltone : une entreprise ambitieuse

2.1. Amiltone

Amiltone est une société de **services numériques** (ESN) de taille humaine. L'écosystème d'expertise de la **Digital Factory**, que j'expliquerai un peu plus tard, permet à Amiltone d'accompagner ses clients dans leurs problématiques de développement et de compétitivité grâce à une approche globale des systèmes d'information. Combinant la valeur ajoutée, l'innovation et la performance des services fournis, Amiltone propose plusieurs solutions : le conseil, l'intégration de systèmes et le développement de solutions métiers adaptées aux besoins spécifiques de chacun de ses clients.

L'entreprise recrute en permanence mais a à cœur de garder une croissance organique, c'est-à-dire qu'elle grandit sans racheter d'autres entreprises et sans expansion à l'international, pour l'instant. Les dirigeants souhaitent garder une certaine proximité avec leurs employés et c'est pour cela que chaque nouveau collaborateur rencontre le directeur ainsi que le président d'Amiltone.

2.1.1. Chiffres clés

Amiltone a été fondée en 2012 à Lyon, où se trouve actuellement le siège social. L'entreprise comptabilise 270 employés en 2019 et a pour objectif d'atteindre les 300 collaborateurs en 2020. Le chiffre d'affaires de l'entreprise était de 2.7 millions d'euros en 2014 et de 16 millions d'euros en 2019. Aujourd'hui, Amiltone c'est sept agences en France : Lyon, Paris, Niort, Nantes, Bordeaux, Grenoble et Aix-en-Provence. Chacune de ces agences a ses spécificités dans les technologies utilisées, elles sont en général adaptées au mieux à la région. L'entreprise ne souhaite pas se déployer à Paris car c'est un secteur trop concurrentiel.

2.1.2. La transformation digitale

La transformation digitale, gérée chez Amiltone par la Digital Factory que je présente ci-dessous, est devenue un enjeu déterminant pour le secteur du commerce dans son ensemble. Parfois appelée transformation numérique, la transformation digitale désigne le processus qui permet à une entreprise de comprendre et d'incorporer au maximum les technologies digitales dans l'ensemble de ses activités.

2.1.3. Les Factories

Amiltone a créé plusieurs pôles nommés Factory qui se focalisent sur des technologies précises.

◆ *La Digital Factory*

La Digital Factory est le pôle d'expertise qui accompagne les clients d'Amiltone dans leur transformation digitale. L'objectif de cette entité est d'analyser l'entreprise, le fonctionnement et les outils déjà en place chez le client pour proposer une solution adéquate, stable et évolutive permettant de répondre aux besoins et d'anticiper les évolutions et les changements futurs, des grands groupes comme des petites structures pour que leurs systèmes d'information deviennent l'un des moteurs de leur croissance.

◆ *La Mobile Factory*

La Mobile Factory est l'équipe experte en développement d'applications mobiles natives sur **Android et iOS**. Amiltone fait le choix de développer en langage natif. En effet, seule une application développée nativement permet d'obtenir une vitesse d'exécution optimale sur n'importe quel terminal. La réactivité est l'atout majeur du natif sur tous les autres types de développement comme le web embarqué ou le cross-platform.

Le natif permet également d'utiliser l'ensemble des éléments d'interface et d'ergonomie propres au système tout en assurant leur évolutivité. L'utilisateur retrouvera, selon son système, une interface et des usages qu'il maîtrise et qu'il retrouve dans les applications livrées de base avec son smartphone.

À noter que plusieurs fonctionnalités ne sont pour l'instant réalisables qu'avec du code natif et que maintenir une application hybride avec des parties de code natif augmente considérablement la charge de travail.

La maintenabilité de l'application à moyen et long terme est donc plus sûre et plus simple en utilisant le natif, puisque l'évolution conjointe des Software Development Kit (SDK) et du système permet d'utiliser directement l'ensemble des nouveaux éléments.

Le choix des applications cross-platform ajoute également des risques supplémentaires, comme l'arrêt du support de la technologie utilisée, ou un retard de mise à jour par rapport aux dernières versions des systèmes mobiles, ces derniers évoluant très rapidement.

Partir sur du natif permet d'assurer la longévité de l'application et une maintenance simplifiée.

Amiltone estime que le coût initial d'un projet, bien que plus long à développer en phase de conception, rejoint sur le moyen terme avec la maintenance et les évolutions le coût d'un projet cross-platform.

◆ *La Web Factory*

La Web Factory est la pierre angulaire de l'offre globale d'Amiltone. En effet, l'utilisation de technologies dédiées à la création d'un backend d'administration des données permet de connecter toutes les briques d'un système d'information.

Pour chaque nouveau projet, un comité d'experts est chargé d'identifier les technologies Web les plus appropriées. Les réponses aux questions de langages et de base de données permettent de créer une fondation solide basée sur des technologies adaptées et spécifiquement sélectionnées pour leur intérêt sur un sujet spécifique.

En outre, l'expertise de la Web Factory ne se limite pas au développement d'un système qui répond parfaitement à un besoin métier. Son rôle est également de respecter les normes de développement afin d'améliorer le référencement naturel, l'interconnexion simplifiée avec les API ou l'intégration de standards de communication multi-canaux tels que Facebook ou Twitter.

◆ *La Data Factory*

La Data Factory permet de répondre à une problématique commune à de nombreux clients d'Amiltone, quels que soient leur taille et leur champ d'activité : comment gérer leurs données ? Cette question complexe doit être résolue à plusieurs niveaux. Tout d'abord, le but de la Data Factory est de comprendre les activités du client afin de déterminer avec lui les indicateurs pertinents qui lui permettront de contrôler plus facilement son activité. La deuxième étape consiste à extraire des données pour répondre à ce besoin. Très souvent, les données sont stockées à différents emplacements du Service Informatique (SI) et sur différentes technologies (Base de données, email, Excel par exemple). L'étape suivante consiste à consolider ces données dans un Datawarehouse, avec éventuellement l'ajout de Datamart pour différencier plusieurs secteurs, pour permettre leur utilisation simple et rapide dans la dernière étape qui est l'affichage d'indicateurs pertinents et visuellement percutants pour que les décideurs puissent réagir en un coup d'œil.

La Data Factory offre également des services de surveillance de logs serveurs et une surveillance complète d'un flux métier.

Afin d'aller toujours plus loin dans l'analyse des données, la Data Factory est accompagnée par un expert de renommée internationale spécialisé dans l'intégration de briques algorithmiques pour des usages tels que l'analyse prédictive ou le Machine Learning.

◆ *Expertise et qualité*

La qualité logicielle et l'expertise technique étant les principaux axes de la stratégie d'Amiltone, la Digital Factory a mis en place une veille particulière sur des problématiques telles que :

- La maintenabilité du code.
- L'objectif zéro défaut.
- Le contrôle du cycle de vie du logiciel.
- L'amélioration continue.
- L'organisation projet.

Les équipes techniques sont impliquées dans ce processus de veille et scrutent en permanence les outils et techniques de demain afin d'améliorer la qualité des projets et la satisfaction des clients.

Cette veille donne très souvent lieu à une avance technique sur de multiples sujets, connaissances que les équipes d'Amiltone ont coutume de partager avec le reste de la communauté des développeurs, en animant notamment des conférences techniques.

2.1.4. L'évolution des process de communication interne

À mon arrivée chez Amiltone en 2016, l'organisation interne de l'entreprise était celle d'une startup de petite taille. La communication interne n'y était pas particulièrement normée, au vu d'un nombre de collaborateurs restreints et de projets moins nombreux. Avec l'accroissement du nombre de clients (et donc de projets, de missions) et l'évolution induite de l'effectif, l'entreprise s'est petit à petit réorganisée et a mis en place les process de communication interne utilisés aujourd'hui.

Amiltone a su en l'occurrence donner de l'importance aux applications internes et améliorer les différents process sur ces projets. Chacun d'eux est maintenant pris en charge par un chef de projet et un référent technique y est assigné pour traiter les revues de code.

2.1.5. Une entreprise tournée vers le bien-être

Chez Amiltone, les collaborateurs sont appelés les « Amiltoniens ». On peut alors ressentir de leur part un véritable sentiment d'appartenance à l'entreprise. Cela montre finalement qu'une ambiance conviviale et amicale (Amilcale...) règne dans les bureaux d'Amiltone. Cette atmosphère est importante du point de vue de la société puisqu'elle permet de préserver une motivation collective au sein des locaux.

L'entreprise organise régulièrement des événements regroupant tous les Amiltoniens de France. Ils sont l'occasion pour nous de préserver une certaine proximité avec nos collègues en mission chez les clients.

On notera une véritable « culture d'entreprise » avec la possibilité pour les Amiltoniens de récupérer des mugs, tode bags, ou encore des tee-shirts aux couleurs d'Amiltone. De plus, l'entreprise met à disposition un babyfoot : parfait pour le Team-Building. Les locaux de Villeurbanne disposent également d'une salle de musique et d'une salle de sport !

2.2. Bluck Studio

Depuis le début, Amiltone a toujours proposé à ses clients des services et des conseils sur le design et l'ergonomie (Interface Utilisateur, Expérience Utilisateur) sur leurs applications pour améliorer l'expérience utilisateur. L'entreprise s'est rendu compte que cette étape de conception de maquettes devenait de plus en plus importante et a alors décidé d'agrandir l'équipe design et de créer récemment **Bluck Studio**.

Bluck Studio a donc été créé en 2019 et compte actuellement 8 collaborateurs plus un ingénieur d'affaires. Le studio n'est pas une entreprise mais plutôt une branche d'Amiltone comme le sont les différentes Factories. Le studio est divisé en 3 pôles différents, le pôle **UI/UX**, le pôle **Illustration** et le pôle **Communication**.

Le pôle UI/UX : réalise les différentes interfaces web et mobile tout en répondant aux contraintes du client.

Le pôle Illustration : c'est la partie création du studio, il réalise les différents affichages, illustrations ou vidéos d'Amiltone.

Le pôle communication : s'occupe quant à lui de la communication interne d'Amiltone ainsi que de la visibilité de l'entreprise sur les réseaux sociaux. Il gère aussi l'événementiel interne et externe, tel que la préparation de la participation de l'entreprise au SIDO (Salon des objets connectés).

Le studio a été créé dans le but de répondre aux clients qui souhaitaient n'avoir que des maquettes. Mais Bluck Studio reste avant tout le studio design d'Amiltone et collabore sur tous les projets de l'entreprise.

Bluck Studio travaille actuellement avec un client sur une application mobile permettant de commander des recharges de batterie pour les voitures électriques. Le pôle UI/UX travaille sur les différentes contraintes d'accessibilité de la solution.

En parallèle, le studio est en train de concevoir ses propres lignes directrices graphiques pour rendre les applications internes plus cohérentes entre elles. La charte sera amenée à être réutilisée sur les nouveaux projets internes mais aussi rétroactivement sur les plus anciens.

2.3. Data New Road

Data New Road (DNR) est le fruit d'une réflexion entre les entreprises **Amiltone et APRR**, un des plus gros partenaires d'Amiltone, et démarre son activité en 2019 après six mois de travail sur la prévision long terme et la construction des serveurs. L'objectif de DNR est de valoriser les données trafic via des algorithmes de dernière génération afin d'obtenir des prévisions et des analyses apportant une plus-value. L'équipe de développement est localisée dans les locaux d'Amiltone à Villeurbanne, tout proche de l'INSA avec qui a été signé un contrat de recherche.

Data New Road reste encore une petite entreprise avec pour Directeur Général Damien Corbi, quatre Data Scientists qui opèrent sur du traitement d'image, des réseaux de neurones et du Machine Learning, deux développeurs web pour le développement des différents Dashboards et API, un chef de projet et un ingénieur d'affaires. La plupart des collaborateurs de DNR viennent de chez Amiltone et APRR finance et utilise les projets.

♦ *Des projets ambitieux*

Je présente dans cette partie les différents projets sur lesquels travaille l'équipe de Data New Road.

Flow

Un des premiers sujets a été la prévision du trafic routier avec Flow. L'objectif est d'anticiper le niveau de trafic sur les autoroutes sur le long terme, plus d'un an, et le court terme, de quinze minutes jusqu'à une heure par exemple, grâce à dix ans d'historique qu'APRR fournit à Data New Road, afin d'accompagner les gestionnaires et dirigeants publics et privés d'infrastructures routières dans leur processus de décision. Au départ, c'est le laboratoire INSAVALOR, spécialisé dans l'analyse de données, qui a créé l'algorithme pour la prévision à long terme.

APRR utilisait auparavant une application créée par Phoenix ISI, alors seule entreprise sur le marché français dans ce domaine. Flow entre donc en concurrence directe avec l'application proposée par cette entreprise, mais avec un tableau de bord plus complet, plus ergonomique et plus intuitif. Après APRR, Amiltone vise ATMB, un autre de ses clients et partenaires pour l'utilisation de Flow, et souhaite ainsi par une action en chaîne récupérer ce marché.

Safe

Le deuxième projet le plus avancé de Data New Road est Safe, un outil qui va analyser les données des accidents sur les autoroutes, toujours grâce à l'historique d'APRR, pour mettre en avant les sections les plus dangereuses et les plus accidentogènes en fonction de certains critères sélectionnés.

Classif

C'est un algorithme qui va permettre de classer les différents véhicules qui traversent les péages. C'est un projet qu'APRR et Amiltone testent ensemble tout en sachant qu'ils ne sont pas en avance par rapport au marché. Potentiellement, seul APRR utiliserait cette application.

Boards

Boards est l'outil qui analyse les données des différentes zones géographiques d'APRR sur lesquelles il peut y avoir une ou plusieurs autoroutes et qui va permettre de faire des simulations de coût en fonction d'un budget et de dépenses en cas de nouvel appel d'offres.

Ces deux derniers projets sont beaucoup moins avancés que Flow et Safe, ils sont prêts à être utilisés, mais sont encore en attente d'améliorations en partenariat avec APRR.

2.4. Analyse de l'entreprise

2.4.1. Amiltone et ses partenaires

Afin de compléter l'offre proposée à ses clients, Amiltone collabore avec d'autres sociétés de services spécialisées dans des domaines similaires mais dont le fonctionnement diffère sensiblement. Cette stratégie permet ainsi une mise en commun de leurs compétences spécifiques, pour une meilleure approche du marché et le gain d'une clientèle plus étendue. Pour prendre un exemple, l'activité d'Amiltone repose sur 70% d'assistance technique et 30% de projets au forfait ; et une entreprise comme Sword (ESN polyvalente d'envergure internationale) propose elle entre 80% et 90% de projets au forfait. Elles peuvent alors présenter une excellente complémentarité, et gagner des projets clients ensemble. Cette offre devient de fait très intéressante pour les clients eux-mêmes car elle leur permet de couvrir l'ensemble de leurs besoins de façon optimale.

2.4.2. Une stratégie régionale bien maîtrisée

SQLi, Niji, Smile : ce sont toutes des entreprises concurrentes d'Amiltone similaires dans leur fonctionnement. Ce sont elles aussi des sociétés de services. Toutes ces entreprises se sont développées aux niveaux national et international. En effet, la majeure partie de ces sociétés ont une antenne à l'international ce qui leur permet certes de couvrir un plus large réseau de clients qu'Amiltone. Mais dans la région lyonnaise, Amiltone est aujourd'hui l'une des entreprises les plus importantes en nombre de collaborateurs, et surtout en termes de croissance, s'offrant ainsi une place prépondérante dans son domaine. L'entreprise a fait le choix de consolider ses positions sur les villes « occupées » pour ensuite grandir au niveau national, puis, une fois le paysage français bien maîtrisé, s'implanter à l'internationale.

2.4.3. Une entreprise à la pointe de la technologie

Amiltone évolue sur le marché des nouvelles technologies. En effet, en mettant l'accent sur la veille technologique, l'entreprise se met en position d'hyperréactivité. Elle peut alors fournir une rapidité de mise en œuvre parfois supérieure à celle de grosses sociétés certes bien implantées mais dont la lourde structure peut provoquer une certaine inertie. Amiltone compense alors sa « petite taille » par une grande facilité d'exécution. En effet, Amiltone ne propose pas de mission sur de « vieux » langages comme le Cobol ou le WinDev, sauf pour les collaborateurs intéressés bien évidemment. Selon moi, cela permet à l'entreprise d'être focalisée sur ces nouvelles technologies puisqu'elles représentent à priori l'avenir et que potentiellement, les clients se dirigeront vers ces techniques innovantes et prometteuses.

Cependant, il arrive parfois qu'un client ait ponctuellement besoin d'un collaborateur compétent sur des technologies plus anciennes. Dans ce cas présent, et toujours dans le but de donner entière satisfaction au client ; si aucun Amiltorien n'est à même de combler ce besoin particulier, l'entreprise se mettra alors en recherche de nouveaux collaborateurs capables de répondre à ses exigences. C'est d'ailleurs ce qui a permis à Amiltone de connaître la croissance qu'elle a eu. En règle générale, l'entreprise fait en sorte de proposer à ses collaborateurs des missions dont les aspects techniques, organisationnels ou fonctionnels sont intéressants, et dans le cas contraire, il y aura toujours un Amiltorien séduit par ladite mission. Enfin, Amiltone peut proposer à ses clients tout type de consultant, qu'il soit développeur, Data Engineer, chef de projets ou analyste fonctionnel, afin de proposer une assistance la plus complète possible.

Amiltone est une entreprise à l'état d'esprit jeune et entreprenant, dont le cœur de projet reste l'innovation dans les nouvelles technologies, et dans laquelle j'ai pu découvrir et apprendre énormément. En effet, à travers les différents départements de la société évoqués précédemment, j'ai pu expérimenter et utiliser de multiples technologies et langages, tels que Java, C++ ou même CUDA, langage créé par NVIDIA, optimisé pour le calcul sur carte graphique. J'ai la volonté également de m'initier à différents langages mobiles.

2.5. Mon alternance

J'ai débuté mon alternance sur le projet AmilApp chez Amiltone à Villeurbanne en Novembre 2018 après avoir effectué plusieurs stages au sein de l'entreprise depuis le début de mes études.

2.5.1. L'équipe sur le projet

Depuis le début de projet, un grand nombre de collaborateurs ont pu travailler sur AmilApp. Nous avons commencé à trois développeurs, **tous alternants**, chacun sur une plateforme différente : un sur iOS, le système d'exploitation de l'iPhone, un sur Android, celui de Google, et moi-même sur la partie administrateur de l'application, en web, et chacun supervisé par le responsable de chaque factory, pour relire nos « merge requests¹ ».

Une fois la première version d'AmilApp sortie, au bout d'un an, je me suis retrouvé seul sur le projet le temps de développer la partie utilisateur du projet sur le web. Puis, dès le mois de Novembre, l'idée de développer notre propre backend pour remplacer Firebase, que j'explique plus tard, florissait et je commençais alors à développer l'API avec un autre collaborateur. L'équipe s'agrandit assez rapidement puisque beaucoup de nouveaux collaborateurs sont arrivés depuis chez Amiltone, nous sommes sept sur le projet au mois de Juillet 2020 : deux développeurs sur le backend, deux autres sur les fronts utilisateur et administrateur, deux sur l'application Android et un dernier sur l'application iOS.

Dans l'ensemble, la taille de l'équipe varie beaucoup en fonction de la charge de travail à effectuer sur le projet et des missions cliente. En effet, tous les développeurs peuvent être envoyés en **mission** à n'importe quel moment, l'équipe d'AmilApp n'est jamais fixe. De mon point de vue, c'est une situation qui peut être parfois compliquée à gérer surtout que généralement, les personnes qui arrivent sur le projet sont débutantes sur les technologies utilisées. En effet, un autre projet s'est déroulé dans un cadre similaire : AmilNote, l'application de gestion des collaborateurs destinée aux ressources humaines. À cause du grand nombre de développeurs ayant codé sur l'application, celle-ci est devenue difficilement maintenable et elle a été recodée depuis le début. L'une de mes fonctions est de faire en sorte que l'application reste le plus maintenable possible.

2.5.2. Utilisation de la méthode Agile

La méthode Agile est une méthode de travail qui place le client au centre des priorités du projet. À l'origine créée pour les projets de développement web et informatique, elle est aujourd'hui de plus en plus utilisée car elle s'adapte à de nombreux types de projets, tous secteurs confondus.

Au début des années 2000, des experts logiciels se réunissent afin de mettre en commun leur méthode de travail et créent le « **Manifeste Agile** ». Une meilleure implication de la part du

¹ Une « merge request » est une demande de fusion d'un code local, c'est-à-dire pas encore publié, avec le code principal d'un projet. Plusieurs développeurs relisent la merge request et font des retours dessus.

client et une plus grande **réactivité des équipes** face à ses demandes font partie des principes fondamentaux de la méthode Agile. Selon cette méthode, planifier tout un projet à l'avance serait contre-productif, et il est recommandé de se fixer des objectifs à court terme pour être plus réactif aux potentiels aléas qui peuvent survenir. Une fois l'objectif atteint, on passe au suivant jusqu'à l'accomplissement de l'objectif final.

Malgré le fait qu'AmilApp soit un projet interne et qu'il n'y ait pas réellement de client final, l'équipe essaye au maximum de fonctionner en mode Agile. Les « sprints » sont renouvelés toutes les deux semaines afin de permettre une meilleure réactivité aux possibles évolutions et améliorations. Comme AmilApp est un projet interne, il n'y a *a priori* pas de deadline, mais plutôt des objectifs, comme par exemple, faire en sorte que l'application soit présentable à certains salons auxquels Amiltone a participé.

Plusieurs fois dans l'histoire du projet, de nouvelles évolutions conséquentes ont été demandées, comme de nouvelles pages sur le site web ou de nouveaux écrans sur les applications mobiles. Pour chacune d'entre elles, l'équipe a organisé plusieurs réunions avec le chef de projet, les collaborateurs qui se sont occupés des maquettes et les développeurs. Cela nous a permis de discuter autour de ces nouvelles maquettes, de leur faisabilité, leur ergonomie, et parfois même des fonctionnalités qui pouvaient manquer de cohérence par rapport à l'objectif voulu.

D'autres réunions ont été organisées pour que les développeurs puissent estimer les nouvelles tâches. Étant sur le projet depuis le début, j'ai la charge de créer les différents tickets du projet web sur le tableau Jira.

De temps en temps, trop peu à mon avis, des revues de sprint sont organisées avec le « product owner² », qui n'est autre que mon maître de stage Alexandre Buffy, pour lui présenter les avancées du projet. Mais effectivement, ces réunions sont surtout organisées lorsqu'il y a de grosses avancées sur le projet.

Le chef de projet permet ici d'harmoniser la communication entre les différentes équipes de développement ainsi que l'équipe en charge des maquettes et le « product owner ». Cependant, l'équipe utilise beaucoup l'outil de communication professionnel Teams, créé par Microsoft, ce qui simplifie grandement la communication globale sur le projet.

² Le « product owner » fait la passerelle entre le client et les équipes de développeurs. Il permet de centraliser les demandes clients et les retours développeurs.

2.5.3. Mes missions

Comme dit précédemment, ma mission sur le projet AmilApp a consisté dans un premier temps au développement de l'application web.

Une fois la première version d'AmilApp déployée, j'ai commencé le développement du front utilisateur web. J'étais alors seul sur le projet et j'ai pu prendre la décision de repartir de zéro afin de mettre à jour les différentes versions des paquets utilisés sur le projet. Effectivement, il m'a paru plus simple de prendre cette option plutôt que de continuer sur l'existant. Il était devenu plus simple de recommencer le projet « from scratch », c'est-à-dire depuis le début, pour le mettre à jour technologiquement parlant.

J'ai alors pu expérimenter certaines actions sur le projet pour essayer de le rendre le plus propre et le plus générique possible, c'est-à-dire que plusieurs fonctionnalités utilisent le même code, les mêmes fonctions, les mêmes classes, indépendamment du type de données. Depuis plus d'un an maintenant, ce code est toujours utilisé et une fois maîtrisé par les nouveaux collaborateurs, permet d'ajouter de nouvelles pages web similaires aux précédentes très rapidement et avec un minimum de code.

J'ai ensuite pris la décision de reprendre le code de la partie administrateur pour l'intégrer complètement à la partie front utilisateur afin d'être cohérent sur les projets et surtout ne pas avoir à déployer deux projets web différents pour une même application. L'intégration s'est fait rapidement grâce au code générique que j'ai évoqué plus haut.

Le front utilisateur maintenant déployé, grâce à mon expérience acquise sur le projet, j'ai pu exprimer mon ressenti par rapport à Firebase ainsi que mon envie de nous en séparer à mon chef de projet. La décision est alors prise de nous détacher complètement de Firebase et de créer notre propre API.

Étant à ce jour celui dont l'expérience est la plus ancienne sur le projet, j'ai maintenant la responsabilité de relire et de valider, ou non, le code Angular de mes collègues sur le projet AmilApp. En général, chaque personne de l'équipe peut choisir le ticket, la fonctionnalité sur laquelle il veut travailler, mais régulièrement, mes collègues viennent me demander ce qu'ils peuvent commencer lorsque les tâches sont plus ardues. Dans ce cas-là, je n'hésite pas à vérifier que tout se déroule bien pour eux et leur fournis éventuellement l'aide nécessaire afin qu'ils aient la meilleure compréhension possible du code.

3. Analyse du contexte : L'innovation au cœur d'AmilApp

3.1. AmilApp

Dans ce chapitre, je vais présenter le projet sur lequel je travaille depuis bientôt deux ans. Ne partant pas en mission chez les clients (en tant qu'alternant, je suis effectivement en cours trois journées par semaine durant toute l'année scolaire), je suis donc le seul développeur à être resté sur le projet depuis le début et les nouveaux arrivants sur le projet sont, soit de nouveaux Amiltoniens³ qui vont se former aux technologies utilisées sur l'application, soit des Amiltoniens en intercontrat.

La bonne entente ainsi que la bonne ambiance étant des valeurs fortes d'Amiltone, l'entreprise se doit d'avoir un moyen pratique de communiquer avec ses collaborateurs. AmilApp permet au département communication d'Amiltone de partager différentes informations avec les collaborateurs. L'application est divisée en plusieurs parties : les News (actualités), les Événements, les Sondages et les Alertes. L'avantage de cette application est de pouvoir centraliser toutes les informations en lien avec Amiltone et permet de rendre les différents posts publiés sur l'application, habituellement communiqués via Teams ou par courriel, plus visibles pour tous les collaborateurs d'Amiltone. Ceux-ci sont censés pouvoir se connecter avec le compte qu'ils utilisent en entreprise.

Après un développement de plus d'un an, AmilApp sort sur iOS, Android et web en version 1.0. Le site web reprend les fonctionnalités des applications mobiles. En plus de celles-ci, AmilApp dispose d'un backoffice administrateur pour pouvoir ajouter du contenu sur l'application. Pendant toute cette année de développement, j'étais en charge des parties backoffice administrateur et site web, codées en Angular 8. AmilApp ne dispose pas de backend à proprement parler puisque nous utilisons la solution cloud de Google, Firebase. J'expliquerai un peu plus tard pourquoi nous l'avons choisie ainsi que ces avantages et inconvénients.

Je vais présenter ci-dessous les fonctionnalités principales d'AmilApp.

◆ Les News

Les News, ou Actualités, permettent d'informer les utilisateurs des dernières nouvelles chez Amiltone ou d'informations en lien avec les nouvelles technologies. Actuellement, une News peut afficher une image de présentation, des pièces jointes au format PDF et peut être reliée à un sondage ou à un événement. Plus tard, il sera possible d'y ajouter une galerie d'images, de cibler les personnes qui recevront la News, et même la possibilité de « liker » celle-ci. À la

³ Un Amiltonien désigne un collaborateur d'Amiltone.

publication d'une News, les collaborateurs d'Amiltone ayant téléchargé l'application reçoivent une notification sur leur téléphone.

◆ *Les Événements*

C'est dans la partie Événement qu'Amiltone communique sur les soirées d'agence, sorties ski, ou, plus local, les sessions sportives ou cinéma. Les administrateurs ont la possibilité de sélectionner une liste d'invités qui recevront une notification sur leur téléphone. Que ce soit l'application mobile ou le site web, les collaborateurs ont la possibilité d'indiquer leur présence ou non, tant que la date limite de réponse n'est pas dépassée.

◆ *Les Sondages*

Les Sondages permettent à la Communication de l'entreprise de poser des questions aux collaborateurs pour ensuite avoir accès à des statistiques. Un sondage peut être de type ouvert, les utilisateurs répondent avec leurs propres mots ce qu'ils veulent ; de type multiple, les utilisateurs doivent choisir une ou plusieurs réponses prédéfinies ; ou de type date, les utilisateurs ont la possibilité de sélectionner une ou plusieurs dates prédéfinies, encore une fois. Les administrateurs ont la possibilité de cibler le sondage en sélectionnant une liste de personnes, ou d'agence, qui pourront participer à celui-ci.

◆ *Les Alertes*

Les Alertes permettent de lancer des rappels aux collaborateurs. Les administrateurs doivent sélectionner une liste de personnes qui la recevront.

◆ *Les améliorations futures*

Beaucoup d'améliorations sont encore prévues pour AmilApp. L'objectif est de rendre l'application plus attrayante pour donner envie aux collaborateurs d'Amiltone d'utiliser l'application. On peut alors imaginer une « gamification » de l'application, c'est-à-dire ajouter un système de récompense pour les utilisateurs qui utilisent souvent l'application par exemple. Amiltone a toujours eu des « goodies » à proposer à ses collaborateurs et l'application permettrait de donner une meilleure visibilité aux objets avec une boutique où les utilisateurs pourraient dépenser leurs points gagnés.

Une autre amélioration importante à venir : la fonction Activités. Le but est de permettre aux collaborateurs de proposer des activités à leurs collègues tout en mettant en avant les rencontres entre collaborateurs d'Amiltone quel que soit leur service d'appartenance. En effet, les activités telles que les sorties sport ou les afterworks par exemple sont souvent organisées sur Teams⁴ et les collaborateurs savent de fait qui sera présent ou non. Sur les Activités

⁴ Service de messagerie interne créé par Microsoft, utilisé dans l'entreprise.

d'AmilApp, la liste des participants sera anonyme (sauf pour l'organisateur bien sûr). Le but étant d'inciter les Amiltoniens à se rencontrer, se réunir, se croiser dans un contexte autre celui de leur lieu de travail.

D'autres améliorations sont en attentes comme la possibilité pour les collaborateurs d'Amiltone de remplir leur rapport d'activité mensuel, ainsi qu'une refonte complète du design de la partie administrateur du site web.

3.2. Firebase

Firebase est une solution proposée par Google qui permet la création de backend simplement et rapidement, le tout scalable et performant. Il permet aussi de gérer le stockage de fichiers dans le cloud et prend en charge la gestion de comptes utilisateurs.

Firestore est le service qui sert de base de données pour AmilApp et propose une actualisation des données en temps réel. Il est basé sur du NoSQL et ressemble beaucoup à MongoDB.

♦ *Pourquoi l'avoir choisie ?*

AmilApp n'était pas le premier projet à utiliser Firebase chez Amiltone. AmilCar, une petite application permettant la gestion du parc automobile d'Amiltone, a été le premier essai avec Firebase et a été développé en une semaine. Firebase a donc été choisie pour gagner du temps. En effet, au début de ce projet particulier, nous n'étions que trois développeurs en alternance à travailler dessus, mais aucun d'entre nous n'était présent simultanément dans l'entreprise, en raison de nos conditions d'alternance différentes. S'il avait fallu développer le backend, le projet aurait été beaucoup plus long à mettre en place, car nous ne comptabilisions à nous trois que 26 jours de travail par mois (au lieu des 60 dont auraient disposé trois temps pleins). La solution Firebase nous a permis de compenser avantageusement ce paramètre.

♦ *Avantages et inconvénients de Firebase*

Firebase permet la mise en place d'un backend très rapidement et prend en charge l'authentification, qui est une part souvent redondante et lourde à développer dans n'importe quelle application. De plus, l'utilisation de Firestore est assez simple et la documentation sur internet est plutôt bien faite.

Mais bien que Firebase soit très pratique pour une petite application, la solution proposée par Google ne semble pas assez mature lorsqu'il s'agit d'avoir des interactions plus complexes avec Firestore. En effet, AmilApp exige de récupérer certaines données avec des tris assez précis, et avec une API normale, lorsque l'on fait une requête, les données reçues sont déjà ordonnées comme on le souhaite. Or, en utilisant Firebase, certaines opérations, pourtant assez basiques dans un langage comme le SQL ou le NoSQL, n'existent tout simplement pas

sur Firestore. J'ai donc été obligé de lancer plusieurs requêtes en même temps avec des tris différents pour avoir accès aux données que je souhaitais recevoir précisément. Le code s'en retrouve beaucoup plus complexe dès lors que l'on souhaite intégrer l'actualisation des données en temps réel ou le « lazy-loading », pratique qui consiste à attendre une action de l'utilisateur pour charger des données et qui permet de grandement accélérer le chargement d'une application.

De plus, la possibilité pour les utilisateurs de se connecter avec leurs identifiants habituels a été comprise à cause de la complexité du développement qu'elle implique. Celle-ci a donc été repoussée et c'est l'authentification intégrée de Firebase qui a été utilisée.

Enfin, la gestion du cache serveur de Firebase ne fonctionne correctement seulement si l'application est hébergée sur leur cloud, ce qui n'est pas le cas d'AmilApp. J'ai donc dû gérer moi-même le cache côté navigateur, mais certains bogues persistent à cause du lazy-loading, des requêtes envoyées simultanément pour récupérer les données correctement et l'actualisation des données en temps réel.

Au vu des inconvénients non négligeables qu'implique Firebase, nous avons pris la décision de nous séparer du service pour créer notre propre API.

3.3. Un projet basé sur l'innovation technologique

Avec AmilApp, il a été possible pour AmilTone et les équipes de développement de tester et d'expérimenter les dernières innovations informatiques sur le marché, afin que chacun puisse avoir son propre avis sur celles-ci.

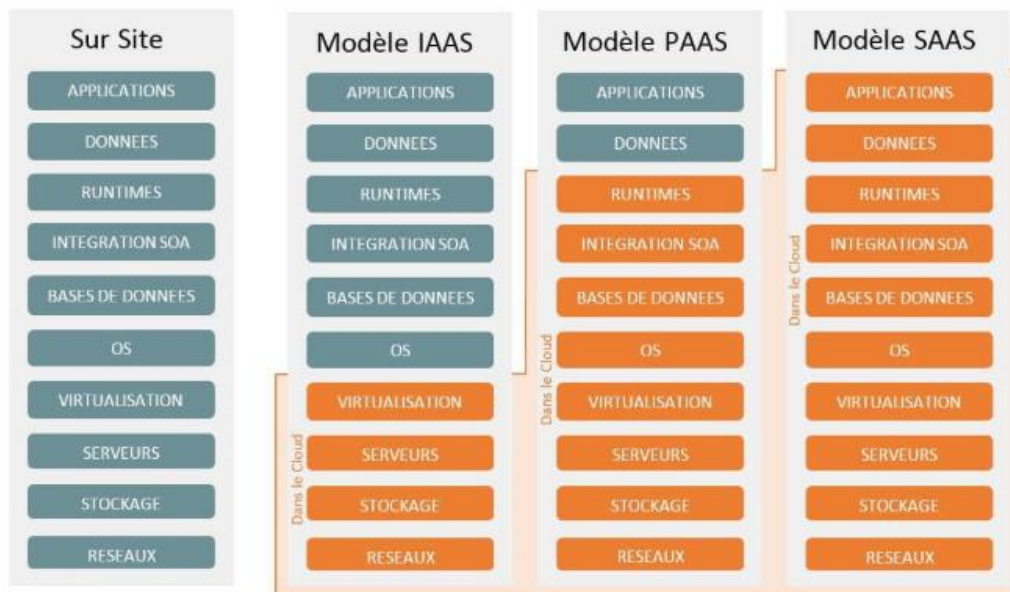
3.3.1. Préparé pour le cloud

En informatique, le « Cloud », nuage en français, ou « Cloud Computing » désigne la mise à disposition de services ou de ressources accessible via les différents réseaux de communication. Les services cloud les plus connus sont ceux de Google avec Google Drive, Microsoft avec OneDrive ou encore Apple avec iCloud. Ces services servent surtout aux particuliers pour stocker leurs documents. Mais le cloud ne sert pas seulement à cela, il peut aussi permettre l'utilisation de logiciel directement depuis le navigateur internet par exemple, sans installation requise. Prenons un exemple : Shadow⁵. Lorsque l'on souhaite jouer à un jeu vidéo sur ordinateur, il faut acheter tout le matériel : processeur, carte graphique, barrettes de mémoire vive, espace de stockage, alimentation, etc. Le tout coûte plus ou moins cher en fonction de la configuration choisie et a une durée de vie limitée, ou devient obsolète à cause

⁵ 11 août 2020 : <https://shadow.tech/frfr>

des évolutions technologiques en termes de graphismes. Shadow propose de louer un ordinateur à travers le cloud, avec une configuration minimum suffisamment puissante pour pouvoir jouer tranquillement, le tout directement accessible depuis n'importe quel navigateur web et même depuis un smartphone, en utilisant le cloud. Les configurations disponibles sont mises à jour à chaque nouveauté technologique, l'obsolescence est maîtrisée. Dans ce cas-là, le cloud permet de nous séparer des contraintes matérielles que sont les équipements informatiques, souvent onéreux.

Il existe plusieurs modèles de cloud, les trois principaux sont **SaaS**, **PaaS** et **IaaS**.



Annexe 1

Le **SaaS** (Software as a Service) désigne l'utilisation d'un logiciel comme d'un service. Pas besoin d'installer le logiciel sur l'ordinateur pour l'utiliser, il suffit en général de passer via un navigateur web.

Le **PaaS** : Platform as a Service, désigne l'utilisation d'une plateforme, c'est-à-dire d'une machine avec un système d'exploitation, le tout prêt à être utilisé. L'exemple du Shadow ci-dessus utilise le modèle **PaaS**.

Le **IaaS** pour Infrastructure as a Service, désigne l'utilisation d'une infrastructure comme d'un service, c'est-à-dire qu'il n'est pas nécessaire d'acheter le matériel pour installer l'infrastructure. Il suffit d'installer les serveurs que l'on souhaite utiliser et c'est l'utilisateur qui gère les systèmes d'exploitation installés dessus. L'avantage est qu'il n'est pas nécessaire d'avoir un emplacement pour placer le matériel.

3.3.2. Une vitrine technologique

À leur arrivée sur le projet, les développeurs d'AmilApp sont généralement débutants dans les technologies et concepts utilisés pour ce programme précis, comme ce fut d'ailleurs le cas pour Firebase à l'époque, et comme ça l'est aujourd'hui pour le nouveau backend. L'équipe a alors dû faire beaucoup de **recherches**, de **mise en commun des connaissances** acquises, **d'expérimentation** avant de pouvoir proposer des solutions qualitatives pour répondre au cahier des charges du projet.

AmilApp est un projet qui a pour but de pousser l'expérimentation des nouvelles technologies à son plus haut niveau. En effet, en plus de sa vocation première de facilitateur de communication interne, l'application est devenue l'une des vitrines technologiques de la société. Toutes les idées, toutes les inspirations techniques des équipes sont intégrées à AmilApp jusqu'à leur version optimale, et ensuite, en quelque sorte « versées au catalogue », AmilApp étant le catalogue. L'application permet ainsi de proposer aux clients potentiels l'un de ces catalogues du savoir-faire technologique de l'entreprise, dans lequel ils pourront puiser leurs propres besoins.

3.4. Analyse personnelle du contexte de stage de fin d'études

Le sujet choisi a pour cadre AmilApp, un projet important du point de vue d'AmilTone car il représente la vitrine technologique de l'entreprise sur les technologies du web. L'une des caractéristiques de ce projet est que n'étant pour le moment pas destiné à la clientèle, il n'a pas de deadline définie.

Le nouveau backend d'AmilApp est un projet complexe sur le plan technologique car il demande aux développeurs de nouvelles compétences encore inexplorées sur un projet interne chez AmilTone. J'ai, pour ma part, pu être assez autonome sur le projet et j'ai pu apprendre de nouveaux concepts novateurs et passionnants. Je me suis beaucoup investi dans la qualité de code pour cette application, et la confiance que m'a donnée le chef de projet en charge d'AmilApp en me déléguant la responsabilité de la revue de code sur ce projet m'a incité à être le plus précis possible. Ayant participé à ce projet depuis son origine, j'ai essayé de garder une certaine rigueur et de faire en sorte qu'elle soit partagée par mes collègues se formant à leur tour sur ce dernier.

Travailler dans une équipe comme celle d'AmilApp, une équipe qui évolue tout le temps, a été très enrichissant car j'ai pu « former » de nouvelles personnes sur des technologies qui me passionnent et j'ai pu leur transmettre mon enthousiasme pour le projet, ce qui s'est ressenti lors des brainstormings où tout le monde proposait de nouvelles idées pour améliorer l'application.

Au vu du nombre de technologies qu'utilise AmilApp, ce fut pour moi la possibilité d'acquérir ou de progresser sur de nouvelles compétences comme Docker, Firebase ou les micro-services. Comme je formais les nouveaux développeurs sur le projet, je pense avoir non seulement progressé sur les plans technique et relationnel, mais surtout sur le plan pédagogique.

L'utilisation des dernières technologies et concept en vogue sur le marché de l'informatique a été pour moi une source de motivation car la plupart du temps, elles sont un gage de qualité pour un projet et c'est sans conteste le centre de l'intérêt que je porte au développement informatique.

4. Problématique : Comment mettre en place une solution web réutilisable, modulaire et évolutive ?

4.1. Le démarrage d'un projet, une perte de temps ?

Il n'est pas rare de retrouver les mêmes fonctionnalités sur différentes applications, telles que l'authentification, la gestion d'envoi de mails, la gestion des utilisateurs ou encore, plus technique, les services (classes contenant des fonctions souvent utilisées dans un projet) qui permettent la connexion à la base de données. Le code derrière ces fonctionnalités est souvent générique et similaire entre les projets utilisant les mêmes types de stockage de données. Pour les développeurs, tout ce code est long à produire et on le retrouve finalement dans presque toutes les applications qui utilisent les mêmes langages. Et comme nous le savons tous, un bon développeur est un développeur « paresseux », son objectif est de réécrire le moins de code possible. Il doit donc produire un code plus générique, plus factorisé.

L'architecture micro-services serait alors une bonne solution et permettrait d'éviter cette redondance de code. En effet, une fois un micro-service développé, il est très simple et très rapide de le réutiliser dans un nouveau projet. Certes, la complexité d'un projet micro-services augmente mais une fois terminée, la solution devient très pratique et réutilisable à l'infini !

4.2. Les contraintes de l'architecture monolithique

L'architecture monolithique représente la façon dont sont associées les différentes fonctionnalités d'une application. En effet, dans cette architecture, les services et composants sont interconnectés et interdépendants. Ils communiquent en général en appelant directement les classes et les fonctions des services dont ils ont besoin. De cette manière, tous les composants doivent être présents et fonctionnels pour permettre l'exécution ou la compilation du code, ils forment un tout. De fait, lors de la modification d'une classe ou d'une fonction, il est tout à fait possible qu'une autre section du code utilisant cette classe ne fonctionne plus correctement, et donc cela implique de retester toute l'application.

Avec le temps, les applications deviennent de plus en plus complexes au fur et à mesure que de nouvelles fonctionnalités sont ajoutées aux existantes. Avec cette complexité arrivent plusieurs désavantages :

- Il devient plus difficile de faire évoluer le projet proprement. Chaque évolution apportant son lot de nouvelles interactions avec le code existant, même avec des tests de code solides, le projet devient de moins en moins lisible et maintenable.
- Le projet perd en fiabilité à cause des potentiels « fix » qui rendent les fonctionnalités assez instables.

- Lors de l'ajout d'une nouvelle fonctionnalité, il se peut qu'il soit plus pratique de changer une partie de la structure du projet. Mais plus le projet est conséquent, plus il est difficile de changer cette structure sans risquer de casser d'anciennes fonctionnalités.
- Une application est souvent déployée sur un seul serveur. Il devient alors tout de suite de rendre un tel projet scalable horizontalement. La seule solution est de rajouter plus de puissance sur le serveur mais celle-ci a bien évidemment ses limites technologiques.

4.3. Les micro-services

Le but de cette partie est de faire un tour des différentes définitions et structurations de l'architecture micro-services.

4.3.1. Définition

Le but des micro-services est de diviser un gros projet en plusieurs petits projets, que l'on appelle **micro-services**. Voici une définition simple : « *les micro-services sont des petits services autonomes qui travaillent ensemble* »⁶ (traduction libre de l'anglais). Elle permet, sans être trop technique, de mettre en avant les deux principes fondateurs des micro-services :

- L'existence de services : c'est-à-dire de modules dont les finalités sont différentes. Un service peut travailler avec un autre service, mais chacun aura son propre objectif.
- Les services sont petits. De manière générale, un micro-service a une seule fonction⁷.

Voici les principes fondamentaux des micro-services :

- Un service n'est responsable de l'exécution que d'un nombre restreint de tâches, axées sur une seule fonctionnalité technique ou métier. La gestion d'un panier d'utilisateur d'un site de vente en ligne en serait un bon exemple.
- Un service est complètement autonome et possède son propre système d'exploitation et ses propres données.
- Un service est développé avec les technologies (langage et base de données) qui répondent le mieux au besoin.
- En général, les micro-services sont des API REST (Application Programming Interface Representational State Transfer) et utilisent le protocole HTTP.

⁶ 18 juillet 2020 : <https://www.oreilly.com/library/view/building-microservices/9781491950340/ch01.html>

⁷ Fonction à prendre au sens général du terme. Un micro-service ne contient pas une seule méthode dans le code.

4.3.2. Pourquoi les choisir ?

Aujourd'hui, le « Cloud Computing » est devenu un standard dans l'utilisation de nos applications ainsi que dans leur développement. Celles-ci doivent être disponibles pour tous les utilisateurs à tout moment et depuis n'importe où. Pour une grosse application, choisir le cloud c'est permettre de l'adapter rapidement en fonction de l'utilisation qu'en font les utilisateurs et c'est aussi permettre aux équipes de développement de se focaliser sur le produit final. Ne pas l'utiliser, c'est devoir prendre le temps de concevoir une architecture serveur robuste, mais c'est aussi prendre le risque de voir augmenter les factures du matériel informatique, qui peut potentiellement ne pas être amorti en fonction des utilisateurs encore une fois.

Pour utiliser le cloud, il vaut mieux s'y préparer en développant directement des projets adaptés au cloud computing. C'est ici que les micro-services deviennent intéressants.

Une fois déployés, les micro-services permettent à une application d'être plus scalable, c'est-à-dire qui s'adapte d'un point de vue dimensionnel, tant vers des tailles inférieures que vers des tailles supérieures, en fonction des pics d'utilisation de celle-ci, et d'être plus tolérante à la panne.

Mais les micro-services permettent aussi aux entreprises d'optimiser les ressources consacrées au développement des applications. En effet, utiliser ce type d'architecture permet de diviser une grosse équipe en plusieurs équipes de tailles réduites, qui se consacrent seulement à un seul service, indépendamment les unes des autres, et est plus adapté au fonctionnement en mode agile. « *Les organisations qui conçoivent des systèmes [...] tendent inévitablement à produire des designs qui sont des copies de la structure de communication de leur organisation* » (Loi de Conway), autrement dit, l'organisation des équipes découpées en sous-équipes indépendantes représente l'architecture globale de l'application, l'architecture micro-services. Comme chaque service est indépendant, chaque équipe peut prendre les décisions les plus adaptées et optimisées pour répondre au cahier des charges imposé. Enfin, la taille relativement petite de chaque service leur permet d'être réécrits aisément avec des technologies plus récentes et plus pertinentes : la complexité globale du projet s'en retrouve réduite.

Contrairement à l'architecture monolithique, les micro-services sont optimisés pour la mise à l'échelle horizontale, c'est-à-dire que lorsque les capacités de la machine qui héberge l'application sont trop limitées pour supporter le nombre de requêtes utilisateurs, l'application est facilement déployable sur plusieurs serveurs distincts de façon à réduire la charge de travail entre eux. Et, contrairement à la mise à l'échelle verticale, l'application reste toujours

disponible pendant l'ajout de ressources supplémentaires : si un des serveurs tombe en panne, l'application reste disponible.

Globalement, le projet devient plus facile à appréhender pour les développeurs puisqu'ils ont la possibilité de se focaliser sur une seule fonctionnalité. Chaque service est donc plus léger en termes de code et est donc plus rapidement testable, contrairement à une application monolithique où le temps de compilation est souvent très long. De plus, étant donné leur indépendance les uns vis-à-vis des autres, les équipes en charge n'ont pas besoin de coordonner le déploiement des modifications spécifiques à chacun de leur service. Le déploiement continu devient donc possible là où il ne l'est pas avec une architecture monolithique.

Malgré des avantages indéniables, l'architecture micro-services n'est pas à la portée de toutes les entreprises. Elle implique de lourds changements au niveau de l'organisation des équipes d'un projet et une entreprise de petite taille, ou un projet avec une équipe déjà réduite, aura plus de mal à diviser ses équipes. Celles-ci devront apprendre de nouvelles pratiques de communication, voir opérer un changement de culture dans le cas où la méthode Agile n'était pas du tout appliquée.

Étant encore une architecture récente et évoluant très rapidement, les développeurs devront faire une veille technologique plus régulière et plus importante que pour une architecture monolithique. Les micro-services restent complexes à mettre en œuvre et demandent aux développeurs de nouvelles connaissances, de nouvelles bonnes pratiques. Elle est donc plus coûteuse en temps et en conception.

Enfin, tous les projets n'ont pas l'utilité d'être développés en micro-services. Par exemple, une application CRUD (Create, Read, Update, Delete, autrement dit, une application de gestion de données) spécifique à un seul type de données n'aura pas besoin de ce type d'architecture et pourra largement se contenter d'une architecture monolithique qui sera beaucoup plus simple et rapide à mettre en place.

Netflix, application dont la popularité n'est plus à prouver, a décidé en 2008 d'utiliser les Amazon Web Service, solution cloud d'Amazon, et a dû adapter son architecture pour mieux correspondre au cloud. Ce sont ces deux décisions qui ont façonné le succès de l'entreprise aujourd'hui. Celle-ci est même devenue un acteur majeur dans la définition des micro-services et des bonnes pratiques à mettre en place.

Au vu du côté « jeune », innovant de l'entreprise, nous avons donc décidé de partir sur une architecture micro-services pour le backend d'AmilApp. En modifiant l'architecture du projet, AmilApp devient une application cloud-native, c'est-à-dire une application utilisant des services indépendant et faiblement couplé, ce que sont les micro-services, et donc prête pour être

intégrée dans un cloud. Amiltone a choisi d'utiliser cette architecture pour son application afin de pouvoir potentiellement déployer la solution pour d'autres clients en mode édition logicielle Saas, Software as a Service. En effet, tous les clients n'ont pas les mêmes besoins, et peuvent n'être intéressés que par une partie et non pas l'intégralité des fonctionnalités offertes par AmilApp. Enfin, l'utilisation des micro-services permettra la création de services réutilisables sur d'autres projets internes tels que l'authentification.

4.4. Le starter-kit

4.4.1. Définition

« *En traitement de texte, un boilerplate est un segment de texte mis en mémoire pour être fréquemment utilisé et pouvant être combiné avec d'autres textes pour créer un nouveau document* »⁸, voici la définition d'un « boilerplate ». Un starter-kit n'est pas un boilerplate, mais s'en rapproche beaucoup. Le principe d'un starter-kit est de créer du code qui sera réutilisable ou facilement intégrable dans n'importe quelle application. Le starter-kit contient des fonctionnalités de base d'un projet, souvent communes à énormément d'applications, comme par exemple l'authentification des utilisateurs, la gestion de mails, ou encore la gestion de la connexion à la base de données. Un starter-kit n'est pas propre à un seul langage et peut être créé pour n'importe quelle technologie, avec n'importe quelles fonctionnalités, le but étant d'éviter aux développeurs de passer du temps sur du code déjà existant sur d'autres applications.

Chez Amiltone, la Web Factory a créé un starter-kit qui englobe déjà énormément de fonctionnalités de base, actuellement utilisées sur tous les projets internes nécessitant d'une API. L'objectif est d'éviter de repartir de zéro à chaque nouveau projet.

4.4.2. Pourquoi en créer un ?

Le démarrage d'un projet est souvent une étape longue et fastidieuse. Plus le projet est conséquent, plus il devient difficile pour les développeurs de savoir quelle direction prendre pour le début de celui-ci. De plus, avant d'intégrer les fonctionnalités principales d'un projet, il faut souvent d'abord développer des classes et des services essentiels au bon fonctionnement des fonctionnalités précédentes, et souvent amenés à être utilisés de partout dans le code.

De nos jours, l'objectif des entreprises est d'être le plus productif possible afin de faire plus de profits. La création d'un starter-kit peut alors être une idée intéressante. En effet, une fois créé, un starter-kit peut servir de base pour un projet et permet aux développeurs d'éviter d'écrire

⁸ 8 août 2020 : <http://dircomleblog.canalblog.com/archives/2011/07/29/21695781.html>

les classes et services évoqués précédemment. Le gain de temps sera alors non négligeable et les équipes pourront se focaliser sur la conception des fonctionnalités principales d'un projet, souvent plus intéressantes.

Avec les starter-kits, le code est écrit une seule et unique fois, puis les équipes y intègrent leurs fonctionnalités. Cela permet de réduire le nombre d'erreurs potentielles liées aux mégarde des développeurs dans le cas où ils n'en utilisent pas. De plus, le code d'un starter-kit est en général déjà testé et fonctionnel. Il ne sera donc pas la peine de le valider de nouveau.

Les starter-kit sont très souvent utilisés, voir même indispensables, dans les compétitions de code où l'objectif est de créer un projet avec des contraintes de temps très courtes. Dans ce genre de cas, ils permettent de gagner de nombreuses heures sur des fonctionnalités basiques et répétitives.

5. Méthodes habituellement utilisées pour démarrer un projet dans les meilleurs délais

Dans ce chapitre, je présente deux solutions : Spring Boot et Hackathon-starter, qui sont largement utilisées au sein de la communauté de développeurs pour démarrer un projet dans de plus brefs délais.

5.1. Spring Boot

Spring est un framework open source bien connu et très utilisé dans le monde du Java pour les fonctionnalités qu'il propose : l'injection de dépendances, une gestion des instances de classes, des outils pour les applications web et encore beaucoup d'autres. Mais sa configuration reste très complexe et peut prendre beaucoup de temps. Les équipes de Spring ont alors créé Spring Boot.

Spring Boot est donc un framework qui rend la configuration de Spring plus simple et plus rapide, en fournissant différentes annotations à placer dans le code, comme par exemple **@EnableAutoConfiguration**, qui, comme son nom l'indique, active l'autoconfiguration des dépendances présentes dans l'application.

Spring Boot est utilisé pour créer des applications micro-services et permet donc d'obtenir une application packagée, complètement autonome, comme le sont les micro-services, et prête pour la production (« production ready ») dès la création du projet. De plus, le framework intègre directement un serveur Web dans l'application, Apache Tomcat par exemple, qui sera démarré automatiquement au lancement de celle-ci.

Pour la création d'une application via Spring Boot, le site web Spring Initializr (<https://start.spring.io>) permet de générer très rapidement la structure du projet tout en y incluant les dépendances que l'utilisateur aura sélectionnées sur le site.

Enfin, l'application contiendra automatiquement différentes routes pour afficher des statistiques (métriques) sur celle-ci, telles que l'utilisation de la mémoire, la liste des requêtes HTTP, l'état de santé de l'application.

♦ *Avantages et inconvénients par rapport au projet*

Grâce à Spring Boot, le développement d'application Java est très simplifié et beaucoup plus rapide. En évitant aux développeurs la configuration XML complexe, le code *boilerplate*, c'est-à-dire le code inclus de façon répétitive dans un projet, et en fournissant des paramètres par défaut pour démarrer un nouveau projet rapidement, le framework augmente grandement la productivité des équipes. La possibilité de créer un projet fonctionnel et « production ready »

en très peu de temps grâce à **Spring Initializr**⁹ qui simplifie encore une fois la tâche des développeurs. De plus, ce framework est axé sur les micro-services et est extrêmement modulable grâce à l'autoconfiguration des dépendances. La présence d'un outil CLI (Command Line Interface) permet de développer et de tester les applications Spring à partir d'une invite de commande facile à prendre en main. En revanche, l'utilisation de Spring Boot pour une grosse application monolithique est largement déconseillée.

Globalement, le framework Spring Boot aurait pu correspondre à notre projet, mais le langage n'est pas celui recherché.

5.2. Hackathon-starter

Le hackathon est un événement pendant lequel des équipes de développeurs se réunissent pour créer des projets informatiques dans un temps imparti souvent très court : un weekend, une journée ou même une nuit. L'objectif est alors de coder le plus rapidement possible un logiciel ou une application qui sorte du lot. C'est donc tout naturellement que j'ai recherché l'existence d'un starter-kit destiné aux hackathons, qui allait permettre de gagner un temps précieux pendant ces événements. Mon choix s'est porté sur Hackathon-starter.

Hackathon-starter est un projet starter-kit open source, c'est-à-dire un projet libre d'accès et de droits, écrit en JavaScript et NodeJS, hébergé sur la plateforme GitHub. Avec ses trente mille étoiles (GitHub utilise un système d'étoiles pour la popularité des projets), il fait partie des projets qui en recueillent le plus sur la plateforme. De base, il inclut énormément de fonctionnalités déjà codées :

- Authentification locale avec adresse email et mot de passe.
- Authentification OAuth 1.0a via Twitter.
- Authentification OAuth 2.0 via Facebook, Google, GitHub, LinkedIn et Instagram.
- La possibilité de lier plusieurs stratégies d'authentification à un seul compte.
- La structure Modèle Vue Contrôleur (MVC) pour le projet.
- La gestion de la connexion à la base de données MongoDB.
- Une gestion des notifications.
- Une gestion des comptes utilisateurs.
- Des pages web prédéfinies comme la page de profil par exemple.
- L'utilisation du Sass pour les feuilles de style.
- Des thèmes prédéfinis ainsi que l'intégration de Bootstrap 4.

⁹ 12 Juillet 2020 : <https://start.spring.io/>

- Utilisation possible avec Docker¹⁰.

Le créateur de projet précise qu'il a essayé de rendre le projet aussi générique et réutilisable que possible, afin de couvrir la plupart des cas d'utilisation des applications web pendant le Hackathon, sans être trop spécifique.

♦ *Une solution trop complète ?*

Les avantages du projet Hackathon-Starter sont indéniables : tout y est ! De l'authentification en plusieurs étapes jusqu'à la gestion de la base de données MongoDB, en passant par l'utilisation d'une structure MVC et la gestion des notifications push : tout ce dont nous avons besoin pour AmilApp est présent dans ce starter-kit. Le projet est un condensé de bonnes pratiques et le créateur garantit une simplicité d'utilisation. Au vu de la communauté énorme qui entoure le projet, on ne peut que lui faire confiance.

Mais un starter-kit contenant autant de fonctionnalités pose forcément des questions de modularité. En effet, à moins de choisir un autre starter-kit, il n'est pas possible, ou du moins pas évident, de modifier des fonctionnalités existantes. Je pense particulièrement à la gestion de la base de données. Il est effectivement assez compliqué de remplacer totalement MongoDB pour un autre type de base de données tel que PostgreSQL par exemple. Ou alors, si l'on souhaite développer une simple API sans authentification, une importante partie du code se retrouve inutilisée.

Enfin, le typage permet une meilleure compréhension du code pour les développeurs ne connaissant pas le projet. L'objectif du langage TypeScript est donc de donner au JavaScript un typage des variables et des fonctions. Ce starter-kit n'utilise que le JavaScript et il serait extrêmement long de devoir typer tout le code, puisque c'est ce qu'implique une transition vers le TypeScript.

Globalement, le projet Hackathon-starter n'est pas suffisamment « packagé » et n'est donc pas adapté à l'architecture micro-services.

5.3. Autres solutions

J'ai pu trouver un nombre conséquent de starter-kits différents sur GitHub, mais quasiment aucun ne respectait les conditions requises pour mon problème. La plupart ne sont pas écrits en TypeScript, et pour ceux qui le sont, ce sont en général des starter-kits pour Angular ou React, des frameworks Front. Le type de base de données utilisé ne me convient pas

¹⁰ Docker est un logiciel open source permettant de démarrer des applications dans des environnements indépendants de la machine principale. Il permet par exemple d'utiliser simultanément deux versions différentes d'un langage sans risque de conflits entre celles-ci, ce qui n'est habituellement pas possible sur un seul et même environnement système.

forcément non plus et il est souvent difficile d'adapter un autre type de stockage. De plus, pour la majorité, la documentation n'est pas très complète et la communauté n'est pas suffisamment grande pour que l'on puisse compter sur des tutoriels.

6. Exposé des décisions prises et des interventions dans le cadre du projet AmilApp

6.1. Objectifs et contraintes du projet

Mon sujet de mémoire s'inscrit dans le cadre de la nouvelle version du projet AmilApp présenté précédemment. L'objectif principal est de créer un backend qui remplacera à terme Firebase. L'essentiel de mon travail et de ma réflexion ont porté sur la conception et l'implémentation d'une architecture micro-services afin d'avoir une application modulable et potentiellement déployable sur le « Cloud ».

Ce projet supervisé par le référent technique web d'Amiltone a pour objectif l'expérimentation de nouveaux concepts et de nouvelles technologies. Il doit nous permettre de comprendre et d'atteindre le monde « parfait » des micro-services, c'est-à-dire la mise en place de toutes les bonnes pratiques et l'intégration des meilleures solutions possibles pour le projet sans contrainte de temps.

Dans un premier temps, ma démarche a consisté à mieux comprendre l'architecture micro-services, ses avantages et inconvénients, afin de mieux cerner les enjeux de l'utilisation d'un tel concept.

Voici notre **cahier des charges** pour le projet :

- Suppression de Firebase ainsi que de toutes les dépendances en lien avec la solution de Google.
- Être *iso* en termes de fonctionnalité avec la première version d'AmilApp.
- Utilisation d'une architecture micro-services.
- Connexion des utilisateurs grâce à leur compte Active Directory, puis récupération de leurs informations depuis une application séparée d'AmilApp (projet Collab¹¹).
- Intégration et déploiement continu.

Ce cahier des charges implique des contraintes **essentiels** à toute application micro-services :

- **Orientée événement** grâce à un middleware supportant les échanges de messages entre chaque micro-service.
- **Résiliente**, la solution doit être robuste et tolérante aux pannes grâce au faible couplage des micro-services ainsi que leur réplication.

¹¹ Le projet Collab n'est pas encore défini dans sa globalité et n'est donc pas encore au stade de développement. Le nom est encore facultatif mais c'est celui que j'utiliserai pour la suite de ce mémoire.

- **Scalable**, le dimensionnement des ressources ainsi que le déploiement doivent être automatiques.
- **Hautement disponible** grâce à une API Gateway qui permet de centraliser les connexions à chaque micro-service.

Une fois toutes ces contraintes comprises, j'ai pu commencer l'implémentation de l'architecture du projet.

6.2. La mise en place de l'architecture

6.2.1. Le choix de l'API Gateway

Une API Gateway, ou passerelle API en français, est **le point d'entrée** pour les APIs et les micro-services définis. Elle permet d'assurer la protection, l'évolutivité et la haute disponibilité de ceux-ci. C'est par la passerelle API que transitent toutes les requêtes utilisateurs.

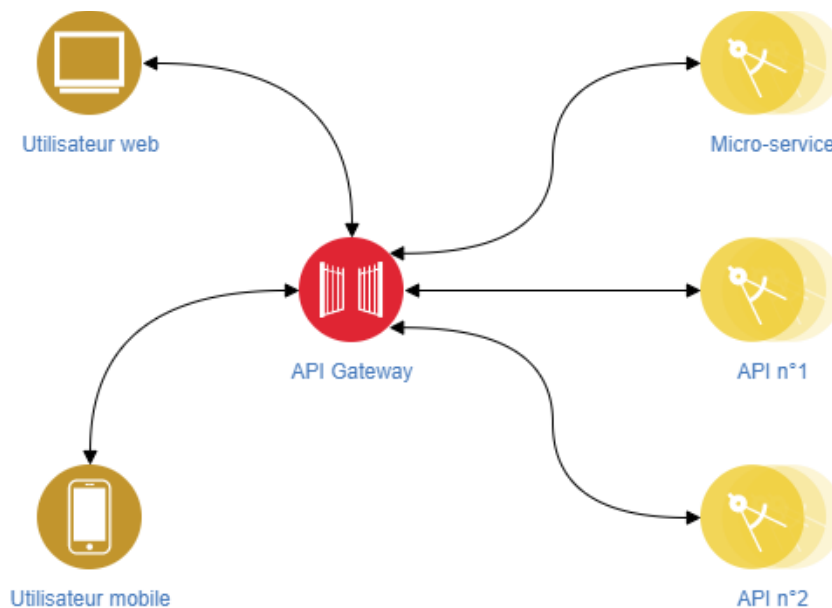


Schéma représentant le fonctionnement d'une passerelle API

L'API Gateway « **cache** » la complexité d'un backend au client en lui permettant d'appeler seulement la passerelle au lieu des multiples APIs et micro-services. Dans une architecture micro-services, la passerelle API permet d'**externaliser** toute la configuration de chaque API directement sur celle-ci.

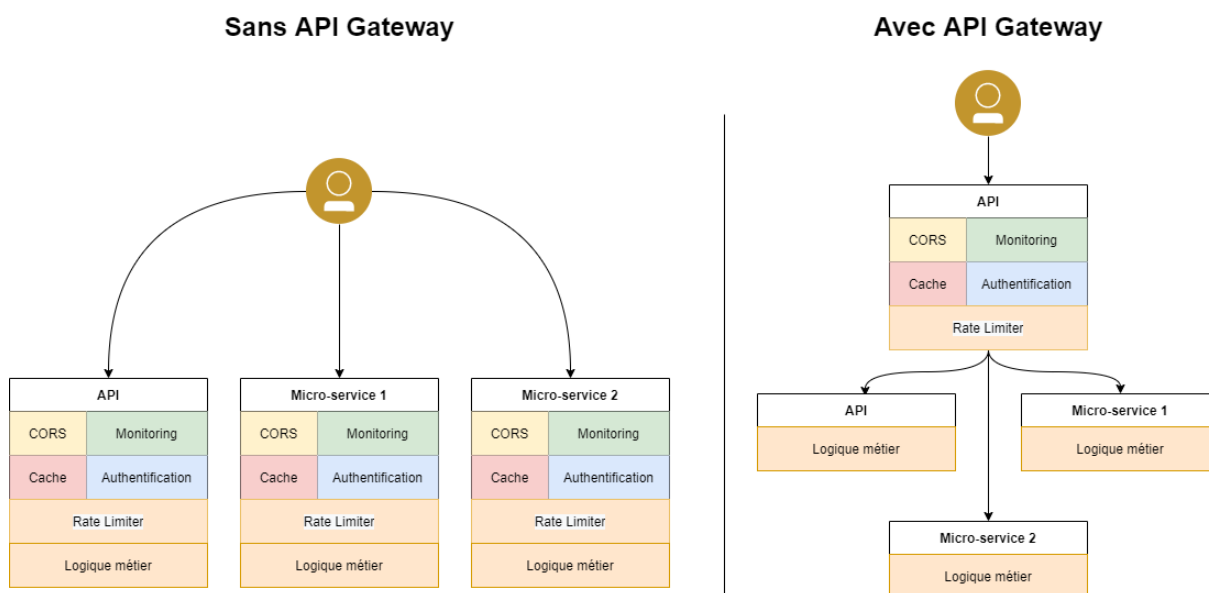


Schéma représentant l'externalisation de la configuration des APIs

Je vais présenter ci-dessous plusieurs solutions API Gateway toutes open source.

◆ *Gravitee*

Gravitee est une passerelle API développée en Java par l'entreprise Gravitee Source depuis 2015. Celle-ci dépend de 3 applications : un dashboard, MongoDB et la passerelle en question. Les deux premières permettent de gérer et de configurer l'API Gateway. La configuration est enregistrée sur MongoDB et est utilisée par l'API Gateway.

L'avantage de Gravitee est son dashboard, celui-ci est clair, facile à comprendre et pratique pour les développeurs. Il permet d'entièrement configurer la passerelle (les routes, l'authentification, etc...).

Mais l'installation de cette solution est complexe et la documentation est trop légère et devient le point noir de Gravitee. De plus, la communauté n'est pas très grande (à peu près 1000 étoiles sur GitHub) et il n'est pas simple de trouver des tutoriels sur internet.

Au niveau des performances, Gravitee a besoin de beaucoup de mémoire vive (RAM). Il est conseillé d'utiliser une machine par instance de la passerelle puisque celles-ci utilisent au minimum 4GB de mémoire vive chacune. La solution est scalable horizontalement et verticalement. Enfin, une fois le tout mis en place, les performances sont impressionnantes.

En conclusion, Gravitee est difficile à installer mais offre de bonnes performances et une interface complète et pratique.

◆ *HAProxy*

HAProxy est une solution open source développée en C et Lua. Elle est particulière par rapport aux autres solutions car elle est d'abord un Load-Balancer (répartiteur de charge en français) avant d'être une API Gateway. C'est-à-dire qu'elle est faite avant tout pour garantir la haute disponibilité des APIs. Mais elle peut être utilisée comme passerelle API.

HAProxy est simple à mettre en place avec seulement une seule application. Il n'y a pas encore de dashboard pour cette solution mais il est en cours de développement par les équipes en charge de l'API Gateway. HAProxy ne possède pas autant de fonctionnalités que les autres solutions (pas de connexion OpenID Connect par exemple) mais il est possible d'en ajouter à travers des plugins disponibles sur leur site. De plus, s'il manque toujours une fonctionnalité, il est possible de développer soit même un plugin personnalisé en Lua.

Enfin, la solution s'installe et se configure très facilement grâce à sa documentation complète. La communauté et le support qui entourent le projet sont aussi très réactifs. HAProxy utilise très peu de ressources (processeurs et mémoire vive) par rapport aux autres solutions pour avoir de meilleures performances.

Dans l'ensemble, HAProxy est simple d'utilisation et performant. Il est fait pour les projets qui utilisent déjà le Load-Balancer.

◆ *Tyk*

Tyk est une passerelle API codée en langage Go par les équipes de Tyk Technologies depuis 2014. Comme pour Gravitee, la solution contient trois applications mais a aussi besoin de Redis et de MongoDB. Les trois applications sont la passerelle, le dashboard pour la configurer, et la Pompe qui extrait les données de Redis pour les injecter dans MongoDB afin de les récupérer sur le dashboard.

La solution est assez longue à installer mais grâce à sa documentation, elle ne pose pas de problèmes. Le dashboard permet de la configurer facilement puisqu'il est clair et ergonomique. La communauté n'est pas énorme mais est très réactive (plus de 5000 étoiles sur GitHub).

Le niveau de performance le point faible de Tyk. En effet, malgré une consommation de RAM assez faible (moins de 250MB), la solution utilise beaucoup le processeur et a du mal à gérer plus de 4000 requêtes utilisateurs par seconde.

Globalement, Tyk est une solution pratique grâce à son dashboard mais elle est plutôt faite pour les applications qui n'ont pas énormément de trafic.

◆ *Kong*

Kong est une API Gateway open source développée en Lua et Perl par l'entreprise Kong Inc depuis 2017. Il existe une version « Entreprise » payante qui offre plus d'outils pour la solution comme un dashboard ou des outils de surveillance.

La solution a juste besoin d'une base de données PostgreSQL pour enregistrer sa configuration et peut être installée sur énormément de supports et de systèmes d'exploitation. Kong permet l'ajout de plugins, ce qui en fait son avantage le plus important. En effet, de nombreux plugins sont développés par l'énorme communauté (plus de 26 000 étoiles sur GitHub) et peuvent satisfaire toutes nos envies : authentification OpenID Connect, surveillance, limiteur de débit (rate limiter), etc... La communauté est très active et la solution évolue rapidement. De plus, Kong s'installe très rapidement et sa documentation est complète et bien faite.

Au niveau des performances, Kong utilise moins de 300MB de mémoire vive et est scalable horizontalement et verticalement.

Pour récapituler, Kong est une solution largement utilisée à travers le monde et permet de répondre à n'importe quel besoin grâce à sa communauté très active.

Après avoir comparé toutes ces solutions, les équipes d'Amiltone ont choisi d'utiliser Kong pour sa communauté, sa modularité grâce à ses plugins, et sa simplicité d'installation. J'ai totalement approuvé ce choix après avoir découvert des plugins pour l'authentification des utilisateurs ainsi que pour la redirection d'une requête vers un service d'autorisation (propre à AmilApp et **dépendant** de ses données, à ne pas confondre avec l'authentification).

6.2.2. La communication « interservices »

Avec l'architecture micro-services, chaque service doit être totalement **indépendant** des autres. Mais il arrive forcément un moment où un service doit utiliser une fonctionnalité d'un autre service. Par exemple, sur AmilApp, lorsque je publie un sondage, je dois uploader une image sur un autre service. Actuellement, le modèle de données des sondages contient les informations de chaque image. Voici les étapes :

- Réception et traitement de la requête utilisateur.
- Envoi de l'image reçue au service de gestion d'images pour qu'il la traite.
- Envoi des informations de l'image au service des sondages.
- Ajout du sondage en base de données.
- Réception d'une réponse type « OK, le sondage a été créé » par l'utilisateur.

Tout cela de manière **synchrone**. Le service qui gère les sondages est alors dépendant du service de gestion d'images. Le problème en reproduisant ce schéma sur des micro-services est que si l'un des micro-services qui forment la chaîne d'appel HTTP plante, c'est la requête complète qui est annulée.

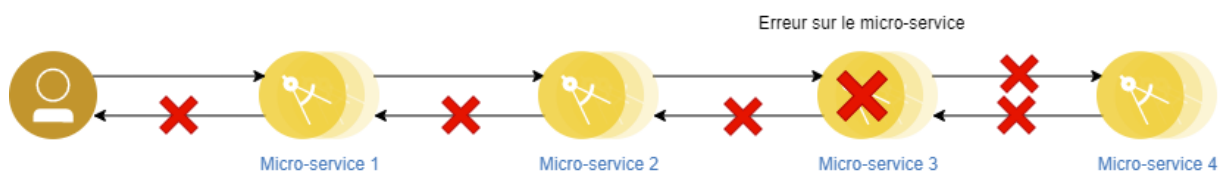


Schéma représentant les conséquences de l'appel en chaîne des micro-services

La solution est alors de rendre toutes ces opérations **asynchrones**. Si on reprend l'exemple des sondages ci-dessus : il faut faire en sorte que le sondage soit créé en base de données dès que le service éponyme reçoit la requête utilisateur pour lui répondre « OK » le plus vite possible. Le service des sondages a alors déjà notifié le service de gestion d'images pour uploader l'image. Cela implique un changement dans le modèle de données : le sondage ne doit plus contenir les informations de l'image. Cette façon de faire se nomme l'**Event-Driven Architecture** ou l'architecture orientée événements.

Dans un système orienté événements, la communication et le traitement des événements deviennent la structure centrale de notre application. Une telle solution peut être créée dans n'importe quel langage puisqu'elle est une approche et non un langage de programmation. Elle permet également de garder des micro-services faiblement couplés. En effet, lorsqu'un micro-service publie un événement, il ne connaît pas les consommateurs et ignore les conséquences de son apparition.

Un micro-service qui souhaite réagir à un événement doit d'abord écouter un service de messages (*Message Broker* ou *Message Queue*). Un Message Broker permet de gérer des files d'attente de messages. Il recevra alors tous les événements qui l'intéressent et pourra soit les traiter, soit seulement être affecté par ce dernier, de manière **asynchrone**.

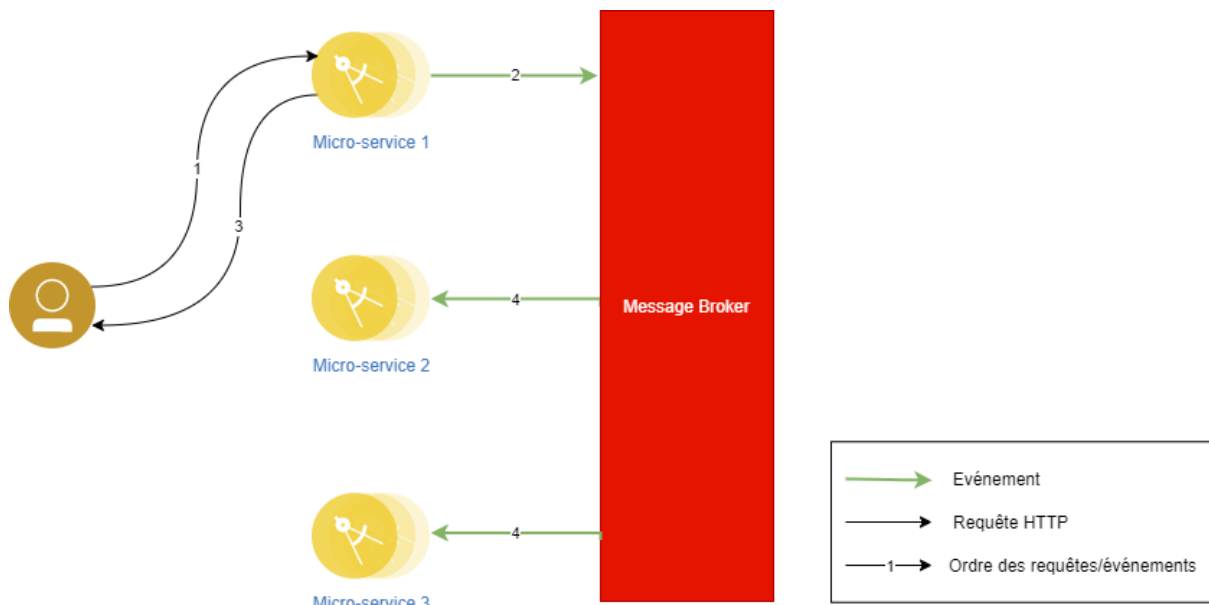


Schéma représentant un système orienté événements

Après avoir défini l'architecture orientée événements, il faut choisir une solution de Message Broker. Je vais présenter ci-dessous trois solutions que j'ai pu expérimenter : **Nats**, **RabbitMQ** et **ActiveMQ**.

◆ *Nats*

Nats est un service de messages open source développé en langage Go. Il utilise le protocole TCP et permet de transférer un nombre très important de messages par seconde (entre 8 et 11 millions) tout en étant très léger (l'image Docker ne fait que 3Mo) et peu consommateur en ressources. Il n'en reste pas moins une solution très robuste, scalable et hautement disponible. En général, Nats est utilisé pour le transfert de messages très légers : moins d'un mégaoctet. Il fonctionne en mode « **Publish/Subscribe**¹² » (Pub/Sub) et ne permet donc pas la persistance des messages : s'il n'y a aucun consommateur sur un topic lorsqu'un message arrive, ce dernier est perdu et ne peut pas être récupéré. Enfin, Nats ne supporte pas la réplication des messages.

¹² Comme le mode « Message Queuing », les messages sont transférés d'un producteur (de messages) vers un consommateur. Mais contrairement au Message Queuing où le message n'est reçu que par un seul consommateur puis supprimé, le mode Pub/Sub permet à tous les consommateurs de recevoir le message.

◆ *RabbitMQ*

RabbitMQ est un des services de messages open source les plus populaires. Il utilise la norme **AMQP 0.9**¹³ et fonctionne en mode **Message Queuing** mais supporte aussi le Pub/Sub. Grâce à l'ajout de plugins, RabbitMQ peut aussi utiliser d'autres protocoles de message comme **MQTT**¹⁴. Les messages et les queues peuvent être persistants, ils sont répliqués soit en mémoire vive, soit sur le disque dur, de manière **synchrone**. De cette manière, si RabbitMQ tombe, les messages ne sont pas perdus. De plus, si aucun consommateur n'écoute sur un topic lorsqu'un message arrive, celui-ci est alors conservé dans la queue jusqu'à ce qu'il soit consommé. Grâce à un système de confirmation de réception, si après avoir un reçu un message un service plante, le message sera alors remis dans la queue en attente d'être consommé.

◆ *ActiveMQ*

Apache ActiveMQ est le service de messages open source et multiprotocole le plus populaire. Il supporte nativement les protocoles **AMQP 1.0**, **MQTT** et **STOMP**. Les messages peuvent être persistants, ils sont répliqués de manière **synchrone ou asynchrone**. Globalement, ActiveMQ reprend les mêmes fonctionnalités que RabbitMQ.

L'assemblée technique d'Amiltone a décidé de créer une cohérence technologique entre les différents projets internes, et a donc convenu qu'**ActiveMQ** serait la norme chez Amiltone. Son gros avantage est le fait de pouvoir s'interconnecter avec n'importe quelle technologie grâce au large choix de protocoles proposés nativement. La prise en charge native des différents protocoles de communication en fait un choix de marque par rapport aux autres solutions. En effet, Nats ne prend pas encore en charge le MQTT et RabbitMQ propose d'autres protocoles mais il faut dans ce cas installer des plugins pas forcément très maintenus. ActiveMQ est développé par les équipes d'Apache, un acteur reconnu dans le monde de l'informatique, ce qui nous garantit une certaine fiabilité et maintenabilité sur le long terme. ActiveMQ est en train d'être mis à jour en version 6, ce qui prouve encore une fois la réactivité des équipes de développement. Enfin, le service est nativement disponible sur les Amazon

¹³ AMQP, qui signifie Advanced Message Queuing Protocol, est un protocole de message ayant pour but de standardiser la communication entre les serveurs. Il fonctionne en mode Message Queuing. Actuellement, AMQP est en version 1.0 et n'est pas compatible avec les versions antérieures.

¹⁴ MQTT, qui signifie Message Queue Telemetry Transport, est un protocole de message plus simple qu'AMQP et, comme son nom ne l'indique pas, ne fonctionne pas en mode Message Queuing mais en mode Pub/Sub. C'est un protocole très léger et donc très utilisé pour l'IoT (Internet of Things)

Web Service avec AmazonMQ, ce qui nous permettrait de potentiellement utiliser la solution cloud d'Amazon.

6.2.3. Le modèle CQRS

Dans une architecture monolithique, comme il n'y a qu'une seule base de données, il est facile de faire une jointure entre différentes collections afin d'agréger les données entre elles. Cependant, il n'est pas possible d'utiliser les jointures dans une architecture micro-services puisque chaque service possède sa propre base de données, qui peuvent toutes être différentes (SQL d'un côté, NoSQL d'un autre).

Plusieurs options s'offrent alors à nous, mais toutes ne se valent pas. Je vais les détailler en reprenant l'exemple du sondage utilisé précédemment. Pour rappel, le modèle de celui-ci ne contient plus les informations de l'image. En tant qu'utilisateur, je souhaite récupérer toutes les informations liées à un sondage : les images et les utilisateurs concernés.

Première solution : depuis le micro-service des sondages, je fais directement un appel au service de gestion d'images afin de récupérer les données pour les fusionner dans mon sondage et ensuite renvoyer le tout à mon utilisateur. De cette manière, je suis sûr que mes données sont bien à jour. Mais en faisant cela, nos micro-services sont fortement couplés, le service des sondages dépend du service des images pour renvoyer le modèle de données complet. Cette méthode ne convient donc pas.

Deuxième solution : Les données des images sont répliquées sur le service des sondages afin de rendre disponibles les jointures. Cette option peut amener à des problèmes de données désynchronisées et, personnellement, je n'aime pas le concept de réplication de données. Toutes les bases de données contiennent toutes les données et je trouve que le principe des micro-services n'est plus vraiment respecté.

Troisième solution : La partie frontend fait plusieurs requêtes HTTP afin d'agréger elle-même les données. Le front fait alors trop de traitement de données et, sur un mobile, cela entraîne une perte de performance. Cette solution n'est donc pas viable.

Quatrième et ultime solution : On applique le modèle **CQRS** (Command Query Responsibility Segregation) à l'architecture micro-services. Ce modèle consiste à séparer en micro-services les opérations qui influent sur les données (Command) de celles qui les récupèrent (Query). Reprenons notre sondage, voici les étapes de sa création jusqu'à la récupération de ses données pour les afficher sur le front en appliquant le CQRS :

- Première requête sur le micro-service sondage. Celui-ci envoie un événement « sondage créé » avec les données du sondage créé ainsi que celles des images. Enfin, il renvoie un message « OK » à l'utilisateur.

- Le service de gestion d'image reçoit l'événement « sondage créé » et uploadé l'image en base de données. Une fois l'image uploadée, il envoie un événement « image uploadée ».
- En parallèle, le service d'agrégation de données reçoit l'événement « sondage créé » et crée le sondage dans sa base de données avec le format voulu.
- Plus tard, le service d'agrégation de données reçoit l'événement « image uploadée » et met à jour le sondage créé précédemment.
- Enfin, l'utilisateur envoie une requête sur le service d'agrégation de données qui lui renvoie le sondage au complet.

De cette manière, on peut imaginer plusieurs services d'agrégation de données qui renvoient différents formats d'un même sondage, si la requête vient d'un mobile ou d'un navigateur web par exemple.

Nous avons bien évidemment décidé d'appliquer la quatrième solution : le modèle CQRS. Cependant, il faut bien avoir en tête que cette solution peut poser des problèmes d'intégrité des données. Il sera alors intéressant de développer par la suite un service d'intégrité justement, qui aura la charge de vérifier si les services d'agrégation de données ont bien reçu tous les événements du bus de message, mais c'est un problème que je n'aborderai pas dans ce mémoire.

6.3. De l'ancien starter-kit aux micro-services

6.3.1. Un nouveau framework : NestJS

Le choix d'un framework peut être déterminant pour la réussite, ou non, d'un projet dans les temps. Si le but est de simplifier et d'uniformiser le travail des développeurs, un mauvais choix peut avoir de lourdes conséquences : devoir changer de framework en plein milieu de développement peut vite devenir très coûteux. De plus, choisir un framework inapproprié entraînera un développement plus long à terme, ainsi qu'une maintenance plus difficile.

Pour choisir le bon framework, il est important de cerner du mieux possible les besoins de l'application. Un framework trop spécialisé impliquera un manque de fonctionnalités et donc une perte de temps sur l'implémentation de celles-ci. À l'inverse, un framework trop généraliste sera trop lourd et contiendra beaucoup d'éléments inutiles à notre projet.

La popularité d'un framework est l'un des critères les plus déterminants malgré le fait qu'il ne soit pas technique. En effet, sa popularité garantit un meilleur suivi par les développeurs, une communauté plus grande et plus active, plus de tutoriels et une plus longue durée de vie. De plus, plus un framework est populaire, plus les chances pour que les développeurs d'une

équipe l'aient déjà utilisé sont grandes, ce qui permettra de gagner du temps sur la prise en main de celui-ci.

La documentation d'un framework est un facteur important à prendre en compte et tous ne sont pas logés à la même enseigne. Il est donc, selon moi, essentiel de lire une bonne partie de la documentation disponible pour comprendre les différentes fonctionnalités et limitations d'un framework.

L'objectif étant de partir du starter-kit existant, il a fallu à un moment donné se poser la question du framework : est-il toujours adapté au besoin, à l'architecture micro-services ?

◆ *Ts.ED*

Le starter-kit actuel utilise le package Ts.ED, TypeScript Express Decorator. Express est un package qui permet la création d'infrastructures web minimalistes, souples et rapides pour NodeJS. Ts.ED permet d'uniformiser le développement d'API en mettant à disposition des annotations et des décorateurs simplifiant le code et sa lecture. Ceux-ci permettent de définir les différentes routes de notre application d'une manière simplifiée, tout en respectant la structure **Modèle Vue Contrôleur** (MVC) grâce au système de service et d'injection de dépendances se rapprochant du modèle que propose Angular. Un développeur Angular, technologie très répandue chez Amiltone, sera alors à l'aise plus rapidement sur un projet backend.

Un des points importants pour le choix de Ts.ED à l'époque est le fait qu'il intègre une génération automatique de la documentation Swagger, un outil permettant de générer la documentation d'une API web et offrant une interface permettant de tester les différentes routes et méthodes de l'application. L'avantage de Swagger est qu'il maintient une synchronisation du code avec la documentation. Comme les équipes sur un projet évoluent souvent chez Amiltone, il est important de garder une documentation à jour, et Swagger permet de répondre à cette problématique chronophage.

Ts.ED intègre également des fonctionnalités importantes telles qu'un middleware authentification ou la génération d'erreurs pour les requêtes en entrée et sortie. Le projet est codé en TypeScript et permet une intégration simple dans notre backend. Ce framework a été choisi à l'époque car Data New Road s'était également orienté dessus de son côté sans concertation avec la Web Factory, ce qui a permis, après discussion, un réconfort dans le choix du framework, ainsi qu'une opportunité de conserver une certaine cohérence technologique entre les projets.

Mais Ts.ED souffre d'une documentation assez légère et peu informative sur l'injection de dépendances, un concept qui reste assez complexe à appréhender et à maîtriser. De plus, le

framework ne prend pas encore en charge la dernière version d'OpenAPI/Swagger, ce qui est bloquant pour certains modèles de données complexes.

◆ *NestJS*

Malgré de nombreux avantages que possède Ts.ED, je n'ai pas pu m'empêcher de regarder s'il n'existait pas de solution plus adaptée à notre problème, et qui intègre, d'une certaine manière, l'architecture micro-services et simplifie son utilisation. Il fallait tout de même que la solution intègre la génération automatique de la documentation Swagger et fonctionne avec Express ou un package similaire. J'ai alors trouvé **NestJS** et après des recherches poussées sur ses fonctionnalités, je l'ai proposé au référent technique ainsi qu'au chef de projet.

NestJS reprend toutes les différentes fonctionnalités que propose Ts.ED en les améliorant. Il propose l'injection de dépendances ainsi qu'une architecture basée sur des modules, exactement comme le fait Angular. Ce point en fait un atout majeur pour l'équipe puisqu'à ce moment-là, deux développeurs juniors rejoignent le développement du backend et aucun d'entre eux n'a jamais fait de NodeJS. Mais ils ont l'habitude d'Angular grâce au backoffice d'AmilApp. Ils n'auront alors aucun mal à utiliser le framework. De fait, ce principe fonctionnera aussi dans l'autre sens, un développeur qui n'a utilisé que NestJS pourra rapidement prendre en main un projet Angular puisqu'il maîtrise déjà l'injection de dépendances.

Le framework propose aussi des annotations pour la définition des routes de l'API ainsi que pour la génération automatique de la documentation Swagger. Celui-ci est, tout comme Ts.ED, codé en TypeScript.

La documentation du framework est extrêmement complète et jouit d'une popularité beaucoup plus importante que celle de Ts.ED. En effet, NestJS est téléchargé en moyenne plus de 300 000 fois d'après le site **npmjs.com** et compte presque 30 000 étoiles sur **GitHub**, contre respectivement, un peu plus 6 000 fois et 1200 étoiles pour Ts.ED. Il est donc beaucoup plus simple de trouver de l'assistance pour NestJS.

Mais NestJS intègre également des fonctionnalités que la Web Factory a déjà développées grâce à Ts.ED. Je pense particulièrement aux tâches planifiées. Selon moi, l'implémentation de cette fonctionnalité dans le starter-kit n'est pas optimale et n'exploite pas correctement l'injection de dépendances proposées par Ts.ED. NestJS propose donc cette fonctionnalité grâce aux décorateurs et aux annotations et leur utilisation est largement simplifiée par rapport au starter-kit.

Enfin, j'ai choisi NestJS parce qu'il propose une intégration des micro-services en simplifiant la gestion des échanges par messages ou événements entre micro-services grâce aux annotations et aux décorateurs. De plus, il propose un large choix de technologies pour la gestion de ceux-ci telles que **Nats**, **RabbitMQ**, **MQTT** ou même **Kafka**.

Avant de passer définitivement au nouveau framework, il a d'abord fallu que j'estime le temps que la conversion de Ts.ED à NestJS prendrait. Comme c'était la première fois que j'utilisais ce framework, j'ai alors simplement repris un des micro-services existants pour y intégrer NestJS. Grâce aux ressemblances des deux packages, la conversion fut très rapide et ce fut un nouvel argument pour convaincre le référent technique et le chef de projet.

6.3.2. La séparation en « packages »

Le starter-kit actuel implémente beaucoup de fonctionnalités de base. Voici lesquelles :

- Un middleware qui autorise, ou non, un utilisateur à accéder à une route et qui décrypte un JsonWebToken afin de récupérer ses informations.
- Un service permettant de gérer la création, la modification et la suppression des utilisateurs.
- Un service permettant la gestion des bases de données MongoDB ainsi que des classes prêtes à être utilisées pour les différents modèles de données.
- Une gestion d'envoi de mail.
- Un service permettant de créer et gérer des tâches planifiées.
- Une gestion de version pour les APIs.
- Un service fait maison qui « log » des informations dans la console de développement, un « logger ».

L'objectif est donc de séparer toutes ces fonctionnalités, soit en packages, soit en micro-services directement. Je vais m'attarder ici sur les packages.

Un package, ou un module, est une petite « application » contenant des fonctionnalités que l'on peut réutiliser dans n'importe quel projet. En général, tous ces modules sont disponibles en téléchargement sur le site **npmjs.com**¹⁵ ou alors en utilisant le gestionnaire de packages installé par défaut avec NodeJS : le **Node Package Manager** (npm). Une simple commande « npm install <nom du package> » installe le module que l'on souhaite, dans la version de notre choix. Par défaut, les modules sont téléchargés et installés depuis le repository (dépôt) global de NodeJS. Mais il est possible de créer un repository interne afin que seuls les utilisateurs ayant accès à ce dépôt puissent utiliser les modules. C'est ce qu'Amiltone a fait et j'ai eu la responsabilité de publier les premiers packages.

J'ai alors dû différencier les fonctionnalités qui devaient être exportées dans des modules à part, de celles qui allaient être converties en micro-services. De plus, en changeant

¹⁵ Site web de npmjs : <https://www.npmjs.com/>

d'architecture, beaucoup de fonctionnalités sont amenées à disparaître des micro-services et c'est l'API Gateway Kong qui en aura la charge. Voici ma démarche.

J'ai d'abord identifié les différentes caractéristiques de chaque fonctionnalité pour ensuite les catégoriser en fonction celles-ci :

♦ *Gestion de base de données MongoDB*

- **Réutilisée** dans quasiment toutes les fonctionnalités.
- Un micro-service qui utilise MongoDB en est **dépendant**, c'est-à-dire qu'il ne fonctionnera pas sans la fonctionnalité.
- **Ne stocke pas de données** sur une base de données.
- Dans le code, ce sont juste **des classes et des fonctions utiles**.

♦ *Gestion d'envoi de mail*

- **Réutilisée** par quelques fonctionnalités.
- Les micro-services qui ont besoin d'envoyer des mails **ne sont pas dépendants** de cette fonctionnalité. Un exemple : si après la création d'un nouvel utilisateur celui-ci ne reçoit pas de mail pour l'en informer, techniquement il pourra quand même accéder à son application.
- **A besoin d'une base de données** pour stocker le journal des événements (savoir si un mail a déjà été envoyé ou non).

♦ *Le logger*

- **Réutilisé** dans tous le code.
- Les micro-services qui l'utilisent ne sont **pas forcément dépendants** du logger puisqu'il a pour but de faire du débogage pendant le développement.
- **Ne stocke pas de données**.
- Dans le code, ce sont juste **des classes et des fonctions utiles**.

♦ *La gestion des utilisateurs*

- **N'est pas réutilisée** dans les autres fonctionnalités, celles-ci n'ont pas besoin de la gestion des utilisateurs pour fonctionner.
- Dans le code, possède des contrôleurs, des services et des modèles (pattern MVC) : **est donc une API à elle toute seule**.
- Est **complètement indépendante** des autres fonctionnalités.
- **A besoin d'une base de données** pour stocker les informations des utilisateurs.

◆ *L'authentification*

- **N'est pas réutilisée** dans les autres fonctionnalités, celles-ci ne dépendent que d'un token que l'authentification fournit.
- **Indépendante** des autres fonctionnalités.
- Dans le code, **est un service** à part entière.

◆ *Les tâches planifiées*

- **Réutilisées** dans quelques fonctionnalités.
- **Indépendantes** des autres fonctionnalités.
- **Ne stocke pas de données.**

L'objectif d'un package est d'éviter la redondance de code. Celui-ci ne possède en général que des fonctions et des classes utiles souvent utilisées dans le code. Il n'a pas besoin de stocker de données dans une base de données et chaque package est indépendant des autres¹⁶. D'après cette explication, j'ai pu facilement sélectionner les nouveaux modules qui seront le **logger** et la **gestion de base de données MongoDB**. Toutes les autres fonctionnalités deviendront des micro-services à part entière.

6.4. Le module de connexion

Pour le module de connexion anciennement lié à Firebase, il a fallu trouver une solution pour répondre à notre problème d'authentification à l'Active Directory d'Amiltone. Après avoir passé presque six mois sur une solution CAS¹⁷, le *lead developer* est envoyé en mission sans avoir pu terminer le projet. En tant que développeur junior, il semblait compliqué pour moi de reprendre son travail là où il en était, et de toute façon, il n'était pas concevable que je repasse plus de six mois à comprendre ce qui avait été fait.

Le référent technique m'a alors demandé d'utiliser la norme OpenID Connect. OpenID Connect est un standard d'identification se positionnant au-dessus d'OAuth 2.0¹⁸. La solution

¹⁶ N'est pas totalement vrai, un package peut importer d'autres packages comme le font des applications classiques. Mais dans notre cas, une fonctionnalité qui sera transformée en module n'est pas dépendante des autres fonctionnalités du starter-kit.

¹⁷ CAS, qui signifie Central Authentication Service, est un système d'authentification unique. C'est-à-dire qu'un utilisateur qui se connecte sur un site web sera connecté sur tous les site web utilisant le même serveur CAS.

¹⁸ OAuth 2.0 est un framework d'autorisation permettant à une application tierce d'accéder à un service web.

peut être mise en place dans beaucoup de langages puisqu'il existe énormément de packages certifiés par les équipes d'OpenID elles-mêmes. Cette solution est donc simple à mettre en place et sécurisée pour notre API et pour les utilisateurs. Voici son fonctionnement :

- Notre API reçoit une requête non authentifiée et redirige l'utilisateur vers une page de connexion spécifiée dans la configuration d'OpenID Connect.
- Le service essaye d'identifier l'utilisateur en demandant à un fournisseur d'identité. Il est possible d'activer d'autres solutions de connexion telle que l'authentification à doubles facteurs.
- Si l'identification s'est déroulée sans problème, le service OpenID Connect peut soit renvoyer un token chiffré (JWT), soit un code. La suite des étapes part du principe que le service renvoie un code.
- Notre API envoie alors ce code au service OpenID Connect pour obtenir le token de l'utilisateur connecté.
- Notre API retourne alors le token à notre utilisateur qui pourra maintenant faire ses requêtes sur notre API.

L'utilisation de cette norme va permettre de centraliser l'authentification sur les projets internes d'AmilApp. En effet, il ne sera plus nécessaire de s'occuper de la partie connexion des utilisateurs, une partie complexe et souvent redondante sur les projets. Enfin, Google, Microsoft et Orange utilisent OpenID Connect ce qui confirme la notion de sécurité et fiabilité de la solution.

Je vais dans un premier temps parler du fournisseur d'identité. Celui-ci est le service qui authentifie notre utilisateur et nous renvoie ses informations, informations qui seront chiffrées dans le token renvoyé à l'utilisateur. Comme expliqué dans les contraintes du projet, l'utilisateur doit pouvoir utiliser ses identifiants de l'Active Directory pour se connecter, et ses informations doivent venir de l'application Collab. J'ai alors dû créer un fournisseur d'identité personnalisé qui permettra ces actions et j'ai décidé d'utiliser le NodeJS pour cela, avec le package **node-oidc-provider**. Celui-ci est certifié par OpenID et je l'ai trouvé dans la liste des packages proposés sur leur site.

Après avoir lu la documentation du package, je me suis rendu compte que celle-ci s'adressait à un public qui maîtrise déjà l'OpenID Connect ainsi que toutes les normes d'authentification avec les JWT, les JWK, etc... J'ai alors dû réaliser un véritable travail de recherche sur son fonctionnement. Nous avons ensuite décidé d'utiliser le mode « Implicit » d'OpenID Connect, c'est-à-dire que le fournisseur renvoie directement un token chiffré à l'utilisateur au lieu de lui renvoyer un code.

Une fois réalisé, j'ai dû travailler main dans la main avec l'équipe du Service Informatique (SI) d'Amiltone pour créer et tester l'authentification à l'Active Directory. Pour l'intégrer dans mon fournisseur d'identité, j'ai utilisé le module **Idapjs**, « ldap » étant le protocole de communication avec l'Active Directory.

Je vais maintenant parler de la mise en place de l'OpenID Connect sur le projet AmilApp. Comme expliqué plus tôt dans ce mémoire, notre architecture micro-service intègre une API Gateway avec Kong. Celle-ci prend donc en charge les plugins et il existe bien évidemment un plugin open source pour gérer OpenID Connect à notre place : **kong-oidc**. Celui-ci redirige automatiquement l'utilisateur vers une page de connexion. Une fois authentifié, lorsque l'utilisateur nous envoie une requête avec son token chiffré, kong-oidc le déchiffre et redirige la requête vers notre API en y ajoutant les informations de l'utilisateur dans l'en-tête de celle-ci. Chaque micro-service n'a donc plus besoin de gérer l'authentification.

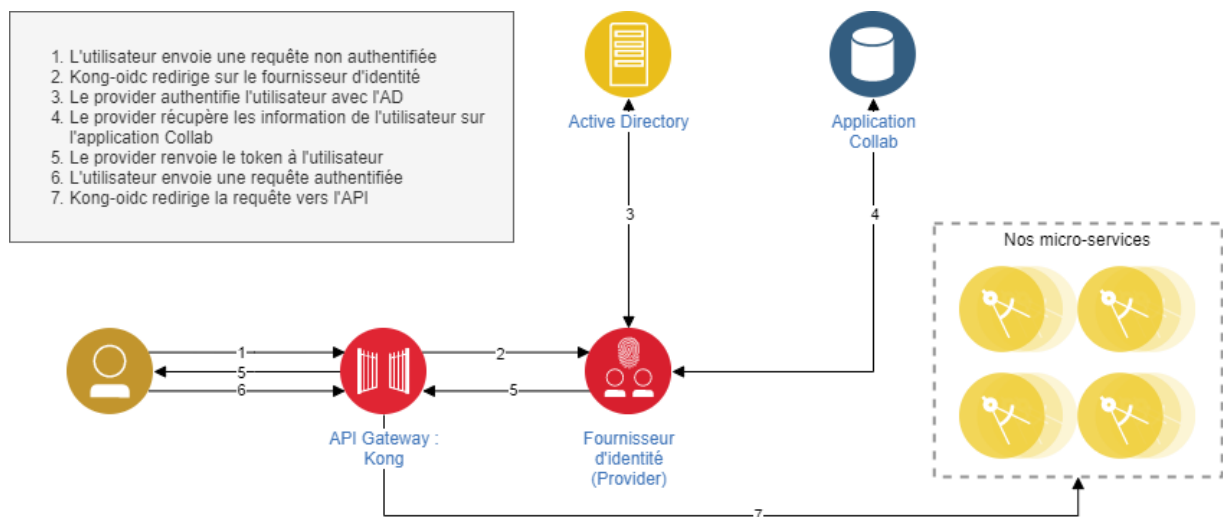


Schéma représentant les étapes de l'authentification OpenID Connect

7. Originalité du projet AmilApp

7.1. Une solution modulable et évolutive

Le projet AmilApp est une application extrêmement **modulable** grâce à son architecture **micro-services**. Il est alors très simple d'y ajouter de nouvelles fonctionnalités sans risquer de compromettre l'intégrité de l'application. De plus, l'indépendance de chaque micro-service garantit une certaine fiabilité et les modifications des uns ou des autres ne perturberont pas le bon fonctionnement de chacun.

AmilApp possède une structure ainsi qu'une configuration **réutilisable** sur d'autres projets, nouveaux ou existants. L'API Gateway Kong préconfigurée permet aux équipes de développeurs d'être focalisées sur les fonctionnalités qu'ils doivent implémenter. De plus, les images Docker créées pour les services d'authentification et de gestion d'envoi de mails par exemple permettent la création ou l'adaptation rapide d'une nouvelle application interne chez Amiltone. La compréhension du projet est d'autant plus simple grâce à la documentation autogénérée des classes et fonctions présentes dans le code grâce à NestJS.

Cette structure est aussi très **évolutive** et **adaptable** grâce à l'injection de dépendances proposée par NestJS. Celle-ci permet d'adapter n'importe quelle classe, service ou même n'importe quel package et de l'intégrer facilement dans le projet.

AmilApp est une solution **résiliente** grâce à son architecture micro-services encore une fois car ils simplifient la surveillance de chaque service et garantissent une meilleure robustesse qu'auparavant pour l'application.

La solution est aussi **élastique**, car elle offre la possibilité d'augmenter ou de réduire le nombre d'instances disponibles pour chaque micro-service afin de répondre au nombre d'utilisateurs utilisant l'application simultanément.

7.2. Des équipes indépendantes

L'architecture micro-services oblige les équipes de développement à adapter leur fonctionnement ainsi que leur manière de travailler et de communiquer. Elles doivent travailler conjointement avec les équipes DevOps et **monter en compétence** pour pouvoir intervenir sur le déploiement de leur solution. Les équipes doivent également apprendre à être plus réactives aux changements puisque l'architecture micro-services permet de s'adapter et de réagir facilement aux besoins du client.

Chez Amiltone, il n'y a qu'une seule équipe sur le projet AmilApp, chaque développeur est alors responsable d'un micro-service. Malgré un « turnover » habituel assez important chez Amiltone, surtout sur les projets internes, AmilApp fut épargné puisque l'équipe est restée fixe.

C'est pour moi un avantage pour le développement d'une telle application puisque nous aurions été contraints d'effectuer des passations de connaissances très régulières. Le projet n'étant pas non plus une usine à gaz géante, cela me permet également d'avoir un œil sur la globalité du projet afin d'en assurer la qualité.

7.3. Une expérimentation continue

Tout au long de son histoire, AmilApp a subi plusieurs nouveaux départs. En effet, après avoir jugé qu'elles filaient droit dans le mur avec les technologies utilisées, les équipes ont pris la décision de recommencer sur de nouvelles bases saines, plus propres ! L'évolution continue des technologies utilisées sur le projet oblige les développeurs à être curieux et réactifs. La suppression de morceaux de code sur lesquels les développeurs ont passé beaucoup de temps ne doit pas les effrayer. Au contraire, c'est l'opportunité pour eux de s'essayer à de nouvelles technologies, de nouveaux frameworks ou encore des concepts innovants. En effet, l'approbation du framework NestJS fut pour moi très enthousiasmante d'autant qu'il fut apprécié par les autres développeurs d'AmilApp.

7.4. Une architecture complexe à appréhender

En dépit de son intérêt et son aspect innovant, l'architecture micro-services reste un concept difficile à appréhender et à maîtriser. Les tutoriels sont nombreux sur internet mais tous n'abordent pas l'architecture de la même façon. Nous avons donc dû sélectionner nos sources avec soin afin qu'elles s'adaptent au projet de manière optimale.

De plus, le temps d'adaptation de l'équipe sur le projet fut assez long et nous avons notamment dû recommencer l'architecture de l'application à la suite d'une mauvaise approche des micro-services. C'est d'ailleurs à ce moment-là que j'ai proposé un changement de framework avec l'utilisation de NestJS. C'était selon moi le moment opportun pour effectuer la transition vers ce nouvel outil puisqu'en fin de compte, le remaniement de notre architecture impliquait énormément de modifications au niveau du code.

Beaucoup de questions sont restées en suspens suffisamment longtemps pour bloquer l'avancée du projet. L'absence de notre référent technique (nous étions alors en période de vacances annuelles) a été pour nous l'occasion de faire nos propres recherches et d'appréhender du mieux possible le concept de micro-services. À son retour, nous avons pu poser des questions pertinentes au référent technique. Malgré un emploi du temps très chargé, il a su nous aiguiller dans la bonne direction et nous avons pu poursuivre le développement d'AmilApp. De plus, avec le départ en mission du développeur leader au début du projet, il fut

pour moi plus difficile de concevoir la notion de micro-services. J'ai néanmoins pu montrer ma capacité d'adaptation en continuant les recherches et en développant une première ébauche de l'application.

Enfin, les technologies utilisées sont récentes et ne sont donc pas exemptées de bugs. Je pense particulièrement à l'utilisation de *Docker for Windows* avec le WSL2¹⁹, une application qui, comme son nom l'indique, permet de lancer les services Docker sur un environnement Windows. En effet, la fonctionnalité est récente et beaucoup de bugs subsistent encore. Nous avons donc perdu quelques heures à en comprendre certains.

8. Analyse de l'approche choisie : une réelle évolution chez Amiltone

8.1. Résultats obtenus

Actuellement, l'architecture du projet AmilApp est totalement définie mais toutes les briques ne sont pas développées entièrement :

¹⁹ WSL2, Windows Sub-system for Linux, permet d'exécuter un environnement Linux directement sur le système Windows, sans passer par une machine virtuelle.

- La communication interservices est totalement implémentée avec ActiveMQ.
- Le pattern CQRS est défini et l'équipe est en train de développer les micro-services dans ce sens.
- La configuration de Kong n'est pas complètement terminée :
 - o L'intégration du plugin OpenID Connect est en cours d'intégration.
 - o La redirection vers le service d'autorisation n'est pas du tout implémentée.
- Le déploiement continu et automatisé de chaque micro-service sur l'environnement de test est terminé.

J'ai alors pu confirmer les avantages des micro-services :

- Rapidité de l'exécution des tests unitaires grâce à la séparation de chaque service.
- Simplicité du déploiement continue indépendamment de chaque micro-service.
- L'efficacité de l'architecture orientée événements.

De plus, après une première démonstration fonctionnelle, il y a eu un véritable engouement pour l'utilisation de cette architecture sur d'autres projets. En effet, sa capacité d'adaptabilité et de modularité permet d'envisager de nombreuses possibilités comme par exemple la réutilisation de certaines briques d'AmilApp.

Mais malgré tous ces bénéfices, les micro-services nous ont posé quelques problèmes et nous avons dû retravailler toute notre architecture depuis le début à plusieurs reprises.

8.2. Analyse du champ d'application de la solution élaborée

AmilApp est la première application interne web ayant pour base l'architecture micro-services. Le projet sert surtout d'expérimentation, renseigne sur ce qu'il est possible de faire ou non, et permet d'apprendre de nos potentielles erreurs. Mais une fois maîtrisée, il sera très intéressant pour les futurs projets internes d'utiliser une architecture micro-service, en fonction de la taille de l'application. Et comme AmilApp sert de base de lancement, j'ai pour objectif de faire en sorte que l'application soit la plus générique et évolutive possible, donc réutilisable sur d'autres projets.

Aujourd'hui, après avoir poussé l'utilisation de NestJS, l'utilisation du framework a été élargie aux nouveaux projets internes.

8.3. Mise en perspective avec d'autres contextes

L'utilisation des micro-services ne se limite pas à un seul contexte en particulier. Grâce à sa modularité, ils peuvent être **adaptés à tout type de projet** de taille suffisamment conséquente. En effet, il serait contre-productif de diviser une application monolithique ne contenant qu'une seule classe, cela complexifierait grandement l'application.

Cependant, une telle architecture **n'est pas forcément adaptée à toutes les entreprises**. Celles-ci doivent pouvoir moderniser leur organisation ainsi que les technologies utilisées pour les exploiter de la manière la plus optimisée possible. L'application de la méthode Agile est vivement conseillée et l'intégration de collaborateurs maîtrisant l'environnement DevOps dans les équipes de développeurs est indispensable.

9. Réflexion sur le stage et le mémoire : Un cheminement riche en expériences et de multiples perspectives

9.1. Auto-évaluation du travail réalisé

Mes collègues ont été pour moi une réelle source d'information, que ce soit ceux d'Amiltone ou mes camarades de promotion, j'ai dû apprendre à communiquer de façon efficace, collaborer pour pouvoir avancer plus vite et plus loin, et débattre pour appuyer mes solutions, mais surtout, j'ai appris d'autrui. Dans une communauté basée sur l'Open-Source, l'entraide

et l'humilité sont les clés d'une progression rapide et j'ai suivi ce principe tout au long de mon alternance et de mes études en général.

Les différents projets de groupes effectués lors de mon cursus à SUPINFO International University m'ont mis face à des cahiers des charges stricts, des deadlines assez courtes et même de la superposition de différents projets sur la même période temporelle. Une hiérarchisation des tâches était primordiale pour les mener à bien et pouvoir ajouter le maximum de fonctionnalités possible. Il fallait faire des choix, défendre ses positions, et bien que je sois un peu moins à l'aise avec ce genre d'exercice, j'ai tout de même participé un maximum aux différents débats et réunions de groupe.

Un autre moyen pour progresser a été pour moi l'opportunité de donner des cours aux étudiants des promotions inférieurs. Il m'a fallu me renseigner sur les différentes techniques pédagogiques, préparer les cours, travailler les exercices, savoir répondre aux questions. Je pense en être sorti grandi et apte à mieux m'exprimer en public, ce qui était l'un de mes points faibles en entamant cette aventure chez Amiltone.

Au cours de mon alternance, j'ai travaillé sur des projets très différents en termes de technologies et d'organisation. J'ai parfois été intégré dans une équipe de taille assez conséquente, parfois de taille réduite, et occasionnellement en autonomie sur un projet. Grâce à AmilApp, j'ai expérimenté ces trois modes de fonctionnement. J'ai trouvé particulièrement intéressant le travail effectué sur l'organisation de la communication interne dans cette entreprise de taille moyenne. Nous étions trois alternants au début du projet, chacun supervisé par un référent technique. Étant tous étudiants, nous avions le même mode de fonctionnement et les projets de groupe de l'école m'ont permis de m'adapter facilement.

Au cours de la seconde année de mon alternance, j'ai eu la responsabilité de prendre des décisions importantes pour le projet, comme la refonte globale de celui-ci. Les chefs de projet ont su me faire confiance et m'ont alors confié la tâche de faire la revue de code sur d'autres projets internes.

Étant sur AmilApp depuis ses débuts, je suis en quelque sorte devenu le noyau du projet et globalement, je pense avoir permis au projet de garder une certaine stabilité sur son avancement ainsi que sur sa qualité de code.

La rédaction de ce mémoire m'a permis de prendre le temps d'étudier et d'apprécier les technologies que j'ai utilisées pendant mon alternance. Grâce à l'expérience acquise au cours de cette période, j'ai su prendre du recul sur les technologies apprises, sur leur fonctionnement et sur mes préférences afin d'en avoir un avis plus pertinent qu'à mes débuts.

9.2. Bilan des acquis sur les aspects techniques, stratégiques et managériaux

C'est au courant des premiers mois passés sur AmilApp que j'ai pu réellement **progresser techniquement**, grâce également au développeur leader de la Web Factory qui a procédé à mes revues de code. Malgré la frustration occasionnée parfois, surtout au début, lorsque j'étais confronté techniquement à mes erreurs, j'ai rapidement pu **acquérir plus de maîtrise** et présenter par la suite un travail plus abouti et comprenant de moins en moins de code à corriger.

C'est pendant cette même période que j'ai également pu étudier la façon de gérer et administrer un projet. J'ai en effet assisté à plusieurs réunions où les décisions étaient prises pour AmilApp et cela m'a permis de mieux comprendre les enjeux de la communication interne en entreprise.

Par la suite, lors de mon travail en autonomie, j'ai appris à **estimer avec précision** le temps de développement des différentes tâches prévues, afin d'offrir au chef de projet une meilleure visibilité sur la mise en production finale de l'application. J'ai alors dû faire des choix technologiques pour ensuite les **exposer et démontrer leur importance** au chef de projet. J'ai notamment rédigé la documentation technique du projet dans le but d'assurer la continuité et la compréhension du code. J'ai également suivi les « guidelines » des technologies utilisées ainsi que les bonnes pratiques pour garder un projet propre. En effet, **ces éléments sont primordiaux pour renforcer la maintenabilité** de tout type de projet.

Après les phases de recherches pour le nouveau backend d'AmilApp, j'ai été rejoint par plusieurs collaborateurs. Étant le plus ancien sur le projet, j'ai pour rôle le **pilotage de la mise en place de l'architecture micro-services** permettant une meilleure évolutivité, maintenabilité et testabilité des différentes fonctionnalités de l'application. Tout d'abord, j'ai dû **évaluer la dette technique** présente sur le starter-kit et **la possibilité de son utilisation** dans une telle architecture. Il a fallu externaliser le plus de classes et de services possible et cela m'a poussé à **créer les premiers packages NPM** internes de la société.

J'ai également eu la **responsabilité de faire des critiques et des retours constructifs** soit aux développeurs, en relisant leur code pendant les merges requests, soit à l'équipe design en leur précisant ce qu'il était possible de réaliser ou non sur l'application, ou encore au chef de projet lorsqu'il s'agissait de faire des comptes rendus.

Longtemps seul à travailler sur AmilApp, je pense avoir pris une place importante tout au long de son développement en finissant par m'imposer comme l'intermédiaire polyvalent et indispensable entre les acteurs concernés par ce projet : la Mobile Factory, le studio de design, les développeurs et le chef de projet.

9.3. Perspectives professionnelles en relation avec les compétences acquises

Mes expériences chez Amiltone m'ont ouvert de nombreuses perspectives dans les métiers du numérique. Une grande majorité des tâches qui m'ont été déléguées ont forcément été tournées vers le développement et l'algorithmie, cependant j'ai tout de même disséqué des problèmes ayant des teintes plus managériales ou opérationnelles.

J'ai pu m'intéresser au rôle de chef de projet. Là où ma pédagogie et ma bonne gestion de crise seraient un plus, le management, étant assez dissocié du côté technique, ne m'attire pas particulièrement.

J'ai aussi pu travailler sur des problématiques de DevOps concernant la mise en place de machines virtuelles, de pipelines d'intégration continue, de déploiement et de conteneurisation, et bien que cela fut enrichissant lors de mon alternance et pour la rédaction de mon mémoire, ce sont encore une fois des pratiques qui ne me stimulent pas autant que le développement applicatif.

A mes débuts sur le projet, j'ai tout d'abord travaillé en tant que développeur frontend pour intégrer les maquettes et les diverses fonctionnalités côté navigateur, ce métier touche à beaucoup de problématiques concernant l'utilisateur. Il faut penser à l'accessibilité (norme WCAG), l'UX et l'UI et choisir le framework front qui sera le plus adapté au projet. Le développeur frontend est l'artisan travaillant main dans la main avec les designers pour faire ressortir la direction artistique et l'image de marque que le produit veut mettre en avant.

J'ai aussi évolué en tant que développeur backend. C'est celui qui s'occupera plutôt du traitement et du stockage des données, de l'authentification, de la sécurité et la résilience de l'application. C'est selon moi le côté le plus intéressant d'une application web car il contient le plus de logique et d'algorithmie. Il faut penser à une architecture solide et maintenable pour pouvoir ajouter des fonctionnalités sans compromettre l'intégrité de l'application.

Les deux facettes du métier de développeur web m'intéressant, j'ai opté pour le rôle de développeur fullstack. C'est tout simplement celui qui combinera les deux spécialités évoquées ci-dessus. Il est assez intéressant d'être à cette position puisque cela facilite grandement la communication mais surtout la logique entre le front et le back end.

Dans un futur relativement proche, j'aspire à devenir développeur leader. Il doit à la fois allier les compétences de développeur back et front, mais il a aussi un rôle pédagogique, stratégique et managérial. En effet, il doit savoir analyser les besoins du client pour ensuite établir le cahier des charges et rédiger les spécifications techniques. C'est alors à lui de diriger son équipe sur

Réflexion sur le stage et le mémoire : Un cheminement riche en expériences et de multiples perspectives

les technologies les plus adaptées au projet. Il aura finalement un rôle décisionnel important pour l'avancée d'un projet. Le rôle de développeur leader est pour moi la suite logique de mon évolution en tant que développeur fullstack.

10. Conclusion

Aujourd'hui, les applications doivent être accessibles depuis n'importe où et à tout moment pour les utilisateurs. Cela implique aux équipes de développement d'être focalisées sur la qualité de leurs produits afin d'assurer une disponibilité continue et sans faille, tout en respectant des délais parfois très courts.

L'objectif de ce mémoire était alors de montrer comment accélérer le démarrage d'un projet en expliquant la mise en place d'une solution web modulaire, évolutive et réutilisable.

L'une des approches possibles était donc la combinaison du concept de starter-kit et de l'intégration de l'architecture micro-services au sein d'un projet « starter-kit micro-services » afin de permettre à de futurs projets de disposer d'un environnement prêt pour la production dès leur commencement. En suivant cette approche micro-services, une structure monolithique est divisée en de multiples modules indépendants les uns des autres, réduits à une seule fonctionnalité chacun, et réutilisables. Cela permet de préserver une excellente maintenabilité ainsi qu'une grande évolutivité, ce qui est déterminant et indispensable pour un projet qui est amené à être réutilisé de nombreuses fois.

J'ai alors évoqué dans ce mémoire différents concepts importants de l'architecture micro-services afin de proposer une solution fiable et qualitative. L'implémentation de Kong en tant qu'API Gateway permet de centraliser les requêtes utilisateurs et de sécuriser chaque micro-service. Ensuite, l'approche orientée événement permet de préserver un couplage faible entre chaque micro-services ainsi qu'une meilleure réactivité de leur part, grâce à l'utilisation d'un service de messages : ActiveMQ. Enfin, le pattern CQRS répond à plusieurs problématiques de dépendances interservices en séparant le traitement des données de leur récupération. Globalement, on peut dire que l'architecture micro-services s'apparente à un recueil de bonnes pratiques à mettre en place lors du développement d'un projet.

En fin de compte, ce travail d'amélioration et d'optimisation par la mise en place de cette architecture a opéré une modification dans la façon d'appréhender les nouveaux défis, les nouveaux projets au sein de la Web Factory. En effet, le « guide de bonnes pratiques » résultant de la démarche initiale (la création d'une application facilitant la communication interne) serait en lui-même un excellent simplificateur de communication transversale au sein de l'entreprise !

11. Webographie

Site web d'Amiltone : <https://www.amiltone.com/home>

Site web de Bluck Studio : <https://www.bluck.studio/>

Site web de Data New Road : <http://data-newroad.com/>

Manifeste Agile : <https://manifesteagile.fr/>

Firebase : <https://firebase.google.com/?hl=fr>

Explication des micro-services – 11 Juin 2020 :

- <https://www.technologies-ebusiness.com/enjeux-et-tendances/architectures-micro-services-objectifs-benefices-defis-partie-1>

- <https://www.technologies-ebusiness.com/enjeux-et-tendances/architectures-micro-services-objectifs-benefices-defis-partie-2>

Spring : <https://spring.io/>

SpringBoot : <https://spring.io/projects/spring-boot>

Hackathon-starter – 11 juillet 2020 : <https://github.com/sahat/hackathon-starter>

Docker : <https://www.docker.com/>

Gravitee : <https://www.gravitee.io/>

HAProxy : <http://www.haproxy.org/>

Tyk : <https://tyk.io/>

Kong : <https://konghq.com/kong/>

Pattern : Microservice Architecture – 20 Juin 2020 :

<https://microservices.io/patterns/microservices.html>

Pattern : Saga (Event Driven Architecture) – 8 août :

<https://microservices.io/patterns/data/saga.html>

Nats : <https://nats.io/>

RabbitMQ : <https://www.rabbitmq.com/>

ActiveMQ : <http://activemq.apache.org/>

All About Messaging Protocols – 15 août 2020 : <https://www.eejournal.com/article/20150420-protocols/>

Pattern : Command Query Responsibility Segregation (CQRS) – 22 août 2020 :

<https://microservices.io/patterns/data/cqrs.html>

Problématiques et solutions pour la gestion des données distribuées – 22 août 2020 :

<https://docs.microsoft.com/fr-fr/dotnet/architecture/microservices/architect-microservice-container-applications/distributed-data-management>

Ts.ED : <https://tsed.io/>

NestJS : <https://nestjs.com/>

Central Authentication Service :

https://www.esup-portail.org/consortium/espace/SSO_1B/cas/

OpenID Connect : <https://openid.net/connect/>

OpenID Connect Core 1.0 incorporating errata set 1 :

https://openid.net/specs/openid-connect-core-1_0.html

Node-oidc-provider : <https://github.com/panva/node-oidc-provider>

Ldapjs : <http://ldapjs.org/>

Kong-oidc : <https://github.com/nokia/kong-oidc>

Annexe 1 : <https://www.atys-concept.com/blog-de-la-performance/articles-performance-industrielle/iaas-paas-saas-modele-cloud-choisir-solutions-de-performance-industrielle/>