**Travail de Bachelor**

Étude et mise en place d’une plateforme web facilitant la gestion de projets entre mandants et équipes de développeurs indépendants

Non confidentiel

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 🏢  **Mandant** | ➡️  Liste de fonctionnalités  Délai | 🧑‍💻🧑‍💻🧑‍💻  **Équipe de développeurs** |
| ⬅️  Cahier des charges  Coût |
| ✅  Produit / Rémunération |
| 🐟  **MoonFish** | | |

|  |  |
| --- | --- |
| **Étudiant :** | **Thibaud Alt** |
| **Travail proposé par :** | Guillaume Wägli  Boulevard de Pérolles 20  1700 Fribourg |
| **Enseignant responsable :** | Patrick Lachaize |
| **Année académique :** | 2020-2021 |

Yverdon-les-Bains, le 7 octobre 2021

Département TIC

Filière Informatique

Orientation Systèmes de gestion

Étudiant Thibaud, Alt

Enseignant responsable Patrick, Lachaize

Travail de Bachelor 2020-2021

Étude et mise en place d’une plateforme web facilitant la gestion de projets entre mandants et équipes de développeurs indépendants

**Résumé publiable**

Aujourd'hui, la gestion de projets informatiques respecte la plupart du temps le même processus :

1. Un mandant soumet une liste de fonctionnalités et un délai pour la production d’un produit
2. Un vendeur (et/ou directeur, chef de projet) décrit un cahier des charges et propose un devis au mandant
3. Le vendeur négocie avec le mandant la forme du projet
4. Le mandant accepte et signe un devis comprenant un coût, une qualité et un délai
5. Le vendeur impose un cahier des charges et des délais de réalisation à une équipe de développeurs
6. L’équipe de développeurs implémente le projet et crée un livrable
7. Le vendeur livre le produit fini
8. Le mandant paie le projet (et les dépassements de coûts/qualité/délai !)

Les problèmes rencontrés lors de ces projets sont nombreux, les principaux et les plus problématiques sont les suivants :

* Pour le mandant : Dépassement des coûts, non-respect des délais, diminution des fonctionnalités… → Au final le mandant se retrouve le jour du délai demandé avec aucun livrable ou un livrable ne contenant qu’une partie des fonctionnalités et avec un coût planifié atteint voir dépassé.
* Pour les développeurs : Cahier des charges, problèmes technologiques, manque de temps… → Au final les développeurs doivent fournir un livrable bâclé présentant des bugs dus au manque de temps, avec une documentation faible ou inexistante.

**Objectifs**

La solution envisagée se base sur la communication directe entre le mandant et l’équipe de développeurs. Le processus se simplifie alors comme suit :

1. Un mandant met en concours une liste de fonctionnalités et un délai pour la production d’un produit
2. Différentes équipes de développeurs décrivent un cahier des charges comprenant une liste de fonctionnalités réalisables, un choix technologique, une qualité et un coût dans le délai donné
3. Le mandant accepte et signe un des cahiers des charges proposés
4. L’équipe de développeurs implémente le projet pour lequel elle s’est engagée et livre un produit final que le mandant paie

Pour mettre en relation les mandants et les développeurs, faciliter la communication, proposer des devis, gérer les délais et les flux financiers la solution s’apparente à créer et développer une plateforme web.

Au travers de cette plateforme, les équipes de développeurs sont en "compétition sociale" entre elles. Le fait de choisir ses coéquipiers, de définir les technologies, les prix, les choix laissés aux équipes et la dimension sociale motivent et permettent de lisser la plupart des problèmes. En cas de livraison d’un produit final exemplaire ou au contraire d’un échec (non-respect d’un délai d’un projet, diminution des fonctionnalités, abandon, etc.) les équipes sont notées publiquement. Ainsi la réputation d’une équipe permet à celle-ci de grandir, de décrocher plus de projets et assure la qualité et la réussite des projets.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Étudiant :  Alt Thibaud | Date et lieu :  …………………………………… | Signature :  …………………………………… |
| Enseignant responsable :  Lachaize Patrick | Date et lieu :  …………………………………… | Signature :  …………………………………… |
| Nom de l’entreprise/institution :  Guillaume Wägli | Date et lieu :  …………………………………… | Signature :  …………………………………… |

**Préambule**

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

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

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

HEIG-VD

Le Chef du Département

Yverdon-les-Bains, le 7 octobre 2021

**Authentification**

Le soussigné, Thibaud Alt, atteste par la présente avoir réalisé seul ce travail et n’avoir utilisé aucune autre source que celles expressément mentionnées.

Fribourg, le 7 octobre 2021

Thibaud Alt

**Remerciements**

TODO

**Table des matières**

[1 Introduction 10](#_Toc83024756)

[1.1 But du document 10](#_Toc83024757)

[1.2 Problématique 10](#_Toc83024758)

[1.3 Objectifs 10](#_Toc83024759)

[1.4 Valeur ajoutée 11](#_Toc83024760)

[2 Cahier des charges 13](#_Toc83024761)

[2.1 Éléments généraux 13](#_Toc83024762)

[2.2 Éléments d’études 14](#_Toc83024763)

[2.3 Besoins fonctionnels 15](#_Toc83024764)

[2.4 Besoins non fonctionnels 16](#_Toc83024765)

[2.5 Extensions 16](#_Toc83024766)

[3 Étude de marché 18](#_Toc83024767)

[3.1 Définission du marché 18](#_Toc83024768)

[3.2 La demande 18](#_Toc83024769)

[3.3 L’offre 18](#_Toc83024770)

[3.4 L'environnement 19](#_Toc83024771)

[3.5 *Business Model Canvas* 19](#_Toc83024772)

[4 Analyse 21](#_Toc83024773)

[4.1 User stories 21](#_Toc83024774)

[4.2 Graphisme et ergonomie 25](#_Toc83024775)

[4.3 Réception des livrables, validation et paiement 33](#_Toc83024776)

[4.4 Livraison et intégration continue 33](#_Toc83024777)

[5 JavaScript 34](#_Toc83024778)

[5.1 Applications web « *State-of-the-Art* » 34](#_Toc83024779)

[5.2 Le JavaScript c’est quoi ? 34](#_Toc83024780)

[5.3 Environnements d’exécutions 34](#_Toc83024781)

[5.4 Frameworks *front-end* 35](#_Toc83024782)

[5.5 Frameworks *back-end* 41](#_Toc83024783)

[5.6 Tests technologiques 46](#_Toc83024784)

[6 Système de gestion de base de données 61](#_Toc83024785)

[6.1 Base de données relationnelle 61](#_Toc83024786)

[6.2 Base de données orientée documents 64](#_Toc83024787)

[6.3 Base de données orientée graphe 64](#_Toc83024788)

[7 Planification 69](#_Toc83024789)

[7.1 Sprint N°1 : Développement de l’API 69](#_Toc83024790)

[7.2 Sprint N°2 : Développement des interfaces utilisateur 69](#_Toc83024791)

[7.3 Sprint N°3 : Intégration des interfaces et de l’API 69](#_Toc83024792)

[7.4 Sprint N°4 : Mise en place des relations et recommandations 70](#_Toc83024793)

[7.5 Sprint N°5 : Finalisation du projet 70](#_Toc83024794)

[8 Réalisation 71](#_Toc83024795)

[8.1 API avec *Express.js* 71](#_Toc83024796)

[8.2 Front-end avec *Vue.js* 94](#_Toc83024797)

[8.3 Recommandations sur *Neo4j* à l’aide de *Cypher* 96](#_Toc83024798)

[8.4 Tests 104](#_Toc83024799)

[9 Améliorations 105](#_Toc83024800)

[*9.1* *Back-end* 105](#_Toc83024801)

[*9.2* *Front-end* 105](#_Toc83024802)

[10 Conclusion 106](#_Toc83024803)

[11 Annexes 109](#_Toc83024804)

[*11.1* Repository *GitHub* 109](#_Toc83024805)

[11.2 Ressources externes 109](#_Toc83024806)

[11.3 Historique du développement web 109](#_Toc83024807)

[11.4 Architectures logicielles 112](#_Toc83024808)

[11.5 Frameworks 115](#_Toc83024809)

[11.6 Solutions « *stack* » 118](#_Toc83024810)

**Glossaire**

|  |  |
| --- | --- |
| **Ajax** | Méthode permettant d'effectuer des requêtes à un serveur et d’en afficher les résultats sans avoir besoin de recharger une page web complète |
| **API** | *Application Programming Interface*, ensemble normalisé de méthodes servant de façade par laquelle un logiciel peut offrir des services à d'autres logiciels |
| **Back-end** | Couche représentant l'accès aux données d'un logiciel, travail réalisé par le serveur |
| **Callback** | Une fonction de rappel (*callback*) est une fonction qui est passée en argument à une autre fonction. Cette autre fonction peut alors *rappeler* la fonction argument à un moment donné. |
| **Commit** | Anglicisme désignant l’enregistrement effectif d’une transaction dans un système de révision de fichier |
| **CSS** | *Cascading Style Sheets*, langage informatique décrivant la présentation d'une page web |
| **DOM** | *Document Object Model,* interface de programmation normalisée permettant à des scripts d'examiner et de modifier le contenu d’une page web |
| **Endpoint** | Points de contact de la communication lors de l’interaction avec une *API* |
| **Framework** | Ensemble de composants structurels servant à créer les fondations d'un logiciel |
| **Front-end** | Couche de présentation, travail réalisé par le client |
| **JavaScript** | Langage de programmation de scripts principalement employé dans les pages web |
| **JSON** | *JavaScript Object Notation*, format de données textuelles permettant de représenter de l’information structurée |
| **GIT** | Logiciel de gestion de versions décentralisé |
| **Hello, World!** | Programme informatique très simple permettant d’illustrer la syntaxe de base d'un langage de programmation |
| **HTML** | *Hypertext Markup Language*, langage de balisage conçu pour représenter les pages web |
| **HTTP** | *Hypertext Transfer Protocol*, protocole de communication client-serveur développé pour le World Wide Web |
| **HTTPS** | Variante de l’HTTP sécurisée par l'usage des protocoles spécifiques (TLS). |
| **JS** | Abréviation de *JavaScript* |
| **JSON** | *JavaScript Object Notation*, format de données textuelles permettant de représenter de l’information sous forme structurée |
| **NPM** | Gestionnaire de paquets officiel de Node.js |
| **Open Source** | Logiciel respectant les principes de libre accès au code source et de libre redistribution |
| **ORM** | *Object–Relational Mapping,* interface entre un programme applicatif et une base de données relationnelle |
| **PHP** | *Hypertext Preprocessor*, langage de programmation libre, principalement utilisé pour produire des pages web dynamiques |
| **PME** | Petite ou moyenne entreprise |
| **Repository** | Anglicisme de dépôt ou référentiel représentant un stockage centralisé et organisé de données |
| **Responsive** | Technique de conception de site web visant à offrir une consultation confortable sur toutes les tailles d'écrans |
| **SCRUM** | Cadre de développement de produits logiciels |
| **SGBDR** | Système de gestion de bases de données relationnelles |
| **SQL** | *Structured Query Language*, langage informatique normalisé servant à exploiter des bases de données relationnelles |
| **UI** | *User interface*, dispositif matériel ou logiciel permettant à un usager d'interagir avec un produit informatique |
| **UUID** | *Universally unique identifier*, système permettant d'identifier de façon unique une information |
| **UX** | *User experience*, qualité du vécu d’un utilisateur dans un environnement numérique ou physique |
| **XML** | *Extensible Markup Language*, langage de balisage extensible |
| **Wireframe** | Schéma de conception d'une interface graphique définissant les zones et les composants que celle-ci doit englober |
| **YAML** | *Yet Another Markup Language*, format de représentation de données par sérialisation, alternative à *JSON* |

# Introduction

## But du document

Ce document représente le travail de Bachelor réalisé durant le dernier semestre de formation de la filière Informatique avec orientation « *Systèmes de gestion* » à la Haute École d’Ingénierie et de Gestion du canton de Vaud.

## Problématique

Aujourd'hui, la gestion de projets informatiques respecte la plupart du temps le même processus :

1. Un mandant soumet une liste de fonctionnalités et un délai pour la production d’un produit
2. Un vendeur (et/ou directeur, chef de projet) décrit un cahier des charges et propose un devis au mandant
3. Le vendeur négocie avec le mandant la forme du projet
4. Le mandant accepte et signe un devis comprenant un coût, une qualité et un délai
5. Le vendeur impose un cahier des charges et des délais de réalisation à une équipe de développeurs
6. L’équipe de développeurs implémente le projet et crée un livrable
7. Le vendeur livre le produit fini
8. Le mandant paie le projet (et les dépassements de coûts, la baisse de qualité, le non-respect des délais !)

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 🏢  **Mandant** | ➡️  Liste de fonctionnalités  Délai | 💼  **Vendeur**  **Chef de projet** | ➡️  Cahier des charges  Délais | 🧑‍💻  **Développeur** |
| ⬅️  Coût  Qualité | ⬅️  Produit |

Les problèmes rencontrés lors de ces projets sont nombreux, les principaux et les plus problématiques sont les suivants :

* Pour le **mandant** : Dépassement des coûts, non-respect des délais, diminution des fonctionnalités…

*→ Finalement le mandant se retrouve le jour du délai demandé avec aucun livrable ou un livrable ne contenant qu’une partie des fonctionnalités et avec un coût planifié atteint voir dépassé.*

* Pour les **développeurs** : Cahier des charges, problèmes technologiques, manque de temps…

*→ Finalement les développeurs doivent fournir un livrable bâclé présentant des bugs dus au manque de temps, avec une documentation faible, voire inexistante.*

## Objectifs

La solution envisagée se base sur la communication directe entre le mandant et l’équipe de développeurs. Le processus se simplifie alors comme suit :

1. Un mandant met en concours une liste de fonctionnalités et un délai pour la production d’un produit
2. Différentes équipes de développeurs décrivent un cahier des charges comprenant une liste de fonctionnalités réalisables, un choix technologique, une qualité et un coût dans le délai donné
3. Le mandant accepte et signe un des cahiers des charges proposés
4. L’équipe de développeurs implémente le projet pour lequel elle s’est engagée et livre un produit final que le mandant paie

Pour mettre en relation les mandants et les développeurs, faciliter la communication, proposer des devis, gérer les délais et les flux financiers la solution s’apparente à créer et développer **une plateforme web**.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 🏢  **Mandant** | ➡️  Liste de fonctionnalités  Délai | 🧑‍💻🧑‍💻🧑‍💻  **Équipe de développeurs** |
| ⬅️  Cahier des charges  Coût |
| ✅  Produit / Rémunération |

Au travers de cette plateforme, les équipes de développeurs sont en "compétition sociale" entre elles. Le fait de choisir ses coéquipiers, de définir les technologies, les prix, les choix laissés aux équipes et la dimension sociale motivent et permettent de lisser la plupart des problèmes.

En cas de livraison d’un produit final exemplaire ou au contraire d’un échec (non-respect d’un délai d’un projet, diminution des fonctionnalités, abandon, etc.) les équipes sont notées publiquement. Ainsi la réputation d’une équipe permet à celle-ci de grandir, de décrocher plus de projets et assure la qualité et la réussite des projets.

## Valeur ajoutée

Le but premier de cette plateforme web est d’éliminer un ou plusieurs intermédiaires ceux-ci étant une cause de multiplication des problèmes. Prenons l’exemple du célèbre jeu du *téléphone arabe*, plus il y a d’acteurs, moins le message initial a de chance d’arriver correctement et non déformé au destinataire final. De plus, chaque être humain à une façon personnelle d’émettre et d’interpréter les informations qu’il reçoit d’autres êtres humains. Dans un projet, ces éléments s’appliquent également ; plus il y a d’acteurs, plus le contenu du projet diverge, plus le temps de celui-ci est allongé et plus les coûts sont élevés.

L’optique de cette plateforme web est d’éliminer au maximum les acteurs intermédiaires et de mettre en valeur les acteurs apportant une réelle plus-value à un projet. Dans le but d’arriver à créer un produit en réduisant les coûts tout en respectant les délais et en visant une qualité requise. Ces acteurs sont, *tout comme au téléphone arabe l’émetteur et le destinataire du message,* le ou les mandants et le ou les développeurs. Pour que ces deux mondes se comprennent et arrivent à collaborer dans le but de créer un produit répondant au besoin, cela demande des efforts de compréhension des deux côtés ainsi qu’une implication forte de chacun dans le projet.

Pour aider la communication entre les différents acteurs tout au long du projet, diriger la gestion de celui-ci et ainsi remplacer et améliorer les rôles des intermédiaires, la plateforme web disposera de différentes valeurs ajoutées. Premièrement, la gestion des projets sera faite en respectant un cadre de travail SCRUM qui permet d’encadrer, de standardiser et d’ainsi faciliter la conduite des projets. De plus, la plateforme mettra à disposition de ses clients différents services notamment :

* Un espace de travail incluant un forum permettant un échange direct d’informations, de fichiers, d’images, etc. qui sera accessible et à disposition de tous les acteurs du projet.
  + En plus de la version originale du message et si nécessaire, cet espace inclura un système de traduction des messages dans la langue préférée de l’utilisateur. Permettant ainsi à des acteurs de toutes régions du monde de travailler ensemble facilement.
  + Des livrables avec une gestion des versions seront mis à disposition du mandant tout au long du projet, celui-ci pourra alors vérifier et corriger en cours de réalisation le bon déroulement du projet.
  + Une intelligence artificielle pourra être interpellée en cas d’incompréhension de vocabulaire entre mandants et développeur, celle-ci pourra reformuler certaines phrases, vulgariser certains termes et apporter des éléments supplémentaires nécessaires à une bonne compréhension.
* La mise à disposition sporadique de professionnels externes pour traiter un point spécifique du projet. Par exemple le recours à un médiateur en cas de conflit entre certains acteurs du projet, l’appel à un consultant ou à un expert pour prendre une décision stratégique, le suivi par un coach en cas de baisse de motivation, etc.
* Un système de sous-traitance de tâches simples et répétitives permettant de répondre rapidement à un besoin ponctuel. Par exemple la saisie de centaines d’articles dans un magasin de vente en ligne, le nettoyage d’une base de données, la recherche d’images d’illustrations, etc.
* Un *espace de connaissances* mettant à disposition des ressources, des cours, des tutoriels, des outils, etc. apportant des notions théoriques ainsi que différents savoirs nécessaires liés à la gestion de projets.
* Une équipe d’assistance disponible en tout temps pour répondre aux différentes questions liées à la plateforme et ainsi aider ses clients à tout moment.

Dans ce travail de Bachelor, nous nous focalisons sur des produits informatiques pour développer l’idée, mais ce concept pourrait très bien s’adapter à tout type de projets et d’industries. Nous pourrions par exemple imaginer une entreprise de construction avec comme projet l’élaboration d’un bâtiment même si dans ce cas, il y aurait certainement plus que deux types d’acteurs.

# Cahier des charges

## Éléments généraux

### Objectifs du travail de diplôme

Les objectifs de ce projet pour ce travail de Bachelor sont les suivants :

* Réaliser une étude de marché sommaire
  + Travail de recherche de "ce qui se fait" actuellement et des éventuels produits existants concurrents
* Analyser via un "*State of the art*" les différentes techniques permettant le développement d’applications web en 2021 dans le but d’une sélection pour la réalisation
* Définir la structure et la technologie de la ou des base(s) de données à utiliser
* Développer une première version de l’application web client-serveur
* Proposer des améliorations et/ou d'autres fonctionnalités à développer dans des versions postérieures de l’application web

### Périmètre

Dans sa première version, l’application web on attend au minimum les fonctionnalités et point de conceptions suivants :

* La plateforme permettra à un utilisateur de se créer un compte, de gérer son profil et de rejoindre une ou plusieurs équipes de développeurs
* Un mandant pourra se créer un compte, gérer son profil, soumettre un ou plusieurs projets, choisir une équipe de développement et attribuer une évaluation à une équipe de développeurs lorsqu’un projet sera finalisé
* Une équipe de développeur (via un *team leader*) pourra gérer son profil, soumettre sa candidature pour des projets proposés et déposer des livrables pour ses projets en cours
* L’application web sera monolingue et sera proposée en anglais
* L’application web disposera d’une interface fonctionnelle sur les navigateurs web récents et sur une taille d’écran d’ordinateurs classiques

### Planning

Pour ce projet, deux possibilités de rendus sont possibles :

1. La première nécessitant un taux de travail à 100% consiste à un rendu intermédiaire à la mi-juillet et un rendu final à la fin août.
2. La première nécessite un taux de travail d’uniquement 60% et consiste à un rendu intermédiaire à la fin-juillet et un rendu final à la fin septembre.

Ayant des obligations professionnelles et ne pouvant pas réduire mon taux de travail pour les mois de juillet à septembre, j’ai opté pour la seconde option proposée. De ce fait, le planning suivant en découle.

|  |  |
| --- | --- |
| **Date** | **Échéance** |
| Vendredi 21 mai 2021 | *Rendu du cahier des charges* |
| Mardi 13 juillet 2021 | *Rendu intermédiaire incluant le rapport intermédiaire* |
| Jeudi 7 octobre 2021 | *Rendu final incluant le rapport final et l’application fonctionnelle* |
| Du 25 octobre au 5 novembre | *Soutenance du travail de Bachelor* |

Le planning détaillé des tâches ainsi que le suivit de celles-ci est réalisé dans le document *« TB\_Planning\_Alt-Thibaud.xlsx »* disponible sous forme d’annexe.

## Éléments d’études

### Étude de marché sommaire

Un travail de recherche de "ce qui se fait" actuellement sera réalisé et une étude de marché sommaire présentera les éventuels produits existants concurrents. Cette étude pourra être composé d’une matrice d'affaires (*Business Model Canvas*), des différentes cibles visées par la plateforme web, du marché potentiel et du profil des clients, du secteur d’activité ou encore des éventuels risques et menaces.

### Technologies

Le but est de réaliser une application web client-serveur entièrement en JavaScript à l’aide de Node.js et de frameworks comme Express.js, React.js, Vue.js ou équivalent. Pour réaliser cette plateforme, l’utilisation des technologies web récentes et actuelles semble cohérente, ces choix techniques devront être vérifiés et validés dans une phase d’analyse.

#### State of the art

Un état de l'art des techniques permettant le développement d’applications web en 2021 sera réalisé. Celui-ci s’intéressera plus particulièrement aux technologies JavaScript choisies pour réaliser ce projet. Cet état de l’art étudiera les deux axes de développement nécessaire, à savoir le *front-end* avec des frameworks JavaScript et le *back-end* avec les environnements d'exécution et les frameworks.

#### Persistance des données

Le choix de la technologie de la ou des bases de données à utiliser devra être étudié. Pour stocker les informations des utilisateurs, les informations spécifiques aux projets, les évaluations, etc. une unique base de données SQL semble adéquate. Cependant ce choix devra être confirmé et validé durant la phase d’analyse. Une application monolithique semble plus facile à mettre en place dans un premier temps, cependant l’utilisation éventuelle de microservice ne doit pas être et devra être prise en compte lors de la phase d’analyse et de conception.

#### Gestion de dépendances

La gestion de dépendances sera réalisée avec *npm* qui est le gestionnaire de paquets officiel de Node.js si ce dernier est choisi lors de la phase d’analyse pour y développer la plateforme. Ce gestionnaire de paquet est très pratique, car il fonctionne avec un simple terminal, gère les dépendances par application et permet d'installer très facilement des paquets Node.js disponibles sur le dépôt npm. En outre, toutes les informations nécessaires au développement et au déploiement sont écrites en clair dans un fichier JSON ce qui permet de gérer les dépendances de librairies tierces et d’automatiser leur téléchargement.

#### Livraison et intégration continue (CI / CD)

L’environnement d’intégration continue et de déploiement continu utilisé sera git à l’aide de la plateforme web *github.com* et du logiciel *GitHub Desktop*. Cet environnement et ses outils associés mettent à disposition un système de gestion des versions complet, ainsi qu’un puissant système de tests et de déploiement.

#### Livrables

Désirant réaliser le développement de l’application web avec la méthodologie SCRUM, celle-ci prévoit de générer autant de livrables que de *sprints* agendés. Une fois les différents *sprints* définis, chaque livrable sera clairement identifié sur le système de gestion des versions. Celui-ci pourra alors éventuellement être déployé, hébergé et soumis au client.

#### Hébergement

Les différents livrables pourront être déployés au fur et à mesure de son développement sur une plateforme cloud tel que *AWS* (*Amazon Web Services*), *Heroku* ou encore *Netlify*. Les principaux avantages de ses plateformes cloud sont qu’elles permettent un déploiement extrêmement rapide qui peut être automatisé avec plusieurs outils de livraison continue, qu’elles ne nécessitent pas de configurations complexes et qu’elles sont gratuites dans une certaine mesure.

## Besoins fonctionnels

### User stories

Dans les user stories suivantes, nous prendrons cinq points de vue différents à savoir :

* Un utilisateur (il s’agit ici d’un développeur)
* Une équipe de développeurs (il s’agit ici de plusieurs développeurs)
* Un mandant
* Un modérateur
* Un intervenant externe (il peut s’agir d’un expert, d’un médiateur, d’un coach, d’un assistant, etc.)

|  |  |
| --- | --- |
| Epic 1 | **Création d’un compte et authentification**  En tant que développeur ou en tant que mandant, je veux pouvoir me créer facilement un compte utilisateur puis l’utiliser par la suite pour m’authentifier. |
| Epic 2 | **Gestion de profil**  En tant que développeur ou en tant que mandant, je veux pouvoir gérer mon profil. En tant que développeur je peux rejoindre ou quitter une ou plusieurs équipes de développeurs. |
| Epic 3 | **Soumission de projets**  En tant que mandant, je veux pouvoir soumettre des projets et choisir une équipe de développement pour les réaliser. Pour ce faire, je peux consulter le profil de l’équipe de développeurs ainsi que les profils des différents membres de celle-ci. |
| Epic 4 | **Évaluation d’une équipe de développeurs**  En tant que mandant, je veux pouvoir évaluer une équipe de développeurs une fois un projet finalisé et livré ou abandonné. Mon évaluation est alors visible et consultable par tous les autres mandataires. |
| Epic 5 | **Soumission de candidature**  En tant qu’équipe de développeurs, je veux pouvoir soumettre ma candidature, mon cahier des charges et mes coûts pour un projet proposé. |
| Epic 6 | **Dépôt des livrables**  En tant qu’équipe de développeurs, je veux pouvoir téléverser des documents, des livrables et des informations tout au long du projet. Ceux-ci sont alors visibles pour tous les membres de l’équipe ainsi que pour le mandant. |
| Epic 7 | **Classement des équipes et des développeurs**  En tant que visiteur, je peux consulter le classement mensuel, annuel et « *de tous les temps* » des équipes de développeurs. En tant que visiteur, je peux également consulter le classement d’un développeur. |
| Epic 8 | **Espace de travail**  En tant qu’utilisateur de la plateforme, je peux accéder à mon espace de travail incluant un forum par projet en cours. Ces forums me permettent d’accéder à toutes les informations nécessaires au bon déroulement des projets. |
| Epic 9 | **Discussions instantanées**  En tant qu’utilisateur de la plateforme, je peux accéder via mon espace de travail à un système de discussions instantanées. |
| Epic 10 | **Gestion des projets et des utilisateurs**  En tant que modérateur, j’ai des droits de gestion sur des projets et des équipes qui me sont associées. Je peux valider la publication ou non d’un projet, bannir un utilisateur ou une équipe, etc. |
| Epic 11 | **Gestion de l’espace de connaissances**  En tant que modérateur, je peux analyser les ressources publiques et créer ou mettre à disposition de la communauté du matériel théorique comme : des cours, des tutoriels, des outils, des articles, etc. |
| Epic 12 | **Intervention** **externe**  En tant qu’intervenant externe je dois, lorsqu’on me sollicite, pouvoir intervenir et apporter mon expertise sur un projet ou sur une situation. |

## Besoins non fonctionnels

### Contraintes dues à l’environnement

Ce projet étant nouveau et non lié à environnement précis, il ne dispose pas de contraintes techniques définies. Il devra cependant pouvoir s’inscrire dans un portefeuille de projets web existants et de ce fait devra suivre les *bonnes pratiques* de développement actuelles.

Plus tard, il se pourrait que d’autres développeurs soient amenés à faire évoluer ce projet, c’est pourquoi celui-ci devra être correctement documenté et devra être développé avec des frameworks connus et maîtrisé par un grand nombre de développeurs.

### Besoins de performance, d’ergonomie et de fiabilité

#### Interface et expérience utilisateur

L’interface utilisateur devra respecter une charte graphique et des maquettes définies. L’application web devra être intuitive, l’expérience utilisateur devra être fluide et l’ergonomie agréable.

#### Charges et ressources

L’application ne devra pas, du moins dans sa première version, supporter un taux de charge excessif. Toutefois, elle devra être pensée et développée de telle sorte à pouvoir l’adapter à ces points dans des versions postérieures.

## Extensions

### « *Si temps le permet* »

#### Inscription et connexion via des services tiers

Aujourd’hui nous possédons tous de nombreux comptes sur internet et il n’est pas toujours facile de se souvenir quelle combinaison nom d’utilisateur/mot de passe nous avons définis. De plus, les inscriptions à un service web sont souvent des étapes lentes et contraignantes qui vont à l’encontre de l’expérience utilisateur. Partant de ce constat, il serait judicieux d’ajouter des services tiers (Google, Apple…) comme moyen de connexion à la plateforme web.

#### Multilinguisme

L’application étant dans sa première version uniquement disponible en anglais, il serait judicieux de la traduire dans d’autres langues permettant ainsi d’attaquer différents marchés. Dans un premier temps, et pour le marché suisse, l’application pourra être traduite en Allemand et en Français.

#### Adaptation « *responsive* »

L’application web étant fonctionnelle sur un ordinateur bureau classique, il serait fort agréable pour l’utilisateur d’également disposer d’une interface sur ces appareils mobiles. Cette interface, éventuellement réduite, devra donc être agréablement utilisable et fonctionnelle sur des téléphones mobiles récents et sur des tablettes récentes.

### Dans des versions futures

#### Solutions de paiement

Dans une version future, il serait intéressant d’étudier puis d’implémenter différentes solutions de paiement à la plateforme web.

#### Intégration de professionnels externes

Une des valeurs ajoutées de la plateforme est la possibilité de faire appel à un professionnel externe pour traiter un point spécifique du projet. Par exemple le recours à un médiateur en cas de conflit entre certains acteurs du projet, l’appel à un consultant ou à un expert pour prendre une décision stratégique, le suivi par un coach en cas de baisse de motivation, etc. Ces acteurs externes seraient des partenaires indépendants, validés par un système de sélection et leurs services seraient proposés aux mandants et/ou aux développeurs au travers de la plateforme.

#### Système de sous-traitance

Un système de sous-traitance de tâches simples et répétitives permettant de répondre rapidement à un besoin ponctuel pourra être intégré directement à la plateforme. Celui-ci pourra être utilisé par exemple pour la saisie d’articles dans un magasin de vente en ligne, le nettoyage d’une base de données, la recherche d’images d’illustrations, etc. L’idée ici serait de trouver différents partenaires effectuant ce type de services et de les intégrer entièrement à la plateforme. De ce fait l’utilisation de ce système par les développeurs serait très simple et ils n’auraient pas à quitter la plateforme.

#### Espace de connaissances

Un espace de connaissances mettant à disposition des ressources, des cours, des tutoriels, des outils, etc. apportant des notions théoriques ainsi que différents savoirs nécessaires liés à la gestion de projets. Cet espace se construirait au fur et à mesure des projets via les connaissances acquises par les différents acteurs et sur le principe de « *l’open source* ». De plus, il pourrait être envisageable de mandater un expert en gestion de projets qui réaliserait une série de tutoriels vidéo vulgariser, accessibles à tous et intégrant les différentes spécificités de la plateforme.

#### Vulgarisation et reformulation

Dans une version future, une intelligence artificielle pourra être interpellée en cas d’incompréhension de vocabulaire entre mandants et développeur lors de discussions textuelles instantanées. Cette intelligence artificielle pourra reformuler certaines phrases, vulgariser certains termes et apporter des éléments supplémentaires nécessaires à la bonne compréhension du message.

# Étude de marché

Le but de ce chapitre n’est pas de faire une étude de marché complète mais plutôt de faire un tour d’horizon des produits similaires existants, des possibilités, des risques et des opportunités.

## Définission du marché

Caractéristiques générales du marché, taille, potentiel, segmentation

La zone géographique visée est, dans un premier temps, les pays européens et plus particulièrement la Suisse. Plus tard, il sera intéressant de réaliser une étude sur d’autres pays avec des fonctionnement managériaux plus différents comme l’Asie par exemple.

## La demande

Ce projet s’adresse principalement à deux types de profils distincts puisqu’il a pour but de les mettre en relation :

1. **Les PME et grandes entreprises**

Les clients pouvant proposer des projets sur la plateforme devraient être des PME ou de grandes entreprises voulant développer un projet spécifique dont la liste de fonctionnalités et les délais sont définis précisément. Au lieu d’engager du personnel pour un projet ou de mandater une entreprise externe, ces entreprises peuvent proposer leur projet sur la plateforme.

1. **Les développeurs informatiques**

De l’autre côté, le projet a besoin de développeurs informatiques indépendants ou employés désirant développer un ou plusieurs projets en équipe. Ces développeurs doivent maîtriser une ou plusieurs technologies de développements, être autonomes et savoir travailler en équipe.

## L’offre

### Concurrence directe

*Trouver d’autres produits similaires et analyser leurs stratégies et leurs fonctionnalités.*

#### *Codeur.com*

« *Codeur.com est la première place de marché des développeur indépendants en France. Avec plus de 60’000 développeurs inscrits, vous êtes certains de trouver le développeur freelance idéal pour votre projet.* »

*Site web :* [*www.codeur.com*](http://www.codeur.com)

#### *Freelance.com*

*« Avec notre communauté de 370 000 consultants et experts indépendants, et notre réseau de 1 000 PME et start-up, nous connectons les entreprises avec les meilleurs experts. »*

*Site web :* [*www.freelance.com*](http://www.freelance.com)

https://www.letemps.ch/economie/un-site-web-aide-independants-specialises-linformatique-communication-trouver-mandats

### Concurrence indirecte

Nous retrouvons comme type de concurrence indirect les entreprises spécialisés dans la réalisation de projets informatiques et qui offriraient des services similaires à la plateforme.

## L'environnement

L’analyse de l’environnement et de son influence sur le marché peut être réalisé selon la méthode *PESTEL* qui reprend les facteurs macro-environnementaux pouvant influencer positivement ou négativement un projet*.*

### Environnement politique

stabilité des gouvernements et des politiques, contexte politique, tendances fiscales… Quelle est la stabilité politique ? Existe-t-il des tensions particulières ? Quel est le régime en place ? Quelle est la politique en matière de fiscalité, de commerce, etc. ?

### Environnement économique

cycle économique, taux de croissance, pouvoir d’achat, taux d’intérêt, monnaie, inflation, chômage… Quelle est la conjoncture économique actuelle ? Quel est le taux de chômage ? Quelle est le revenu disponible ? Quelle est son évolution ?

### Environnement socio-culturel

démographie, composition socio-culturelle de la population et tendances, mobilité sociale, modes de consommation, éducation, travail, loisirs… Quelle est la culture ? Quelles sont les valeurs et les normes ? Quel est le niveau d'éducation ? Comment évolue la démographie ? Quelles sont les habitudes de consommation ?

### Environnement technologique

politique publique de R&D, tendances d’innovation, dépenses privées de R&D… Quelles sont les évolutions technologiques à venir ? Sont-elles fréquentes ? Quels secteurs sont-ils concernés ?

### Facteurs environnementaux

lois sur l’écologie et l’énergie, Quelle est la sensibilité aux enjeux du développement durable ? Quelles sont les mesures prises en faveur de l'environnement ? Quel traitement est réservé aux déchets ?

### Environnement légal

lois, droit du travail, réglementation et normes de sécurité… Quelle est la législation qui encadre votre activité ? Comment peut-elle évoluer ? Quel est le rôle des pouvoirs publics ? Quel est le rôle des groupes d'influence et des organisations professionnelles ? Etc.

## *Business Model Canvas*

Après avoir définis les différents points décrivant la proposition de valeur, l'infrastructure, les clients et les finances, etc., je les ai intégrés dans un « *Business Model Canvas* ». Ce modèle de gestion stratégique, proposé en 2005 par *Alexander Osterwalder,* est souvent utilisé pour développer de nouveaux modèles commerciaux.



Figure 1 : « Business Model Canvas » de la plateforme à réaliser

# Analyse

## User stories

Une « *user story* » est une explication non formelle, générale d'une fonctionnalité logicielle écrite du point de vue de l'utilisateur final. Son but est d'expliquer comment une fonctionnalité logicielle apportera de la valeur au client.

Dans les user stories suivantes, nous prendrons cinq points de vue différents à savoir :

* Un utilisateur (il s’agit ici d’un développeur)
* Une équipe de développeurs (il s’agit ici de plusieurs développeurs)
* Un mandant
* Un modérateur
* Un intervenant externe (il peut s’agir d’un expert, d’un médiateur, d’un coach, d’un assistant, etc.)

Les degrés de priorisation vont de 1 à 3 ; 1 étant la priorité la plus importante et 3 la priorité la moins importante. Les niveaux de complexités s’étendent de 1 à 5 ; 1 étant une tâche facile et 5 une tâche complexe.

### Création d’un compte et authentification

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 1 |
| *Titre* | Création d’un compte et authentification |
| *Description* | En tant que développeur ou en tant que mandant, je veux pouvoir me créer facilement un compte utilisateur puis l’utiliser par la suite pour m’authentifier. |
| *Tâches associées* | 1. L’utilisateur doit pouvoir se créer un compte avec au minimum un nom, une adresse email et un mot de passe. 2. L’utilisateur doit pouvoir se connecter et accéder à son compte. 3. L’utilisateur doit pouvoir récupérer son mot de passe en cas d’oublis de celui-ci. |
| *Priorisation* | 3 / 3 |
| *Complexité* | 3 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Gestion de profil

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 2 |
| *Titre* | Gestion de profil |
| *Description* | En tant que développeur ou en tant que mandant, je veux pouvoir gérer mon profil. En tant que développeur je peux rejoindre ou quitter une ou plusieurs équipes de développeurs. |
| *Tâches associées* | 1. L’utilisateur doit pouvoir ajouter/modifier/supprimer ses données de contacts (nom, prénom, adresse, etc.). 2. L’utilisateur doit pouvoir modifier ses informations de connexions (email et mot de passe). 3. L’utilisateur doit pouvoir ajouter/modifier/supprimer ses informations professionnelles (CV, langages connus, etc.). 4. L’utilisateur doit pouvoir rejoindre et quitter une équipe de développeurs. 5. L’utilisateur doit pouvoir créer une équipe de développeurs. 6. L’utilisateur doit pouvoir gérer les informations de contacts d’une équipe de développeurs (adresse mail, informations bancaires, etc.). 7. L’utilisateur doit pouvoir gérer les membres de son équipe de développeurs. 8. L’utilisateur doit pouvoir transmettre la gestion et la responsabilité d’une équipe de développeurs à un utilisateur tiers. |
| *Priorisation* | 3 / 3 |
| *Complexité* | 2 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Soumission de projets

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 3 |
| *Titre* | Soumission de projets |
| *Description* | En tant que mandant, je veux pouvoir soumettre des projets et choisir une équipe de développement pour les réaliser. Pour ce faire, je peux consulter le profil de l’équipe de développeurs ainsi que les profils des différents membres de celle-ci. |
| *Tâches associées* | 1. Le mandant doit pouvoir publier un projet à réaliser. 2. Le mandant doit pouvoir modifier les informations liées à un nouveau projet (listes de fonctionnalités, délais). 3. Le mandant doit pouvoir choisir une équipe de développeurs pour réaliser le projet. 4. Le mandant doit pouvoir consulter les profils des équipes de développeurs. 5. Le mandant doit pouvoir consulter les profils des développeurs. |
| *Priorisation* | 2 / 3 |
| *Complexité* | 2 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Évaluation d’une équipe de développeurs

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 4 |
| *Titre* | Évaluation d’une équipe de développeurs |
| *Description* | En tant que mandant, je veux pouvoir évaluer une équipe de développeurs une fois un projet finalisé et livré ou abandonné. Mon évaluation est alors visible et consultable par tous les autres mandataires. |
| *Tâches associées* | 1. Le mandant doit pouvoir attribuer une note à une équipe de développeurs. 2. Le mandant doit pouvoir écrire un rapport (feed-back) sur le déroulement d’un projet. 3. Les notes et les rapports obtenus par une équipe de développeur doivent s’afficher sur le profil de celle-ci. |
| *Priorisation* | 2 / 3 |
| *Complexité* | 3 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Soumission de candidature

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 5 |
| *Titre* | Soumission de candidature |
| *Description* | En tant qu’équipe de développeurs, je veux pouvoir soumettre ma candidature, mon cahier des charges et mes coûts pour un projet proposé. |
| *Tâches associées* | 1. Tous les développeurs doivent pouvoir consulter la liste des projets ouverts à la réalisation. 2. Une équipe de développeurs (via son responsable) doit pouvoir soumettre sa candidature pour un projet proposé. 3. Une équipe de développeurs doit être notifiée en cas de sélection de leur soumission pour un projet. |
| *Priorisation* | 2 / 3 |
| *Complexité* | 2 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Dépôt des livrables

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 6 |
| *Titre* | Dépôt des livrables |
| *Description* | En tant qu’équipe de développeurs, je veux pouvoir téléverser des documents, des livrables et des informations tout au long du projet. Ceux-ci sont alors visibles pour tous les membres de l’équipe ainsi que pour le mandant. |
| *Tâches associées* | 1. Une équipe de développeurs (via son responsable) doit pouvoir téléverser des documents électroniques de différents formats (« .*pdf* », « *.docx* », « *.xlxs* », etc.). 2. Une équipe de développeurs (via son responsable) doit pouvoir téléverser des archives « *.zip* » de livrables du projet. 3. Le mandant doit être notifié lorsqu’un téléversement est effectué. 4. Le mandant doit pouvoir consulter tous les documents et livrables liés au projet. |
| *Priorisation* | 3 / 3 |
| *Complexité* | 4 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Classement des équipes et des développeurs

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 7 |
| *Titre* | Classement des équipes et des développeurs |
| *Description* | En tant que visiteur, je peux consulter le classement mensuel, annuel et « *de tous les temps* » des équipes de développeurs. En tant que visiteur, je peux également consulter le classement d’un développeur. |
| *Tâches associées* | 1. Un visiteur doit pouvoir consulter une page de classement présentant les équipes de développeurs et comportant des options de tris et de filtres. 2. Un visiteur doit pouvoir consulter le classement d’un développeur via sa page de profil. |
| *Priorisation* | 1 / 3 |
| *Complexité* | 4 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Espace de travail

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 8 |
| *Titre* | Espace de travail |
| *Description* | En tant qu’utilisateur de la plateforme, je peux accéder à mon espace de travail incluant un forum par projet en cours. Ces forums me permettent d’accéder à toutes les informations nécessaires au bon déroulement des projets. |
| *Tâches associées* | 1. Un acteur du projet doit pouvoir ajouter différents types de fichiers (texte, images, etc.) 2. Un acteur du projet doit pouvoir consulter toutes les ressources liées à un projet. 3. Un acteur du projet doit pouvoir transmettre une information à tous les participants d’un projet. 4. Le responsable d’une équipe de développeurs doit pouvoir mettre à jour régulièrement un livrable du code du projet, ce livrable inclut une chronologie des versions. 5. Le mandant doit pouvoir télécharger en tout temps les différents livrables. |
| *Priorisation* | 2 / 3 |
| *Complexité* | 3 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Discussions instantanées

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 9 |
| *Titre* | Discussions instantanées |
| *Description* | En tant qu’utilisateur de la plateforme, je peux accéder via mon espace de travail à un système de discussions instantanées. |
| *Tâches associées* | 1. Un acteur du projet doit pouvoir discuter, sous forme textuelle, avec un membre du projet. 2. Un acteur du projet doit pouvoir discuter, sous forme textuelle, avec un groupe de membres du projet. 3. Si nécessaire, un utilisateur peut activer un système de traduction instantané des messages dans sa langue préférée. |
| *Priorisation* | 1 / 3 |
| *Complexité* | 4 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Gestion des projets et des utilisateurs

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 10 |
| *Titre* | Gestion des projets et des utilisateurs |
| *Description* | En tant que modérateur, j’ai des droits de gestion sur des projets et des équipes qui me sont associées. Je peux valider la publication ou non d’un projet, bannir un utilisateur, etc. |
| *Tâches associées* | 1. Un modérateur doit pouvoir être notifié lorsqu’un nouveau projet est mis en ligne par un mandant. 2. Un modérateur doit pouvoir analyser les données d’un nouveau projet mis en ligne 3. Un modérateur doit pouvoir valider ou refuser la publication d’un nouveau projet. En cas de refus, il doit pouvoir le justifier via un rapport. 4. Un modérateur doit pouvoir bannir un utilisateur et le justifier 5. Un modérateur doit pouvoir bannir une équipe et le justifier |
| *Priorisation* | 1 / 3 |
| *Complexité* | 3 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Gestion de l’espace de connaissances

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 11 |
| *Titre* | Gestion de l’espace de connaissances |
| *Description* | En tant que modérateur, je peux analyser les ressources publiques et créer ou mettre à disposition de la communauté du matériel théorique comme : des cours, des tutoriels, des outils, des articles, etc. |
| *Tâches associées* | 1. En tant que modérateur de l’espace de connaissances, j’ai aux ressources publiques de tous les projets. Je peux les filtrer, les trier et les catégoriser. 2. En tant que modérateur de l’espace de connaissances, je peux ajouter une nouvelle ressource et là publier. 3. En tant que modérateur de l’espace de connaissances, je peux modifier ou supprimer une ressource que j’ai publiée. |
| *Priorisation* | 1 / 3 |
| *Complexité* | 2 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

### Intervention externe

|  |  |
| --- | --- |
| *Identifiant* | Epic 12 |
| *Titre* | Intervention externe |
| *Description* | En tant qu’intervenant externe je dois, lorsqu’on me sollicite, pouvoir intervenir et apporter mon expertise sur un projet ou sur une situation. |
| *Tâches associées* | 1. Tout utilisateur doit pouvoir solliciter l’aider d’un intervenant externe 2. Un intervenant externe doit pouvoir discuter, sous forme textuelle, avec un membre du projet. 3. Un intervenant externe doit pouvoir discuter, sous forme textuelle, avec un groupe de membres du projet. 4. Un intervenant externe doit pouvoir accéder aux ressources du projet 5. Un intervenant externe doit pouvoir ajouter des ressources au projet (rapport d’expertise, PV de séance, etc.) 6. Un intervenant externe doit pouvoir notifier un modérateur en cas de conflit qui sort de son domaine de compétences |
| *Priorisation* | 1 / 3 |
| *Complexité* | 2 / 5 |
| *Auteur* | Thibaud Alt |
|  |  |

## Graphisme et ergonomie

### Charte graphique

L’application web à réaliser se doit d’être attirante, moderne, intuitive, fluide et agréable à utiliser. Elle devra s’inspirer des caractéristiques de design « *flat patterns* » et minimalistes de la conception web qui sont les suivantes :

* Dispositions en grille
* Palette de couleurs limitée ou monochrome
* Fonctionnalités d’un élément graphique restreint à une seule fonction
* Utilisation de grandes images ou de vidéos d'arrière-plan
* Aplats de couleurs et iconographie en images vectorielles simple
* Utilisation et maximisation de « *l’espace négatif* »

Le « *flat patterns* » ou « *flat design* » est un style graphique et un sous-genre du courant minimaliste. Il se caractérise par des formes simples, sans textures ni effets de volumes. Des couleurs vives souvent utilisées en aplats. Des icônes dessinées sous forme synthétique. Ainsi que des polices de caractères souvent originales et de taille importante dans les titrages.

Les sources d’inspirations pourraient être notamment le système d’exploitation *macOS* [[1]](#footnote-1) à partir de sa version 10.10 et son dérivé *iOS*[[2]](#footnote-2) depuis la version 7. L’interface graphique *d'Android* à partir de la version 5 et son « *Material Design*[[3]](#footnote-3) ».

#### Couleurs

Deux couleurs principales ont été définies, il s’agit d’une teinte de bleu profond pour la couleur principale et d’une teinte de turquoise pour la couleur secondaire. Pour ce faire, j’ai utilisé les teintes *Pantone*[[4]](#footnote-4) principalement utilisées dans l’imprimerie qui sont normalisées et référencées.

A picture containing chart

Description automatically generated

Figure 2 : Couleur primaire (PANTONE 534 CP) et couleur secondaire (PANTONE 2398 CP),   
https://www.pantone.com/eu/fr/color-finder/534-CP, https://www.pantone.com/eu/fr/color-finder/2398-CP

À ces deux couleurs, différentes nuances de gris peuvent venir s’ajouter pour réaliser les arrière-plans et les éléments de support.

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Figure 3 : Palette de nuances de gris choisie pour la réalisation de l’application,   
https://tailwindcss.com/docs/customizing-colors

L’application se devra donc de respecter et d’utiliser au maximum ces couleurs définies. Toutefois, au besoin, des couleurs complémentaires peuvent venir s’ajouter afin de dynamiser un contenu ou de mettre en avant une donnée spécifique.

#### Images et image de marque

L’image de marque est primordiale lors de la création d’une application de ce genre, elle véhiculera son identité et ses visions. Les images utilisées et qui permettront de définir visuellement cette image de marque sont donc très importantes. De ce fait, il faut choisir des images qui vont venir soutenir la stratégie de communication et qui en représentant l’application lui seront alors associées.

Pour compléter les couleurs choisies, l’océan et ses mouvements semble être un bon point de départ pour supporter cette application qui a pour vision de rallier différents types de navires (les développeurs et les mandants) dans l’immensité de l’océan (les domaines de l’informatique en générale).

La banque d’images librement utilisables *unsplash.com* regorge d’images de tout type et pourra être utilisé pour trouver des images pertinentes à intégrer.

#### Nom et logotype

Pour rester dans le thème de la mer, j’ai choisi d’utiliser deux poissons comme premier logo pour l’application. Ceux-ci représentent les deux types de clients qui pourront se retrouver dans la plateforme web ainsi que leur mise en relation via un projet.

|  |  |
| --- | --- |
| Logo, company name  Description automatically generated | A picture containing icon  Description automatically generated |
| Figure 4 : Logotype et nom de la plateforme dans les couleurs définis et sa nuance en noir et blanc | |

Pour le nom de la plateforme, j’ai choisi d’utiliser le terme « *MoonFish* ». Celui-ci étant la traduction littérale du « poisson lune » français mais n’existant pas en anglais, j’ai trouvé intéressant de l’utiliser tel quel. Un poisson lune à la particularité de changer d’apparence selon l’angle de vue depuis lequel on l’observe tout comme les projets. En effet, de face le poisson lune est tout fin et ovale alors que de profil il est plutôt rond et imposant. Tout comme les projets qui sont souvent perçu d’une façon différente par tous ses acteurs ayant chacun un point de vue différent.

### Maquettage

Pour réaliser des maquettes et des « *wireframe »*, il existe de nombreux outils allant du simple dessin à la main, au service en ligne tel que *draw.io*[[5]](#footnote-5), en passant même par des applications dédiées telles que *Sketch*[[6]](#footnote-6)ou *Adobe Photoshop*[[7]](#footnote-7). Pour ce projet et dans le but de gagner du temps, j’ai choisi de réaliser des maquettes à la main sur mon iPad puis de les transposer directement dans un framework CSS. De ce fait, ces maquettes seront utilisables telles quelles, et ce sans nécessiter de redéveloppement dans l’application web finale. Le choix du framework permettant de réaliser ces maquettes est étudié et justifié dans le point suivant.

### Choix du framework

Pour faciliter la création d’un design d’une page web, différents frameworks sont à disposition des développeurs. Le plus connu et le plus utilisé depuis plusieurs années est *Bootstrap[[8]](#footnote-8)* développé par Twitter depuis 2011. La solution de facilité aurait été de directement utiliser ce framework puisque je l’ai déjà utilisé et éprouvé dans différents projets. Cependant, j’ai envie de découvrir s’il existe un autre framework aussi bon voir meilleur. C’est pourquoi j’ai choisi de comparer *Bootstrap* à un tout nouveau venu : *Tailwind CSS*[[9]](#footnote-9).

#### Bootstrap

Le framework *Bootstrap* est développé par *Twitter* depuis 2011. Il a été conçu par Mark Otto et Jacob Thornton et son premier déploiement eut lieu lors de la première « *hackweek »* organisée par Twitter. Il se présente sous la forme d’une collection d'outils spécifiques permettant la création de designs et facilitant la mise en page, le graphisme, les animations et les interactions d’une page web.

Logo, icon

Description automatically generated with medium confidence

Figure 5 : Logo de Bootstrap depuis sa version 5,  
https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bootstrap\_logo.svg

Techniquement, ce framework se présente sous la forme d’un ensemble de fichiers HTML et CSS ainsi qu’en option des extensions JavaScript. Il est composé de formulaires, de boutons, d’outils de navigation, de diaporama et de divers éléments interactifs via l’ajout des options JS. Depuis sa seconde version, *Bootstrap* supporte et améliore la conception de sites web adaptatifs, permettant ainsi à tous les projets l’utilisant de s'adapter dynamiquement aux différentes tailles d’écrans sur lesquels ils sont visionnés (PC, tablette, smartphone). De plus, *Bootstrap* est compatible avec les dernières versions de tous les navigateurs principaux du marché. Ce qui fait la force de ce framework, c’est notamment son système de positionnement des éléments sur une page web via son système de « *grid* ». Ce système utilise les *flexbox (CSS Flexible Box Layout Module)* pour créer des mises en page diverses et variées s’adaptant à toutes les tailles grâce à un système à douze colonnes. Ces mises en pages sont très facilement implémentables grâce à un système de conteneurs, de lignes, de colonnes et de classes CSS prédéfinies.

Chart, line chart

Description automatically generated

Figure 6 : Évolution du terme de recherche "Bootstrap" sur les 5 dernières années,  
https://trends.google.fr/trends/explore?date=today%205-y&q=Bootstrap

De nombreux sites connus et reconnus utilisent *Bootstrap,* c’est notamment le cas de *gitlab.com*, du portail web de WhatsApp ou encore de *paypal.com*. Le site de Twitter, quant à lui, intègre des morceaux de *Bootstrap* dans ses menus déroulants, ses formulaires et certains de ses boutons. D’après le classement établi par le site *Wappalyzer*[[10]](#footnote-10) sur les « *Part de marché des frameworks d'interface utilisateur* », *Bootstrap* sort en tête avec 72% de part de marché en juin 2021. *Google Trends* nous montre l’évolution du terme « *Bootstrap* » dans son moteur de recherche sur les 5 dernières années. Bien qu’assez stable, on peut tout de même observer une courbe descendante depuis début 2019. Celle-ci peut s’expliquer par l’arrivée sur le marché de nombreux autres concurrents fiables remettant la suprématie de *Bootstrap* en question.

*Bootstrap* et constamment maintenu et mis à jour par son équipe de développeur « *Bootstrap Core Team* ». Le 5 mai 2021, la version 5 est officiellement publiée. Les principaux changements de cette 5e version sont : les nouveaux composants pour les menus des téléphones mobiles, la suppression de jQuery au profit de l’utilisation de « *vanilla JavaScript* » et un système de grille amélioré.

#### Tailwind CSS

*Tailwind CSS* est un nouveau venu dans l’univers des frameworks CSS, il a été imaginé et créé par *Adam Wathan* en 2017. Il se présente comme étant un utilitaire permettant de créer rapidement des interfaces utilisateur hautement personnalisables. Grâce aux différents blocs de construction qu’il met à disposition, il autorise des conceptions sur mesure et promet une création rapide sans avoir besoin de recourir à l’écriture de styles CSS. La force de *Tailwind CSS* est qu’il n'impose pas de spécification de conception ou de lignes directrices de ce à quoi devrait ressembler un site. Il se compose d’innombrables petits composants spécifiques permettant, en les rassemblant, de construire une interface utilisateur unique.



Figure 7 : Logo de Tailwind CSS,  
https://tailwindcss.com/brand/

Techniquement, *Tailwind CSS* se compose de différentes classes utilitaires permettant un choix cohérent entre les couleurs, l'espacement, la typographie, les ombres, etc. Pour la partie responsive, *Tailwind CSS* permet de précéder n’importe quelle classe utilitaire d’une taille d’écran spécifique. Cette classe utilitaire sera alors appliquée uniquement à la taille spécifiée. Cela évite d’avoir à gérer de nombreuses « *media queries* » complexes. *Tailwind CSS* supprime automatiquement tous les styles inutilisés lors de la création de la version de production, ce qui signifie que le fichier CSS final est le plus petit possible.

Chart

Description automatically generated

Figure 8 : Évolution du terme de recherche " Tailwind CSS" sur les 5 dernières années,  
https://trends.google.fr/trends/explore?date=today%205-y&q=Tailwind%20CSS

*Tailwind CSS*, via son arrivée récente, tire parti de toutes les fonctionnalités CSS moderne notamment par la prise en charge de la grille CSS, des dégradés composables, des sélecteurs d'état modernes, etc. De par son récent engouement depuis début 2020, comme en témoigne l’évolution *Google Trends* du terme dans son moteur de recherche, ce framework n’est pas encore utilisé par énormément d’applications web. Cependant on peut tout de même citer que le site de covoiturage *BlaBlaCar* l’utilise actuellement sur son site web.

Plusieurs développeurs suivent de près l’évolution de *Tailwind CSS* comme en témoigne la page GitHub lui étant dédiée[[11]](#footnote-11), et le développement de celui-ci est prometteur.

#### Framework choisi

Ayant eu la chance d’expérimenter *Tailwind CSS* lors d’un cours dispensé à la HEIG-VD, j’ai pu me faire un premier avis sur ce framework et cette première expérience était dans l’ensemble réjouissante. C’est pourquoi j’ai maintenant eu l’envie de le comparer à *Bootstrap*, le framework que j’utilise depuis des années. Nous l’avons vu, *Bootstrap* principalement utilisé aujourd’hui grâce à sa facilité d'utilisation, sa documentation et de nombreux « composants CSS prédéfinis ». Mais souvent *Bootstrap* est mal utilisé, charge beaucoup d’éléments et consomme de nombreuses ressources, ce qui dans un projet conséquent comme cette plateforme web peut poser problème.

*Tailwind CSS* quant à lui, à l’avantage de ne pas fournir de thème par défaut ce qui rend peu probable le fait de réaliser deux applications web similaires. Cependant il est tout de même structuré et offre une conception agréable. En partant de ce constat, cela permet déjà pour cette plateforme web d'avoir une identité propre.

La principale différence entre ces deux frameworks réside dans le fait que pour l’un (*Bootstrap*) il va falloir écrire relativement beaucoup de CSS alors que pour l’autre (*Tailwind CSS*) il va falloir ajouter plus de classes aux éléments HTML. Prenons un exemple concret qui nous servira de comparaison entre les deux frameworks. Nous allons réaliser un simple bouton bleu avec du texte blanc qui au survol de la souris doit devenir orange. Le but étant que ce bouton est le même aspect en utilisant *Bootstrap* puis *Tailwind CSS*.

A picture containing chart

Description automatically generated

Avec les styles de *Bootstrap* et la combinaison d’HTML et de CSS suivant, nous obtenons un tel bouton.

|  |
| --- |
| <style>  .hover-orange:hover {  border-color: orange;  background-color: orange;  } </style> <button *type*="button" *class*="btn btn-primary hover-orange">Mon bouton</button> |

Pour obtenir le même résultat avec *Tailwind CSS,* nous n’avons pas besoin d’utiliser de CSS supplémentaire, mais devons ajouter plus de classes comme montré ci-dessous.

|  |
| --- |
| <button *type*="button" *class*="py-2 px-4 bg-blue-600 hover:bg-yellow-500 text-white rounded">Mon bouton</button> |

Les observations que l’on peut faire sont qu’avec *Tailwind CSS* il semble possible de gérer tout le style de l’application en ajoutant simplement des classes HTML dites utilitaires. Avec *Bootstrap,* s’il l’on n’utilise pas un style par défaut, il est essentiel de devoir créer de nouvelles classes et d’y appliquer les différents styles désirés.

Finalement, il s’agit de deux approches différentes qui présentent toutes deux des avantages et des inconvénients, mais qui relève surtout de préférences personnelles des développeurs. Pour ma plateforme web, je vais donc choisir d’utiliser le framework *Tailwind CSS.* Les classes utilitaires à disposition semblent nombreuses et efficaces, cela va me permettre de réaliser rapidement, je l’espère, une interface agréable, sympathique et unique pour ma plateforme web.

#### Installation de *Tailwind CSS*

L’installation de *Tailwind CSS* est très simple, celle-ci peut directement être réalisée via *npm* avec la commande suivante :

|  |
| --- |
| $ npm install -D tailwindcss@latest postcss@latest autoprefixer@latest |
|  |

Puis, avec la commande suivante, on peut générer les fichiers de configuration. Cette commande créer le fichier ‘*tailwind.config.js*’ à la racine du projet et le fichier ‘*postcss.config.js*’ permettant d’activer des modules par défauts.

|  |
| --- |
| $ npx tailwindcss init -p |
|  |

Dans le fichier de configuration principal, il faut spécifier les chemins des fichiers que le framework va nettoyer avant la compilation.

Les différentes classes de *Tailwind CSS* sont alors prêtes à être utilisées.

### Maquettes

#### Squelette

La toute première maquette à réaliser est le squelette général de l’application. Cette mise en page respecte la charte graphique définie ci-avant et sera identique sur toutes les pages du site. Elle se divise des 3 parties distinctes présentées ci-dessous.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

*Logo*

3

2

1

Figure 9 : Maquette représentant le squelette de l’application

1. Volet latéral

Le contenu de ce volet sera identique sur toutes les pages du site, il présente le logo de l’application, le menu de navigation entre les sections principales et le profil de l’utilisateur actuellement connecté.

1. Haut de page

Dans cette partie, l’application présentera un bouton permettant d’afficher le volet latéral contenant la navigation (uniquement au format mobile). Mais également une barre de recherche au centre et sur la droite un résumé des notifications actuelles sera disponible.

1. Contenu de la page

C’est dans cette partie que le contenu dynamique de l’application sera affiché. Dans cette partie, il y a la possibilité de faire défiler le contenu de haut en bas si celui-ci est plus grand que la hauteur de l’écran.

#### Page d’identification

Avant de pouvoir utiliser l’application, n’importe quel utilisateur devra s’y connecter à l’aide d’un identifiant et d’un mot de passe. Pour ce faire, j’ai réalisé la maquette suivante qui me servira de base lors de mes choix technologiques notamment des langages *front-end* et *back-end* qui seront utilisés*.*

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Figure 10 : Maquette représentant la page d’entrée et d’identification de l’application

Celle-ci respecte la charte graphique définie. Elle présente deux possibilités de s’identifier différentes : soit via un couple email / mot de passe, soit en utilisant un des services en ligne proposés. Elle permet également de s’inscrire ou de demander une réinitialisation de mot de passe en cas d’oublis.

## Réception des livrables, validation et paiement

Le déroulement d’un projet dans la plateforme web, sa validation puis sa rémunération suivront les étapes suivantes.

1. Le mandant signe un devis et paie un acompte à la plateforme.

*Développement du projet…*

1. L’équipe de développeurs a terminé le projet, elle le notifie sur la plateforme.
2. Le mandant doit alors régler le montant total du projet à la plateforme.
3. L’équipe de développeurs livre et éventuellement installe le projet chez le mandant puis en notifie la plateforme. La réception proprement dite des livrables est gérée directement entre le mandant et l’équipe de développeurs.
4. Le mandant complète un rapport sur le déroulement du projet et sur l’équipe de développeurs puis valide la livraison et éventuellement l’installation du projet.
5. La plateforme rémunère l’équipe de développeurs et clôt le projet.

Si le mandant ne valide pas la livraison du projet, un expert de la plateforme intervient pour régler le conflit et trouver une solution entre les deux parties. Si le projet est abandonné en cours de route par le mandant, l’équipe de développeurs récupère l’acompte payé par celui-ci.

### Changement d'équipe de développement

Si en cours de projet, l’équipe de développeurs ou le mandant souhaitent rompre le contrat, les deux parties doivent remplir un rapport expliquant les raisons de cette rupture. Ensuite, le projet est proposé une seconde fois sur la plateforme dans son état actuel. Différentes équipes de développeurs peuvent alors proposer leurs services et le mandant doit à nouveau choisir une équipe pour terminer le projet. Le passage du code source, des processus de déploiement, de la documentation, etc. se fait via la plateforme par l’équipe de développeurs « sortante ». Celle-ci se doit de mettre à disposition de la nouvelle équipe de développeurs tous les éléments nécessaires à la bonne continuation du projet.

Un abandon du projet par une équipe de développeurs entraîne de fait un signalement sur le profil de cette équipe. Ce signalement contient le rapport des raisons de l’abandon et est noté par rapport à différents critères notamment sur le travail réalisé, la documentation, le passage des éléments nécessaires, la réactivité, etc.

## Livraison et intégration continue

### Déploiement continu

Pour le déploiement de mon application, tout au long de son développement, j’ai choisi d’utiliser un service en ligne nommé *Netlify*[[12]](#footnote-12). *Netlify* est une entreprise fondée en 2014 qui propose des services d'hébergement pour les sites web statiques et pour les applications Node.js. Ce service s’intégrant parfaitement et très facilement avec *GitHub.com*, il va me permettre de déployer des versions de mon application à chaque « *commit* » en toute transparence.

#### Configuration

La configuration de *Netlify* est très simple puisqu’il suffit de se connecter avec son compte *GitHub* sur le site de *Netlify* et de donner l’accès au « *repository* » contenant le projet à déployer.

Par défaut, *Netlify* nous attribue une URL aléatoire. Celle-ci peut être modifiée dans les réglages généraux. Pour mon projet, j’ai décidé d’utiliser l’URL suivant : <https://heig-tb-moonfish.netlify.app/>. Dorénavant, mon projet et ses évolutions seront donc visibles via cette URL.

# JavaScript

## Applications web « *State-of-the-Art* »

Aujourd’hui, il existe de multiple manière de réaliser des applications web, et ce au travers de nombreux langages et concepts de programmation. Pour ce projet, j’ai pris le parti d’utiliser uniquement le langage JavaScript pour réaliser mon application web. L’avantage du langage JavaScript est qu’il va non seulement me permettre de réaliser la partie *front-end* et les interactions destinés aux utilisateurs que la partie *back-end* et son API associée.

Au travers de ce chapitre, je vais présenter une partie des différents frameworks *front-end* et *back-end* existants sur le marché, puis réaliser des tests technologiques avec certains d’entre eux dans l’objectif de trouver ceux avec lesquels je développerais mon application.

## Le JavaScript c’est quoi ?

|  |  |
| --- | --- |
| JavaScript — Wikipédia  https ://commons.wikimedia.org/ wiki/File :Unofficial\_JavaScript\_logo\_2.svg | Le JavaScript, souvent abrégé *JS*, est un langage de programmation de scripts majoritairement employé dans les pages web. Il a été créé par l’américain Brendan Eich, informaticien chez *Netscape Communications*, dans les années 1990. Sa toute première apparition date du 4 décembre 1995 ce qui en fait aujourd’hui un langage éprouvé. Il est maintenu régulièrement à jour et continue d’être développé par *Netscape* ainsi que par la *Mozilla Foundation*. |

Avec HTML et CSS, JavaScript est l’une des technologies de base du World Wide Web. Les principaux navigateurs web du marché incorporent un moteur JavaScript dédié permettant à l’appareil de l’utilisateur d’exécuter le code JS. JavaScript est conforme à la spécification *ECMAScript*[[13]](#footnote-13), est considéré comme un langage de haut niveau, est souvent compilé « *juste-à-temps* » et est multiparadigme (JavaScript prend en charge les styles de programmation événementiels, fonctionnels et impératifs). Bien qu’il existe des similitudes entre JavaScript et Java notamment au niveau de leur nom, de leur syntaxe ou de leurs bibliothèques standard, les deux langages sont distincts et diffèrent considérablement dans leur conception.

### TypeScript

|  |  |
| --- | --- |
| *TypeScript* est également un langage de programmation de scripts, il a été développé par *Anders* *Hejlsberg* en 2012 et est aujourd’hui maintenu par Microsoft. *TypeScript* n’est pas un langage en soi, mais plutôt un surensemble syntaxique strict pour JavaScript qui permet d’ajouter un typage statique. Son but premier est but d’améliorer et de sécuriser la production de code JS. *TypeScript* peut être utilisé pour développer des applications JavaScript tant du côté client que du côté serveur. Avant d’être interprété, *TypeScript* doit être compilé soit avec son propre vérificateur soit à l’aide de *Babel*[[14]](#footnote-14). | https ://commons.wikimedia.org/ wiki/File :Typescript\_logo\_2020.svg |

Concrètement, *TypeScript* apporte un typage statique optionnel des variables et des fonctions, la création de classes et d’interfaces, et l’import de modules. Tout ceci en conservant l’approche non contraignante de JavaScript et en supportant la spécification *ECMAScript 6*.

## Environnements d’exécutions

Un environnement d'exécution parfois abrégé « *runtime* » est un logiciel responsable de l'exécution de programmes écrits dans un langage de programmation donné par exemple en JavaScript. Son rôle principal est de fournir aux applications tout ce dont elles ont besoin afin d’être correctement exécutées sur une plateforme. Cette plateforme dispose de toutes les ressources nécessaires pour permettre au programme de fonctionner, et ce indépendamment du système d’exploitation. Un environnement d'exécution peut être vu comme une machine virtuelle, car tout comme elle, il offre les services d'exécution natifs de la machine hôte à du code objet. Ces services peuvent être des entrées-sorties, l’arrêt des processus, le traitement des erreurs de calcul, la génération d'événements, etc.

### Node.js

Dans le monde du JavaScript *back-end*, l’environnement d'exécution principal est *Node.js*. *Node.js* est open source, multiplateforme et permet d’exécute du code JavaScript en dehors d'un navigateur Web. De ce fait, il permet d’exécuter des scripts JS du côté du serveur permettant ainsi de produire du contenu dynamique avant d’envoyer une page web au navigateur de l'utilisateur.

|  |  |
| --- | --- |
| https ://commons.wikimedia.org/ wiki/File :Node.js\_logo.svg | *Node.js* a été créé par *Ryan Dahl* un ingénieur software, sa première version date de mai 2009. Il est aujourd’hui l’environnement d'exécution JavaScript le plus utilisé et est régulièrement maintenu par la *OpenJS Foundation*. *Node.js* est utilisé comme plateforme de serveur Web par de nombreux acteurs comme *LinkedIn*, *Microsoft*, *Netflix* ou encore *PayPal*. D’après le site *W3Techs[[15]](#footnote-15), Node.js* est utilisé sur 1,3% du web, ce qui signifie qu’il fait tourner au moins 20 millions de sites web. |

#### npm

*Node.js* ne serait rien sans *npm*, son fidèle gestionnaire de paquets. *npm* se compose d'une interface en ligne de commande et d'une immense base de données en ligne mettant à disposition de nombreux *packages* publics ou certaines fois privés. Il permet une gestion des dépendances simplifiée en s’occupant de les télécharger, de les installer, de les mettre à jour et de les désinstaller. Et tout ceci en maintenant à jour une liste de l’état de ces dépendances permettant à n’importe quel développeur de recréer un environnement de développement à l’aide d’une seule commande. En outre, *npm* fait partie de l'environnement *Node.js* et est donc automatiquement installé à l’installation de ce dernier.

### Deno

|  |  |
| --- | --- |
| *Deno* est également un environnement d'exécution, celui-ci pourrait être considéré comme le petit frère de Node.js, car il a également été développé par *Ryan Dahl*. Il a été annoncé en mai 2018 lors d’une conférence donnée par *Ryan Dahl* : *« 10 choses que je regrette à propos de Node.js ». Deno* se concentre sur la productivité et endosse non seulement le rôle d’environnement d'exécution, mais également celui de gestionnaire de paquet. | https ://commons.wikimedia.org/ wiki/File :Deno.svg |

### Choix d’environnement

Bien qu’intéressant, l’environnement d'exécution *Deno* manque de maturité et de documentation, je ne vais donc pas me lancer dans son utilisation pour réaliser mon application. Cependant il reste un concurrent sérieux au couple éprouvé *Node.js - npm* et est donc à surveillé pour le développement JavaScript de ces prochaines années.

## Frameworks *front-end*

Pour les frameworks *front-end*, le langage JavaScript est l’unique langage côté client utilisé actuellement par les sites web. Selon les données de *W3Techs*, il est présent sur 97.4% des sites web en juin 2021. Le *Flash* est encore présent sur 2% des sites web, il s’agit certainement d’anciens sites qui n’ont jamais été mis à jour depuis son abandon pour des raisons principalement sécuritaires par l’ensemble des navigateurs web qui a commencé il y a plus de dix ans.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Figure 11 : Pourcentages de répartition des langages de programmation côté client utilisés par les sites web en juin 2021,  
https ://w3techs.com/technologies/overview/client\_side\_language

Du fait que JavaScript soit l’unique langage de programmation *front-end* utilisé aujourd’hui, il existe de nombreux moyens de l’implémenter et de l’utiliser. C’est pourquoi, il subsiste aujourd’hui sur le marché des centaines de frameworks JavaScript, chacun étant plus ou moins adapté et conçu pour tel ou tel type d’applications et fournissant plus ou moins de fonctionnalités. Parmi eux, certains prennent le dessus et sont alors majoritairement utilisés par les développeurs. Dans cette section, je vais tenter de comprendre pourquoi certains framework sortent du lot et en détailler les avantages et les inconvénients.

Diagram

Description automatically generated

Figure 12 : Évolution d’utilisation des frameworks JavaScript front-end de 2016 à 2020,  
https://2020.stateofjs.com/en-US/technologies/front-end-frameworks/

### jQuery

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *jQuery* est une bibliothèque JavaScript conçue en 2006 par John Resig pour simplifier la manipulation du DOM HTML, la gestion des événements, les animations CSS et les requêtes *Ajax*. Son utilisation est gratuite et open source, sa distribution utilise la licence MIT. *jQuery* est considéré comme le tout premier framework JS, même s’il n’en est pas réellement un, qui a permis au langage JavaScript d’être découvert puis d’être utilisé en masse par les développeurs web. Encore aujourd’hui, il s’agit et de loin de la bibliothèque JS la plus largement déployée sur le web, avec entre 1/3 et 2/3 (en incluant *jQuery UI* et *jQuery Migrate*) de part de marché. |  | A picture containing text, tableware, dishware, dark  Description automatically generated  https ://fr.wikipedia.org/wiki/ Fichier :Jquery-logo.png |
|  | * 2006 (15 ans) * *The jQuery Team* * JavaScript * Licence MIT * jquery.com |

Chart, sunburst chart

Description automatically generated

Figure 13 : Technologies de bibliothèques JavaScript les plus utilisées en se basant sur la part de marché en 2021,  
<https://www.wappalyzer.com/technologies/javascript-libraries/>

À l’époque de sa sortie, *jQuery* est très intéressant, car il offre de nouvelles possibilités aux programmateurs notamment en permettant de rendre des pages web jusqu’alors statiques, dynamiques plutôt facilement. *jQuery* a également l’avantage de résoudre des problématiques de compatibilité du JS avec les nombreux navigateurs. En effet un seul code *jQuery* fonctionne à l’identique sur tous les navigateurs. Cependant *jQuery* inclut certains inconvénients, et pas des moindres ! Son code est très difficilement structurable et son implémentation n’est pas standardisée, il montre certaines limitations au niveau de la testabilité, de la performance et de la scalabilité. La scalabilité étant la capacité de supporter une montée en charge d’utilisation d’un logiciel.

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * Courbe d'apprentissage rapide * Bonne documentation * Facilite la mise en place des requêtes AJAX * Il existe de nombreux plug-ins | * Peut être lent * Non structuré, code « *spaghetti* » * Fonctionnalités limitées * Non rétrocompatible * Conflit de plug-ins multiples |

#### *Hello, World !*

|  |
| --- |
| <!DOCTYPE *html*> <html> <head>  <meta *charset*="UTF-8">  <script *crossorigin*="anonymous"  *src*="https://code.jquery.com/jquery-3.6.0.min.js"  *integrity*="sha256-/xUj+3OJU5yExlq6GSYGSHk7tPXikynS7ogEvDej/m4="></script>  <script>  $(document).ready(*function* () {  alert("Hello, World!");  });  </script> </head> <body> </body> </html> |
|  |

### React

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *React* ou *React.js* est une bibliothèque JavaScript libre et open source (sous licence MIT) développé depuis 2013 par *Facebook*. Son principal but est de faciliter la création d’application web monopage, et ce via la création de différents composants dépendant d’un état. À chaque changement d’état, le composant associé se met à jour. *React* ne s’occupant que de la gestion des états et de leur rendu dans le DOM, la création d’applications avec *React* nécessite l’utilisation de bibliothèques supplémentaires pour le routage par exemple. |  | https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :React-icon.svg |
|  | * 2013 (8 ans) * *Facebook & communauté* * JavaScript * Licence MIT * reactjs.org |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * Vitesse de traitement élevée grâce au DOM virtuel * Syntaxe *JSX* simple pour les modèles * Large communauté * Fonctionnalités de liaison de données (*data binding*) efficace * Code réutilisable et facile à tester * Migration simple * Possibilité de faire des composants mobiles natifs | * Communauté divisée sur certains aspects gestion des feuilles de style, utilisation de *JSX*) * Style de programmation non « *orientée objet* » * *JSX* peut rapidement devenir compliqué si les modèles sont nombreux et interconnectés * Documentation parfois désuète * Mises à jour constantes, difficiles à intégrer |

#### *Hello, World !*

|  |
| --- |
| *import* React, { Component } *from* 'react';  *class* App *extends* Component {  render() {  *return* (  <div *className*="App">  <h1>Hello, World!</h1>  </div>  );  } }  *export default* App; |
|  |

### Angular

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Angular*, à ne pas confondre avec *AngularJS* est également un framework open source sous licence MIT, il est basé sur *TypeScript* et est maintenu par *Google* depuis ses débuts en 2016. |  | https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Angular\_full\_color\_logo.svg |
|  | * 2016 (5 ans) * *Google* * TypeScript * Licence MIT * angular.io |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * Prise en charge de *TypeScript* * Fort potentiel d'évolutivité (*scalability*) * Algorithmes de liaison de données (*data binding*) sans faille * Prise en charge de l'injection de dépendances basée sur les modules * Nombreuses bibliothèques et fonctionnalités avancées * Architecture MVVM (*Modèle-Vue-VueModèle*) et structure claire * Documentation efficace et détaillée * Framework JS le plus populaire | * Le code peut être difficile à lire * Beaucoup de composants structurels * Performances plus lentes (par rapport à la concurrence) * Processus de rendu lent * Pas de système de routage intégré * Options de référencement limitées * Courbe d’apprentissage lente |

#### *Hello, World !*

|  |
| --- |
| *import* { Component } *from* '@angular/core';  @Component ({  selector: 'my-app',  template: `<h1>{{title}}</h1>`, })  *export class* AppComponent {  title = 'Hello, World !'; } |
|  |

### Vue.js

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Vue.js*, parfois abrégé *Vue*, est framework open source respectant l’architecture *MVVM*. Il a été créé par *Evan You* en 2014 et est régulièrement maintenu par lui-même ainsi que par son équipe de développement initial. Contrairement à d’autres grands frameworks, aucune grande entreprise n’a d’emprise sur *Vue.js*. Il est principalement utilisé pour la création d’interfaces utilisateur et d’applications monopage. *Vue.js*, tout comme *Angular*, est basé sur *TypeScript.* |  | https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Vue.js\_Logo\_2.svg |
|  | * 2014 (7 ans) * *Evan You & core team* * TypeScript * Licence MIT * vuejs.org |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * La courbe d’apprentissage très rapide * Petite taille * Très bonnes performances * Intégration flexible * Forte évolutivité possible * Communauté importante et amicale * Composants réutilisables | * Petite communauté * Faible part de marché * Moins de plug-ins que ces concurrents * Problèmes de performances d’anciens navigateurs web |

#### *Hello, World !*

|  |
| --- |
| <div *id*="app">{{ message }}</div> <script>  *var* app = *new* Vue({  el: '#app',  data: {  message: 'Hello, World!'  }  }) </script> |
|  |

### Svelte

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Svelte,* créé par *Rich Harris* en 2016 et distribué sous licence MIT est un compilateur gratuit et open source. Les applications *Svelte* génèrent du code pour manipuler le DOM, ce qui permet de réduire la taille des fichiers transférés et ainsi améliorer les performances d’exécution. *Svelte* estécrit en *TypeScript* et possède son propre compilateur lui permettant de convertir du code applicatif en JavaScript exécutable du côté client. |  | https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Svelte\_Logo.svg |
|  | * 2016 (5 ans) * *Rich Harris* * TypeScript * Licence MIT * svelte.dev |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * Moins de code, donc moins de bugs potentiels * Pas de DOM virtuel * Très réactif * Implémentation mobile possible * Courbe d'apprentissage minimale * Rapidité d'exécution * Peut être utilisé pour créer l'intégralité de l'application ou utilisé de manière incrémentale * Communauté amicale | * Faible part de marché * Pas de vérification de type * Confusion dans les noms des variables et de la syntaxe * Difficultés liées à un framework de type compilateur * Pas de soutien majeur * Petite communauté |

#### *Hello, World !*

|  |
| --- |
| <h1>{title}</h1> <script>  *import* App *from* './App.svelte';   *const* app = *new* App({  target: document.body,  props: {  title: 'Hello, World!'  }  });   *export default* app;  *export let* title; </script> |
|  |

### Preact

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Preact* se décrit comme une alternative rapide et extrêmement légère (3 Ko) à *React.js*. Il a été développé dans le but de créer un framework de petite taille tout en offrant la même API et les mêmes fonctionnalités que *React.js*.  Cependant pour réussir à faire en sorte que *Preact* soit si petit, il fait des compromis et retire certaines fonctionnalités notamment au niveau de la gestion des événements, de la gestion de validation ou encore au niveau des moteurs de rendu « *renderer* ». |  | https://preactjs.com/assets/app-icon.png |
|  | * 2019 (2 ans) * *Jason Miller* * JavaScript * Licence MIT * preactjs.com |

*Preact* semble de prime abord intéressant, cependant de par son manque de fonctionnalités, je ne vais pas l’utiliser par peur d’être bloqué à un certain moment du projet. Toutefois, si mon choix se porte sur *React.js* pour réaliser mon application et que cela en vaut la peine, il me sera possible de switcher sur *Preact* assez facilement.

### Ember.js

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Ember.js,* créé initialement par *Yehuda Katz* en 2011 et distribué sous licence MIT est un framework incorporant des idiomes communs permettant de créer des applications web évolutives d’une seule page. Sa particularité est qu’il est également possible de créer des applications de bureau et des applications mobiles avec *Ember.js*.  *Ember.js,* est un framework avec une courbe d’apprentissage lente et difficile par rapport à ces concurrents, de plus il peut s’avérer excessivement lourd et contraignant pour des applications simples. Comme le montre la courbe de *« state of JS » ci-dessus,* il n’a pas réussi à attirer beaucoup de développeurs et en a même perdu depuis 2016 dans la compétition des frameworks *front-end*. |  | Ember.js logo  https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Ember.js\_Logo\_and\_Mascot.png |
|  | * 2011 (10 ans) * *Ember Core Team* * JavaScript * Licence MIT * emberjs.com |

De ce fait, je ne veux pas me risquer à me lancer dans l’apprentissage et dans l’utilisation de ce framework pour ce projet. Le temps imparti me semble trop court pour me risquer à la courbe d’apprentissage laborieuse d’*Ember.js*.

## Frameworks *back-end*

Bien que le JavaScript soit majoritairement utilisé pour réaliser la partie *front-end* des applications, il peut également être utilisée du côté du serveur pour réaliser la partie *back-end.* Aujourd’hui, l’utilisation du JS pour les parties *back-end* n’est pas encore très répandue (1.4% en juin 2021). C’est pourquoi il est intéressant de comprendre son positionnement *back-end* et ses possibilités au travers de différents frameworks basés sur cette technologie JS.

Diagram

Description automatically generated

Figure 14 : Évolution d’utilisation des frameworks JavaScript back-end de 2017 à 2020,  
<https://2020.stateofjs.com/en-US/technologies/back-end-frameworks/>

### Express.js

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| *Express.js,* ou plus simplement *Express,* est un framework open source permettant d’utiliser *Node.js.* Il a été pensé et développé dans le but d’être utilisé pour créer les API des applications web. *Express.js* a été créé en 2010 par *TJ* *Holowaychuk*, celui-ci s’est ensuite fait acquérir par IBM en 2015. Son auteur le décrit comme « *minimaliste tout en ayant la possibilité d’étendre ses fonctionnalités via des plug-ins* ». Actuellement, il est le standard pour le développement de serveur en *Node.js* et le framework *back-end* JS le plus utilisé.  Le principal avantage de l’utilisation d’*Express* est de faciliter et d’accélérer le codage des tâches compliquées du côté du serveur. De plus, *Express.js* fournit un puissant mécanisme de routage qui, contrairement à celui fourni par Node.js, prend en charge les URL dynamiques. |  | https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Expressjs.png |
|  | * 2010 (11 ans) * *TJ Holowaychuk & StrongLoop* * JavaScript * Licence MIT * expressjs.com |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * *La documentation impressionnante. Express* est complété d’une documentation riche ainsi que de nombreuses ressources d’aides et de tutoriels. * *Le gain de temps. Express* accélère grandement et rationalise le développement d’applications par rapport à l’utilisation brute de *Node.js*. * *Le routage*. Un mécanisme de routage robuste est fourni pour définir les routes en fonction des méthodes HTTP et des URL. * *Le support communautaire*. *Express* étant un framework mature, il dispose d’une énorme banque communautaire. * *La courbe d’apprentissage.* Au profit de sa structure et de sa syntaxe simples, *Express* est assez facile à appréhender pour les développeurs. | * *La sécurité.* Il est de l’entière responsabilité du développeur d’assurer la sécurité de l’application *Express* n’offrant aucune solution de sécurité. * *Les problèmes de « callback ».* Certaines fois, les *callbacks* sont tellement imbriqués dans d'autres *callbacks et ce sur plusieurs* niveaux, ce qui rend potentiellement difficile la compréhension et la maintenance du code. |
|  |

#### *Hello, World !*

Le code *Express* ci-dessous démarre un serveur Web à l’écoute sur le port 3000.

|  |
| --- |
| *Const* express = require(‘express’); *const* app = express();  app.get(‘/’, (req, res) => res.send(‘Hello, World!’))  app.listen(3000, () => {  *console*.log(‘Server listening on port 3000’) }); |
|  |

### Next.js

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Basé sur *React.js*, *Next.js* a été créé par société néerlandaise *Vercel* en 2017. Les points forts de *Next* sont le rechargement de code « *à chaud* », le fractionnement de code automatisé, le routage automatisé et la gestion intégrée du référencement.  Même si *Next.js* se veut être un moteur de rendu côté serveur, il propose également des générateurs de pages statiques pour les applications basées sur *React.js*. Les applications *React.js* restituant principalement leur contenu dans le navigateur côté client, trouve avec *Next.js* de nouvelles fonctionnalités supplémentaires permettant d’être exécutées du côté serveur. |  | The Next.js logo, a stylization of its name  https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Nextjs-logo.svg |
|  | * 2016 (5 ans) * *Vercel & communauté* * JavaScript & TypeScript * Licence MIT * nextjs.org |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * *Le rendu côté serveur. Next* inclut un moteur de rendu SSR qui fournit des performances beaucoup plus rapides. En effet, il n’est pas nécessaire d’attendre que le navigateur du client affiche le contenu pour que le moteur SSR commence le rendu HTML. Par ce biais, il est déjà possible d’obtenir un rendu initial de l’application pendant que le chargement du code continue en arrière-plan. * *L’optimisation pour le référencement.* En général, les applications cliente des frameworks classiques n’ont pas de bonnes performances de référencement, car il est difficile pour les moteurs de recherche de les indexer. Au contraire, *Next* offre des performances de référencement élevées grâce à sa capacité de rendu du côté serveur avec laquelle il est possible de créer des « *meta tags* » optimisant le référencement. * *Le rechargement du code « à chaud ».* Le système de rechargement automatique des pages offert par *Next* dès qu’il y a une modification est très efficace. | * *Les performances*. Les performances de référence (benchmarks) de *Nuxt.js* et de *Gatsby* sont nettement meilleures que celles de *Next*. * *Le moteur de rendu*. Pour de petites applications, les générateurs statiques sont considérés comme meilleurs pour fournir un rendu que la compilation côté serveur de Next. |
|  |

#### *Hello, World !*

Next.js utilise une structure de pages déclarative, basée sur la structure du système de fichiers. Après avoir créé un projet *Next* avec *npm*, le code *Next.js* ci-dessous permet d’afficher un message en visitant la racine d’un site web.

|  |
| --- |
| *Function* HomePage() {  *return* <div>Hello, World!</div> }  *export default* HomePage |

### Gatsby

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| En 2015, *Sam Bhagwat* et *Kyle Mathews* fondent *Gatsby.js* qui se veut être un générateur de sites statiques contemporain et flexible basé sur *GraphQL* et *React.js*. *Gatsby*, au contraire de Next.js, n’est pas un moteur de rendu côté serveur SSR, mais un générateur de pages statiques. Il offre des performances rapides, de très bons résultats de référencement ainsi qu’une sécurité accrue. Il est également possible d’ajouter des plug-ins à *Gatsby* pour étendre ces fonctionnalités de base. |  | GSoC 2018 Ideas: &quot;Big Green Button&quot; with plone.restapi and GatsbyJS - User  Interface - Plone Community  <https://www.gatsbyjs.com/guidelines/logo> |
|  | * 2017 (4 ans) * *Gatsby Inc.* * JavaScript & TypeScript * Licence MIT * gatsbyjs.com |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * *Les performances rapides.* Les sites créés avec l’aide de *Gatsby* sont généralement plus rapides que les sites « normaux » construits à l’aide d’autres frameworks. * *L’optimisation pour le référencement.* Les robots des moteurs de recherche peuvent facilement lire et indexer le contenu statique généré par *Gatsby*. * *La sécurité accrue.* *Gatsby* offre, par définition, une sécurité de premier choix, car il n’a besoin d’aucune base de données ou de serveur pour fonctionner. * *La prise en charge de différentes sources de données.* Les informations peuvent être collectées par *Gatsby* sur de nombreuses sources d’informations distantes telles que *WordPress*, *Drupal*, *Trello*, etc. | * *Pas idéal pour les sites à grande échelle.* Les sites riches en contenus, comme les commerces en ligne, ne devraient pas être réalisés avec *Gatsby*. En effet, le temps de construction augmente significativement par rapport à la taille des données et du contenu. * *Les prérequis.* Bien qu’il ne soit pas très compliqué en soi d’apprendre et d’utiliser *Gatsby*, une compréhension préalable de *GraphQL* et de *React.js* est nécessaire. |
|  |

#### *Hello, World !*

Le code *Gatsby* ci-dessous permet d’afficher un message sur une page web. Celui-ci sera compilé par *Gatsby* qui générera un fichier statique. Comme on peut le remarquer, le code est identique à du code React.

|  |
| --- |
| *Import* React *from* “react”  *export default function* Home() {  *return* <div>Hello, World!</div> } |
|  |

### Nuxt.js

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| À l’instar de *Next.js* pour *React.js*, on peut considérer *Nuxt.js* comme un amplificateur pour Vue. Cependant, *Nuxt.js* ne peut pas fonctionner seul et par conséquent on ne peut pas le considérer comme un framework *back-end* complet. En effet, *Nuxt.js* est plutôt une combinaison de composants et de bibliothèques *Vue* officiels. *Nuxt.js* se veut être un « *métaframework pour créer des applications universelles »*. Cela signifiant que le code de l’application est initialement exécuté par le serveur puis dans le navigateur client. *Nuxt.js* permet également la génération de pages web statiques pouvant être servies par n’importe quel serveur web.  L’utilisation de ce framework a de nombreux avantages comme l’amélioration des processus de l’optimisation pour les moteurs de recherches du fait du rendu côté serveur des pages web avant leur envoi vers le client ce qui n’est pas fait de manière générale dans les applications web d’une seule page. Son utilisation, comme pour Next.js permet d’améliorer et d’optimiser l’indexation des pages web par les moteurs de recherches. |  | https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Nuxt\_logo.svg |
|  | * 2016 (5 ans) * *Communauté* * JavaScript * Licence MIT * nuxtjs.org |

#### Avantages / Inconvénients

|  |  |
| --- | --- |
| **Avantages** | **Inconvénients** |
| * *La structure du projet.* Par défaut, le code est organisé par *Nuxt* dans une structure évolutive, logique et simple à comprendre. * *La communauté.* La communauté autour de *Nuxt.js* est grande et met à disposition une collection de plusieurs API, kits de démarrage, modules, bibliothèques, etc. * *Le fractionnement de code.* Une version statique de chaque page de l’application est générée par *Nuxt*. Par conséquent, le code JavaScript peut être divisé en plusieurs fichiers plus petits, améliorant ainsi la vitesse et les performances. * *L’installation et le développement rapides.* La majorité de la configuration initiale et de l’installation est prise en charge par *Nuxt.js*, ce qui permet de commencer à coder immédiatement. | * *L’intégration de bibliothèques.* L’intégration de bibliothèques et surtout de bibliothèques personnalisées avec *Nuxt* peut être longue et difficile. * *Les problèmes de débogages.* Nuxt génère de nombreux problèmes de débogage, ce qui peut s’avérer être assez frustrant. |
|  |

#### *Hello, World !*

Dans cet exemple, le code *Nuxt.js* ci-dessous montre comment afficher un message sur une page web.

|  |
| --- |
| <template>  <h1>Hello, World!</h1> </template> <script> *export default* {  asyncData() {  *return* {  rendering: process.server ? ‘server' : 'client'  }  } } </script> |
|  |

## Tests technologiques

De par la diversité des frameworks *front-end* et *back-end* présents sur le marché aujourd’hui, il m’est impossible de réaliser des tests technologiques avec chacun d’entre eux. J’ai donc dû faire des choix et éliminer certains frameworks en me basant sur les recherches que j’ai pu réaliser jusqu’ici.

Pour les frameworks *front-end*, j’ai choisi d’en présélectionner trois d’entre eux d’après leurs fonctionnalités, leur documentation, leur communauté, leur courbe d’apprentissage et leurs avantages/inconvénients cités précédemment. Mon choix s’est porté sur : ***React.js*, *Vue.js*** et ***Angular***. J’ai éliminé de ma liste de concurrents *jQuery,* car celui-ci n’a pas été pensé pour réaliser des applications complètes et il serait donc trop compliqué de l’utiliser pour ce projet. J’ai longuement hésité à embarquer *Svelte* dans ma liste de comparaison, néanmoins après de nombreuses recherches, celui-ci souffre encore de son manque de maturité et d’une liste de plug-ins. Finalement, le fait qu’il ne respecte pas exactement les exigences définis par le cahier des charges en étant un compilateur et non pas un framework à part entière, à entériné ma décision et à définitivement exclu *Svelte* de la liste des concurrents présélectionnés.

Pour les frameworks *back-end* et mise à part *Express.js*, chacun d’entre eux se réfère à un framework *front-end*. De ce fait, le choix de celui-ci sera forcément lié au choix du framework *front-end* et inversement. Le tableau suivant résume les différents liens entre ces frameworks.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Framework *back-end* | Associé au framework | Prévu pour |
| Express.js | - | Développer un serveur Node.js |
| Next.js | React.js | Rendu côté serveur et génération de pages statiques |
| Gatsby | React.js | Génération de pages statiques |
| Nuxt.js | Vue.js | Rendu côté serveur et génération de pages statiques |

À la suite de mes recherches, je peux éliminer *Gatsby* qui ne permet pas de réaliser une API, mais de faire de la génération de pages statiques ce qui, dans un premier temps, n’est pas le but recherché. *Next.js* et *Nuxt.js* étant tous les deux des frameworksencore jeunes par rapport à *Express.js* et surtout fortement liés à leur framework *front-end* respectif, j’ai décidé de ne pas les utiliser. J’ai donc choisi d’utiliser ***Express.js***pour le développement *back-end* de mon application par son usage éprouvé, sa polyvalence, sa documentation et son support communautaire. Le fait qu’il ne soit pas lié à un framework *front-end* est un avantage supplémentaire, si d’aventure le framework *front-end* choisit devaitêtre remplacé, toute la partie *back-end* pourrait être conservée.

### Stratégie de test

Comparer rapidement et efficacement l’ensemble des frameworks *front-end* et *back-end* est malheureusement impossible. C’est pourquoi j’ai présélectionné trois frameworks avec lesquels je vais réaliser une page de login d’application. À l’issue de ce test, j’aurais pu mieux découvrir ces différents frameworks et il me sera alors plus facile de définir lesquels j’utiliserai pour développer mon application.

Le cas d’utilisation d’une page de login est intéressant, car il permet de tester l’intégration d’une maquette visuelle tout en faisant appel à un formulaire. Il mettra également en avant la communication avec une base de données

### Express.js

#### Prérequis

* *Node.js* version 10.0 ou supérieur (<https://nodejs.org/en/download/>)
* *npm* version 5.2 ou supérieur (<https://www.npmjs.com/package/download>)

#### Création d’une application

Pour ce test, nous utiliseront la même API pour les différents frameworks *front-end* testés. Pour ce faire, nous créerons cette API dans un dossier externe au frameworks.

Pour créer facilement une API *Express*, il est possible d’utiliser « *express-generator* », celui-ci permet de générer un squelette d’application de base et d’y appliquer des configurations par défaut. Pour ce faire, il faut commencer par créer un dossier ou l’application sera installée. Puis en exécutant la commande suivante dans ce dossier, la structure est créée.

|  |
| --- |
| $ npx express-generator && npm install |
|  |

Par défaut Express utilise le port 3000, cependant cela risque de nous poser un problème avec *React.js* qui l’utilise lui aussi. De ce fait, nous allons changer le port utilisé par Express par le port 3001 via la commande suivante qui crée un fichier de configuration en renseignant le nouveau port à utiliser.

|  |
| --- |
| $ echo "PORT=3001" > .env |
|  |

Il faut ensuite installer la dépendance « *dotenv* ».

|  |
| --- |
| $ npm install dotenv |
|  |

Et finalement ajouter la ligne suivante au tout début du fichier « *app.js* » pour *qu’Express* prenne en compte ce fichier de configuration.

|  |
| --- |
| require('dotenv').config(); |
|  |

#### Lancement du serveur

Une fois les configurations faites, nous pouvons utiliser la commande suivante pour lancer le serveur *Express* puis ouvrir l’adresse « http://localhost:3001/ » dans un navigateur pour vérifier le bon fonctionnement de celui-ci.

|  |
| --- |
| $ npm start |
|  |

#### Configuration de « *Sequelize ORM* »

*Sequelize* est un *ORM* (interface entre un applicatif et une base de données relationnelle) *Node.js* fonctionnant avec *MariaDB*. Il est basé sur basé sur les « *promise [[16]](#footnote-16)»* et offre une prise en charge des transactions solide, la gestion des relations, un chargement rapide, etc.

Pour l’installer, il faut l’ajouter comme dépendance avec la commande suivante.

|  |
| --- |
| $ npm install sequelize |
|  |

Puis ajouter le connecteur du type de base de données désiré, ici *MariaDB*.

|  |
| --- |
| $ npm install mariadb |
|  |

Nous pouvons dès lors créer un fichier « *db.config.js* » qui contiendra les paramètres de connexions à la base de données (hôte, nom d’utilisateur, mot de passe, temps d’attente, etc.)

#### Création du *endpoint « /users »*

Ce premier *endpoint* pourra lister l’ensemble des utilisateurs présents dans la base de données. La création de celui-ci me permettra de me familiariser avec la connexion entre *Express* et *MariaDB*.

Pour commencer, il faut créer un fichier « *users.js* » dans le dossier « *routes* », c’est dans celui-ci que nous pourrons spécifier les différents chemins et les fonctions exécutés à l’appel de ceux-ci. Voici par exemple la route spécifiée pour récupérer tous les utilisateurs.

|  |
| --- |
| *// File : routes/users.js* |
| *const* express = require('express'); *const* router = express.Router(); *const* users = require("../controllers/users");  *// Retrieve all users* router.get('/', users.findAll);  module.exports = router; |
|  |

Ce fichier de routes fera un appel à la fonction « *findAll* » définit dans un contrôleur lors de l’accès au *endpoint* « */users* ». Dans ce fichier contrôleur, la définition de cette fonction est assez simple.

|  |
| --- |
| *// File : controllers/users.js* |
| *const* db = require('../models'); *const* User = db.user; *const* Op = db.Sequelize.Op;  *// Retrieve all Users from the database.* exports.findAll = (req, res) => {  *const* email = req.query.email;  *const* condition = email ? {title: {[Op.like]: `%${email}%`}} : *null*;   User.*findAll*({where: condition})  .then(data => { res.send(data); })  .catch(err => {  res.status(500).send({  message: err.message || "An error occurred while retrieving users."  });  }); }; |
|  |

On peut remarquer que cette fonction « *findAll* » fait intervenir un modèle « *User* ». Ce modèle est le dernier fichier essentiel au bon fonctionnement. Il nous permet de représenter la table présente en base de données sous la forme d’un objet.

|  |
| --- |
| *// File : models/user.js* |
| module.exports = (sequelize, Sequelize) => {   *const* User = sequelize.define('user', {  email: {  type: Sequelize.*STRING*(64)  },  password: {  type: Sequelize.*STRING*(128)  }  });   *return* User; }; |
|  |

#### Interrogation avec *Postman*

Pour réaliser tous les appels à l’API facilement, j’utilise l’application cliente de *Postman[[17]](#footnote-17).* Celle-ci permet d’envoyer des requêtes, d’inspectez la réponse et de déboguez facilement. Par exemple, une fois la base de données initialisé et un utilisateur ajouté, nous pouvons obtenir la liste de tous les utilisateurs avec la requête suivante.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Figure 15 : Interrogation avec Postman du endpoint « /users »

### React.js

#### Prérequis

* *Node.js* version 10.0 ou supérieur (<https://nodejs.org/en/download/>)
* *npm* version 5.2 ou supérieur (<https://www.npmjs.com/package/download>)

#### Création d’une application

La création d’une application React.js passe par un outil nommé « *Create React App* », cet outil permet de coder une application très rapidement. Cela grâce à des configurations par défaut de *webpack* et de *Babel* notamment.

Une fois les prérequis installés, il suffit de se rendre avec un terminal dans le dossier ou l’on désire créer l’application et d’y d’exécuter la commande suivante.

|  |
| --- |
| $ npx create-react-app my-app |
|  |

L'exécution de cette commande créera un répertoire appelé « *my-app* », y générera la structure initiale du projet et y installera les dépendances nécessaires.

#### Lancement de l’application

Une fois l’application *React.js* créée et toujours avec le terminal, il faut se rendre dans le dossier « *my-app* » et y exécuter la commande suivante qui aura pour effet de lancer le serveur.

|  |
| --- |
| $ npm start |
|  |

À ce moment-là, une nouvelle fenêtre du navigateur s’ouvre sur l’adresse « http://localhost:3000/ » et la nouvelle application *React.js* est prête à être codée. Cette page se rechargera automatiquement lors de la modification du code source.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Figure 16 : Point de départ d'une application React.js

#### Ajout des dépendances

*React.js* ne gère pas l’accès à l’API et le routage par défaut, c’est pourquoi il est essentiel de lui ajouter des dépendances pour gérer ce module de login. Il faut tout d’abord ajouter le module *npm* « *axios* » qui permet d’envoyer des requêtes API.

|  |
| --- |
| $ npm install axios |
|  |

Puis il faut ajouter le module *npm* « *react-router-dom* » permettant de gérer les chemins d’accès et le routage. C’est grâce à ce module qui nous pourront par exemple accéder à la page de connexion en ajoutant « */login* » dans l’url.

|  |
| --- |
| $ npm install react-router-dom |
|  |

#### Développement de l’application de test

Le développement de cette page de login avec *React.js* fut plutôt long et complexe. En effet, il a tout d’abord fallu créer la structure du projet ce qui signifie qu’en *React.js* celle-ci est libre. Puis il a fallu ajouter aux *inputs* la gestion des interactions permettant ainsi de récupérer le texte entré par l’utilisateur. Cette gestion se fait à l’aide de variables d'état dans *React.js* qui sont des variables dont les valeurs peuvent être mises à jour dynamiquement et que l’on peut utiliser pour mettre à jour divers éléments de l'interface utilisateur.

|  |
| --- |
| *// useState permet de déclarer et de mettre à jour les variables d'état dans divers composants fonctionnels*  *// useState renvoie deux paramètres : les variables d'état et une fonction pour mettre celles-ci à jour*  *const* [state, setState] = useState({  email: '',  password: '',  })  *// Cette fonction a la responsabilité de mettre à jour les variables d'état*  *const* handleChange = (e) => {  *const* {id, value} = e.target  setState(prevState => ({  ...prevState,  [id]: value  })) }  *// Lors du changement d’un input, la fonction handleChange* *est appelé*  *// Les variables d'état sont directement passées aux inputs, de ce fait tous changements de leur valeur seront  // répliqués sur l’interface*  *return* (  ...  <input *id*="email" *type*="email" *placeholder*="Enter email"  *value*={state.email} *onChange*={handleChange}  />  ...  <input *id*="password" *type*="password" *placeholder*="Password"  *value*={state.password} *onChange*={handleChange}  />  ... ) |
|  |

Un fois les informations entrées par l’utilisateur récupérées, il a fallu les transmettre au *back-end* via l’API *Express* mise en place. Pour ce faire, il faut ajouter un gestionnaire d'événements déclenché lors du clic du bouton de connexion.

|  |
| --- |
| *// Grâce au module axios, nous pouvons faire une requête au serveur et recevoir le résultat*  *// Cette fonction doit encore être améliorer pour la gestion des erreurs*  *const* handleSubmitClick = (e) => {  e.preventDefault();  *if*(state.email.length && state.password.length) {  *const* payload = {  "email": state.email,  "password": state.password,  }  axios.post(API\_BASE\_URL + '/auth', payload)  .then(*function*(response) {  *if*(response.status === 200) {  localStorage.setItem('ACCESS\_TOKEN', response.data);  redirectToHome();  }  })  .catch(*function*(error) {  props.showError(error.message);  });  } }  *// Lors du clic sur le bouton, la fonction handleSubmitClick est appelé*  *return* (  ...  <button *type*="submit" *onClick*={handleSubmitClick}>Sign In</button>  ... ) |
|  |

Finalement, il faut encore configurer les routes qui permettront d’afficher les différentes pages de l’application d’après les *URLs* saisis.

|  |
| --- |
| *function* App() {  *const* [title, updateTitle] = useState(*null*);  *const* [errorMessage, updateErrorMessage] = useState(*null*);  *return* (  <Router>  <div *className*="App">  <Header *title*={title}/>  <Switch>  <PrivateRoute *path*="/" *exact*={*true*}>  <Home/>  </PrivateRoute>  <Route *path*="/login">  <LoginForm *updateTitle*={updateTitle}  *errorMessage*={errorMessage} *updateErrorMessage*={updateErrorMessage}/>  </Route>  </Switch>  </div>  </Router>  ); } |
|  |

Ici, nous avons déclaré deux routes, la première est « */login* » redirigeant vers la page de connexion, la seconde est la racine « / » permettant d’accéder à une page d’accueil. Cette dernière est protégée par le composant *PrivateRoute* qui effectue un contrôle d’identification avant d’afficher ses composants enfants.

Le résultat ainsi que le code complet de cette page de login en *React.js* est disponible dans le *repository* du projet : <https://github.com/weevood/HEIG-VD_Travail-de-Bachelor/tree/main/4.Tests-Technos/React.js>.

### Vue.js

#### Prérequis

* *Node.js* version 8.9 ou supérieur (<https://nodejs.org/en/download/>)
* *npm* version 5.2 ou supérieur (<https://www.npmjs.com/package/download>)

#### Création d’une application

Pour créer une application *Vue.js* facilement, nous pouvons utiliser *Vue CLI*. *Vue CLI* est un système en ligne de commande complet qui aide au développement rapide d’applications *Vue.js*. Pour installer *Vue CLI*, il faut exécuter la commande suivante dans un terminal.

|  |
| --- |
| $ npm install -g @vue/cli |
|  |

Après l'installation, le binaire « *vue* » sera disponible directement dans le terminal. Nous allons utiliser ce nouveau binaire pour créer une application *Vue.js*. Pour ce faire, il faut se rendre dans le dossier ou l’on veut créer l’application et y exécuter la commande suivante.

|  |
| --- |
| $ vue create my-app |
|  |

Il est alors possible de choisir entre *Vue 2* ou *Vue 3*, pour ce test nous utiliserons *Vue 3* qui est la dernière version de *Vue.js* contenant de nouvelles fonctionnalités.

#### Lancement de l’application

Une fois l’application *Vue.js* créée et toujours avec le terminal, il faut se rendre dans le nouveau dossier créé « *my-app* » et y exécuter la commande suivante qui aura pour effet de lancer le serveur.

|  |
| --- |
| $ npm run serve |
|  |

Il faut alors se rendre, via un navigateur, sur l’adresse « http://localhost:8080/ » pour découvrir la nouvelle application *Vue.js* et commencer à coder.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Figure 17 : Point de départ d'une application Vue.js fraîchement créée

#### Ajout des dépendances

Pour ce test avec *Vue.js*, nous aurons besoin d’ajouter certaines dépendances notamment pour gérer le routage, la validation des formulaires ou encore les appels API.

|  |
| --- |
| $ npm install vue-router@4 # The official router for Vue.js  $ npm install vuex@next # A state management pattern and library  $ npm install vee-validate@next # A form validation  $ npm install yup # A schema builder for value parsing and validation  $ npm install axios # Promise based HTTP client for the browser and node.js |
|  |

#### Développement de l’application de test

La première étape de création de ce formulaire de login avec *Vue.js* est de créer un service d’authentification. Ce service, servant d’interface, fournira les méthodes de connexion et de déconnexion nécessaire à l’application en faisant appel au module *axios* et en utilisant donc les requêtes vers l’API.

|  |
| --- |
| *// File : services/auth.service.js* |
| *import* axios *from* 'axios';  *const* API\_URL = 'http://localhost:3001/';  *class* AuthService {  ...  login(user) {  *return* axios  .post(API\_URL + 'auth', {  email: user.email,  password: user.password  })  .then(response => {  *if*(response.data.token) {  *return this*.me(response.data.token)  }  });  }  ... }  *export default new* AuthService(); |
|  |

La deuxième étape consiste à ajouter VueX, le gestionnaire d'état de *Vue.js*. Celui-ci sert de zone de stockage de données centralisée pour tous les composants d’une application. Pour le service d’authentification, nous allons donc créer un fichier permettant de gérer les différents états intervenant dans celui-ci.

|  |
| --- |
| *// File : store/auth.module.js* |
| *import* AuthService *from* '../services/auth.service';  *const* user = JSON.parse(localStorage.getItem('user')); *const* initialState = user ? {status: {loggedIn: *true*}, user}  : {status: {loggedIn: *false*}, user: *null*};  *export const* auth = {  namespaced: *true*,  state: initialState,  actions: {  login({commit}, user) {  *return* AuthService.login(user).then(  user => {  commit('loginSuccess', user);  *return* Promise.resolve(user);  },  error => {  commit('loginFailure');  *return* Promise.reject(error);  }  );  },  logout({commit}) {  AuthService.logout();  commit('logout');  }  },  mutations: {  loginSuccess(state, user) {  state.status.loggedIn = *true*;  state.user = user;  },  loginFailure(state) {  state.status.loggedIn = *false*;  state.user = *null*;  },  logout(state) {  state.status.loggedIn = *false*;  state.user = *null*;  }  } }; |
|  |

Nous pouvons alors créer les composants et le formulaire d’authentification. Le module *yup* permet aux champs d’entrées, ici l’email et le mot de passe, d’être directement être validés grâce à un schéma déclaré dans la fonction *data*. La fonction *handleLogin* est appelé lors de la validation du formulaire, celle-ci utilise le module *VueX* déclaré précédemment pour rediriger l’utilisateur vers sa page de profil une fois connecté ou le cas échant afficher un message d’erreur.

|  |
| --- |
| *// File : components/Login.vue* |
| <template>  ...  <Form *class*="flex flex-col" *@submit*="handleLogin" *:validation-schema*="schema">  <div *class*="mb-6 pt-3 rounded bg-gray-200">  <label *for*="email">Email</label>  <Field *id*="email" *name*="email" *type*="text"/>  <ErrorMessage *name*="email" *class*="error-feedback"/>  </div>  <div *class*="mb-6 pt-3 rounded bg-gray-200">  <label *for*="password">Password</label>  <Field *id*="password" *name*="password" *type*="password"/>  <ErrorMessage *name*="password" *class*="error-feedback"/>  </div>  <button *:disabled*="loading">  <span>Sign In</span>  </button>  </Form>  ... </template>  <script> *import* {Form, Field, ErrorMessage} *from* 'vee-validate'; *import* \* *as* yup *from* 'yup';  *export default* {  name: 'Login',  components: {Form, Field, ErrorMessage},   data() {  *const* schema = yup.object().shape({  email: yup.string().required("Email is required!"),  password: yup.string().required("Password is required!"),  });  *return* {  loading: *false*,  message: '',  schema,  };  },   methods: {  handleLogin(user) {  *this*.loading = *true*;   *this*.$store.dispatch('auth/login', user).then(  () => {  *this*.$router.push('/profile');  },  (error) => {  *this*.loading = *false*;  *this*.message = (error.response && error.response.data && error.response.data.message)  || error.message || error.toString();  }  );  }  }, }; </script> |
|  |

Comme pour *React.js*, il reste à déclarer les routes gérées ici par le module *vue-router.* Ce module permet d’exécuter une fonction avant de rediriger l’utilisateur via sa fonction *beforeEach*, ici nous l’utilisons pour vérifier que l’utilisateur est connecté avant qu’il l’accède à sa page de profile.

|  |
| --- |
| *// File : router.js* |
| *import* {createWebHistory, createRouter} *from* 'vue-router'; *import* Login *from* './components/Login.vue';  *const* Profile = () => *import*('./components/Profile.vue')  *const* routes = [  {  path: '/',  name: 'login',  component: Login,  },  {  path: '/profile',  name: 'profile',  component: Profile,  },  ... ];  *const* router = createRouter({ history: createWebHistory(), routes );  router.beforeEach((to, from, next) => {  *const* publicPages = ['/login', '/register'];  *const* authRequired = !publicPages.includes(to.path);  *const* loggedIn = localStorage.getItem('user');   *// trying to access a restricted page + not logged in = redirect to login page  if*(authRequired && !loggedIn) {  next('/login');  }  *else* { next(); } });  *export default* router; |
|  |

Le résultat ainsi que le code complet de cette page de login en *Vue.js* est disponible dans le *repository* du projet : <https://github.com/weevood/HEIG-VD_Travail-de-Bachelor/tree/main/4.Tests-Technos/Vue.js>.

### Angular

#### Prérequis

* *Node.js* version 12.14 ou supérieur (<https://nodejs.org/en/download/>)
* *npm* version 6.12 ou supérieur (<https://www.npmjs.com/package/download>)

#### Création d’une application

Pour créer une application *Angular* facilement, nous pouvons utiliser *Angular CLI*. *Angular CLI* est un système en ligne de commande qui permet de créer des projets *Angular*, de générer du code, d’intégrer des bibliothèques et d’effectuer diverses tâches de développement (les tests, le déploiement, etc.) Pour installer *Angular CLI*, il faut exécuter la commande suivante dans un terminal.

|  |
| --- |
| $ npm install -g @angular/cli |
|  |

Après l'installation, le binaire « *ng* » sera disponible directement dans le terminal. Nous allons utiliser ce nouveau binaire pour créer une application *Angular*. Pour ce faire, il faut se rendre dans le dossier ou l’on veut créer l’application et y exécuter la commande suivante.

|  |
| --- |
| $ ng new my-app |
|  |

Cette commande nous invite à fournir des informations sur les fonctionnalités à inclure dans l'application initiale. Pour ce test, nous utiliserons les valeurs configurées par défaut en appuyant directement sur la touche « *Enter* ».

#### Lancement de l’application

*Angular CLI* comprend un serveur permettant d’exécuter une application *Angular* localement. Pour le lancer, il faut accéder au dossier créé précédemment « *my-app* » et y exécuter la commande suivante.

|  |
| --- |
| $ ng serve --open |
|  |

Cette commande lance le serveur et reconstruira l'application lorsque des modifications seront apportées au code source. De plus, l'option « *--open* » ouvre automatiquement une nouvelle page dans un navigateur sur l’adresse « http://localhost:4200/ » contenant l’application *Angular*.

A screenshot of a computer

Description automatically generated with medium confidence

Figure 18 : Page d'accueil d'un projet Angular lors de sa création

#### Développement de l’application de test

Avec *Angular*, pas besoins d’installer de dépendances car il embarque déjà toutes les fonctionnalités requises. Par sa nature orienté-objet et sa surcouche *TypeScript*, le code d’*Angular* est beaucoup plus verbeux et les fichiers plus nombreux. Dans *Angular,* à la différence de *React.js* et de *Vue.js*, le HTML et le JS ne sont pas écrits dans le même fichier. De ce fait pour créer notre page de login, nous auront besoin de créer trois fichiers en commençant par le fichier HTML.

|  |
| --- |
| *// File : app/account/login.component.html* |
| <form *class*="flex flex-col" *[formGroup]*="form" *(ngSubmit)*="onSubmit()"> ...  <input *type*="email" *formControlName*="email" *[ngClass]*="{ 'is-invalid': submitted && f.email.errors }"/>  <div *\*ngIf*="submitted && f.email.errors" *class*="invalid-feedback">  <div *\*ngIf*="f.email.errors.required">email is required</div>  </div>  ...  <input *type*="password" *formControlName*="password" *[ngClass]*="{ 'is-invalid': submitted && f.passwrd.errors }"/>  <div *\*ngIf*="submitted && f.password.errors" *class*="invalid-feedback">  <div *\*ngIf*="f.password.errors.required">Password is required</div>  </div> ...  <button *type*="submit" *[disabled]*="loading">  <span *\*ngIf*="loading" *class*="spinner-border spinner-border-sm mr-1"></span>Sign In  </button> </form> |
|  |

Puis par le fichier *TypeScript* correspondant et répondant aux fonctions appelés dans le HTML.

|  |
| --- |
| *// File : app/account/login.component.ts* |
| @Component({templateUrl: 'login.component.html'}) *export class* LoginComponent *implements OnInit* {  form!: FormGroup;  loading = *false*;  submitted = *false*; ...  ngOnInit() {  *this*.form = *this*.formBuilder.group({  email: ['', Validators.*required*],  password: ['', Validators.*required*]  });  } ...  onSubmit() {  *this*.submitted = *true*;  *this*.alertService.clear(); *// reset alerts on submit  if* (*this*.form.invalid) { *return*; } *// stop here if form is invalid  this*.loading = *true*;  *this*.accountService.login(*this*.f.email.value, *this*.f.password.value)  .pipe(first())  .subscribe({  next: () => { *// get return url from query parameters or default to home page  const* returnUrl = *this*.route.snapshot.queryParams['returnUrl'] || '/';  *this*.router.navigateByUrl(returnUrl);  },  error: (error: *any*) => {  *this*.alertService.error(error);  *this*.loading = *false*;  }  });  } } |
|  |

La définition des routes est très simple dans *Angular* puisque nativement supportée. Celle-ci se fait dans chaque composant, ce qui permet une lecture simplifiée.

|  |
| --- |
| *// File : app/account/account-routing.module.ts* |
| *const* routes: *Routes* = [  {  path: '', component: LayoutComponent,  children: [  {path: 'login', component: LoginComponent},  {path: 'register', component: RegisterComponent}  ]  } ];s |
|  |

Finalement, il nous reste à définir le service permettant de communiquer avec l’API. Ici aussi, nul besoin d’ajouter un module supplémentaire puisque *Angular* mets à disposition son service de requête nommé « *http* ».

|  |
| --- |
| *// File : app/\_services/account.service.ts* |
| *export class* AccountService {  *private* userSubject: BehaviorSubject<User>;  *public* user: Observable<User>;   *constructor*(*private* router: Router, *private* http: HttpClient) {  *this*.userSubject = *new* BehaviorSubject<User>(JSON.parse(<*string*>localStorage.getItem('user')));  *this*.user = *this*.userSubject.asObservable();  }  *...*   login(email: *any*, password: *any*) {  *return this*.http.post<User>(`${environment.apiUrl}/auth`, {email, password})  .pipe(switchMap(data => {  *return this*.http.post<User>(`${environment.apiUrl}/users/me`, {token: data.token})  .pipe(map(user => {localStorage.setItem('user', JSON.stringify(user));  *this*.userSubject.next(user);  *return* user;  }));  }));  }   logout() {localStorage.removeItem('user'); *this*.userSubject.next(*null*);  *this*.router.navigate(['/account/login']);  }  } |
|  |

Le résultat ainsi que le code complet de cette page de login avec *Angular* est disponible dans le *repository* du projet : <https://github.com/weevood/HEIG-VD_Travail-de-Bachelor/tree/main/4.Tests-Technos/Angular>.

### Choix des frameworks

On trouve d’innombrables comparatifs de frameworks JavaScript sur internet, au niveau de la performance, de la courbe d’apprentissage, de la popularité, des visions futures, etc. J’aurais ainsi pu choisir l’un de ces frameworks simplement sur ces points techniques mais grâce à ces trois pages de connexion réalisées à l’aide de *React.js*, de *Vue.js* puis *d’Angular*, j’ai pu mieux me familiariser avec la syntaxe de base de ces frameworks et ainsi découvrir les fonctionnements et les mécanismes implémentés par chacun d’entre eux. Cela m’a permis d’y voir plus claire et de mieux comprendre quel framework choisir pour quelle situation.

Tout d’abord au niveau des modules et des fonctionnalités *React.js* et *Vue.js* jouent la carte de la légèreté en n’incluant pas par défaut de nombreux éléments (routage, requêtes, etc.). Au contraire d’*Angular* qui se veut un framework « *tout-en-un* » incluant donc par défaut ces éléments utilisés dans la plupart des projets. Ces deux visions se confirme quand on observe et compare la taille des projets réalisés.



Figure 19 : Comparaison du poids de chacun des projets réalisés

Le choix du bon framework JavaScript est évidemment crucial pour ce projet car celui-ci ne pourra pas (ou très difficilement) être changé par la suite. Comme il s’agit d’un choix difficile, j’ai décidé d’établir une liste des besoins de l’application. De cette liste, je pourrais identifier les besoins couverts ou non par les trois frameworks et ainsi faire un choix définitif. Ces trois frameworks couvrant déjà les besoins initiaux d’une applications web (compatibilité, accessibilité, performances, sécurité) ceux-ci sont écartés de la liste. La liste des besoins essentiels de mon application est donc la suivante :

* Un pattern de gestionnaire d'état (« *state management pattern* »)
* Une communication avec des APIs
* Un système de routage efficace
* Un système de gestion de *template*
* Une gestion des erreurs performante
* Une architecture solide

Au vu de cette liste, *React.js* ne répond pas aux besoins du moins dans sa version initiale sans l’ajout de plusieurs dépendances externes, c’est pourquoi il est écarté des choix. *Vue.js*, dans sa troisième version avec *Vuex*, couvre la plupart des points*.* Quant à *Angular*, il embarque l’ensemble de ces besoins et semble donc être le choix judicieux. On comprend alors mieux pourquoi la courbe d’apprentissage d’*Angular* est considéré comme plus compliqué, du fait des fonctionnalités initiales misent à dispositions. Cependant si l’on ajoute à *React.js* et *Vue.js* toutes les dépendances nécessaires pour répondre à ces mêmes besoins, ceux-ci deviennent également plus dense et plus difficile.

Ces trois frameworks, avec plus ou moins d’extensions, permettent donc tous de répondre aux mêmes besoins. Toutefois, chacun d’entre eux à sa « *spécialité* » qui peut être établis comme suit :

* *React.js* : idéal pour concevoir des composants individuels spécifiques à ajouter à un site web existant
* *Vue.js* : idéal pour créer des applications web rapidement ou pour transformer progressivement un site web existant
* *Angular* : idéal pour créer une nouvelle application complexe avec des bases solides

*Angular*, dans sa version *TypeScript*, paraît être un framework robuste et bien structuré. Cependant il est difficile à appréhender et partant de zéro il me semble trop complexe à mettre en place dans les délais que j’ai à disposition.

Finalement, c’est donc assez naturellement que je choisis *Vue.js* en complément d’*Express* sur *Node.js* pour réaliser mon application web. Plébiscité pour sa facilité de prise en main, sa productivité et ses performances, *Vue.js* adopte les meilleurs compromis entre puissance, simplicité d’apprentissage et plaisir d’utilisation. Celui-ci devrait me permettre d’obtenir des résultats assez rapidement tout en mettant en place une architecture solide, durable et évolutive.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  |  |  |

Figure 20 : Choix final des frameworks JavaScript back-end et front-end

# Système de gestion de base de données

Un système de gestion de base de données, souvent abrégé « *SGBD* » est un logiciel système permettant de stocker, de manipuler et de gérer des données dans une base de données. La principale fonction d’un *SGBD* est de réaliser ces manipulations et opérations en diminuant leur complexité et en garantissant la qualité, la pérennité et la confidentialité des informations.

La plupart des *SGBD* permettent de manipuler des bases de données relationnelles qui sont encore aujourd’hui les plus courantes, mais il en existe également pour les autres types de modèles. Parmi les différents types de modèles existants (hiérarchiques, réseau, relationnel, orienté objet, documents, graphe et XML), j’en ai identifié trois qui peuvent être intéressants pour la réalisation de mon application.

## Base de données relationnelle

Le modèle de bases de données relationnelles a été introduit par l’informaticien *Edgar F. Codd* en 1970. Il s’agit du modèle de base de données le plus courant et le plus répandu aujourd’hui. Dans les bases de données relationnelles, l'information est organisée dans des tableaux à deux dimensions appelés « *tables* » qui contiennent un ensemble d’enregistrements (les lignes). Les tables peuvent être assemblées entre-elles par des « *relations* » et connectées par les valeurs qu'elles contiennent (clé primaire - clé étrangère) ou par des tables de relations intermédiaires.

### MariaDB

|  |  |
| --- | --- |
| https://commons.wikimedia.org/ wiki/File:MariaDB\_colour\_logo.svg | *MariaDB* est un « *fork* » communautaire de *MySQL* destiné à rester un logiciel libre né suite à l’acquisition de *MySQL* par Oracle Corporation en 2009. Son développement, sous la licence publique GNU, est assuré par certains des développeurs originaux de *MySQL* ainsi que par une grande communauté de développeurs. *MariaDB* maintient une compatibilité élevée avec *MySQL*, ce qui lui confère de nombreux points communs ainsi qu’une capacité de remplacement de *MySQL* très simple. |

#### Installation

Pour simplifier l’installation et le déploiement ainsi que pour pouvoir recréer un environnement de développement facilement, j’ai choisi d’utiliser un containeur *Docker*[[18]](#footnote-18)pour déployer ma base de données *MariaDB.* J’ai créé un fichier « *docker-compose* » pour définir les différents services à démarrer en appui de *MariaDB* ainsi que les scripts initiaux à exécuter*.* De ce fait, pour installer la base de données en local, il suffit d’exécuter la commande suivante dans le dossier « *docker* » une fois *Docker* installé sur la machine hôte.

|  |
| --- |
| $ docker-compose up -d |
|  |

L’interface de gestion *phpMyAdmin* est disponible en accédant à l’adresse : *http://localhost:8000*. Nous disposons également des deux commandes à dispositions permettant de faire un import ou un export des données de la base.

|  |
| --- |
| $ docker exec -i mariadb mysql -uroot -ppwd DB\_NAME < db\_dump.sql # Importation  $ docker exec -i mariadb mysql -uroot -ppwd DB\_NAME > db\_dump.sql # Exportation |
|  |

### Utilisations dans l’application

Ce modèle de bases de données relationnelles avec *MariaDB*, pourrait nous permettre de stocker les entités des différents acteurs de l’application et les relations présentent entre elles. Cependant les liens entre ces différentes entités vont très vite devenir nombreux et difficiles à gérer avec un modèle relationnel. C’est pourquoi j’ai choisi d’utiliser un modèle orienté graphe décrit dans les points suivants pour mieux gérer les relations entre les utilisateurs, les équipes et les projets.

Ce modèle relationnel, et plus particulièrement *MariaDB*, va me permettre de stocker les données qui n’entretiennent pas de multiples relations entre elles ou qui n’apportent pas d’information pertinente directe à une relation. Ça sera notamment le cas des notifications, des logs de l’application, des informations d’authentifications des utilisateurs, des historiques des discussions, etc.

Certaines entités comme les utilisateurs pourront être représentés dans les deux modèles (relationnel et graphe), mais les données stockées dans l’une ou l’autre base ne devront pas être redondantes. Pour définir si une propriété doit être stockée dans le modèle relationnel ou dans le modèle graphe, il faut se demander si celle-ci apporte une information pertinente aux relations. Si tel est le cas, il faut stocker l’information dans le modèle graphe, sinon il faut la stocker dans le modèle relationnel.

### Schéma initial

Pour visualiser la base de données, j’ai décidé de réaliser un schéma initial simplifié omettant volontairement les aspects de multilinguisme. Ceux-ci seront ajoutés et présentés dans le point suivant.



Figure 21 : Schéma initial de la base de données relationnelle

Dans ce schéma simplifié, les points importants à noter sont que :

* Les tables « *authentication* » et « *bankaccounts* » sont volontairement séparés de la table « *users* » dans le but de pouvoir facilement les remplacer par des microservices.
* Un utilisateur n’est pas relié à un projet, ces liens se feront via la base de données graphe
* Un utilisateur peut posséder un CV représenté sous forme de « *ressources* » et lié via son champ « *resumeid* »; un projet peut référer plusieurs « *ressources* » (Cahier des charges, planning, rapport, etc.) et celles-ci peuvent avoir un auteur. Dans aucun cas, cette table « *ressources* » ne doit servir à créer des liens entre un utilisateur et un projet

### Multilinguisme

Une fois le schéma de base identifié, il est nécessaire de lui ajouter une couche incluant la gestion multilingue. Pour se faire, j’ai choisi d’utiliser deux approches en parallèle.

1. La première est une approche par « ajout de table de traduction ». Celle-ci va me permettre de traduire les tables « *projects* » et « *notifications* ». Les avantages de cette approche sont une approche relationnelle propre et normalisée, l’ajout d'une nouvelle langue qui ne nécessite pas de modifications de schéma et l’interrogation relativement simple (une seule jointure sera requise).
2. La seconde est une approche par « ajout d’une table clé-valeur unique », dans mon schéma la table « *translations* ». Celle-ci va me permettre de traduire tous les textes qui ne sont pas directement liés à un objet par exemple les éléments de l’interface graphique. Les avantages de cette approche sont que l’ajout d'une nouvelle langue qui ne nécessite pas de modifications de schéma et que toutes les traductions sont stockées dans en un seul endroit ce qui permet une mise en cache très simple.



Figure 22 : Schéma de la base de données relationnelle incluant la gestion multilingue

Les points importants à noter après cet ajout de multilinguisme sont :

* En plus de la table « *users* », toutes les tables de traductions possèdent une relation avec la table « *languages* ». Cette dernière permettra de stocker toutes les langues sous la forme de couple : « *code ISO 639 – nom* ».
* Les titres et descriptions des projets et des notifications sont déplacés dans leur table de traduction respective.
* La table « translations » permettant de stocker les traductions d’ordre général, ne possède pas d’id. Sa clé primaire est formée avec le couple « *key* – *language* » qui se doit d’être unique.

## Base de données orientée documents

Une base de données orientée documents est, comme son nom l’indique, un système de stockage conçu pour stocker, récupérer et gérer des documents. Ce modèle est également connu sous le terme de *semi-structuré*, dans lequel il n'y a pas de séparation nette entre les données et le schéma.

La principale différence entre les bases de données orientée documents et les bases de données relationnelles réside dans la manière de stocker et de récupérer les objets. Dans les bases de données relationnelles, les données sont stockées dans des tables distinctes définies et un seul objet peut être réparti sur plusieurs tables. Dans les bases de données orientées documents, les informations d’un objet sont stockées dans une seule instance de la base de données et chaque objet stocké peut ainsi être différent des autres. Cela permet d’éliminer des jointures pour reconstituer l'information ainsi que le mappage *objet-relationnel* lors du chargement des données.

Les objectifs d'une base de données orientée documents est la représentation des informations ayant des besoins de flexibilité, de richesse de la structure, d’autonomie ou de sérialisation. Un document peut être : une valeur atomique, une paire clé-valeur, un tableau de valeurs, un agrégat de paires clé-valeur ou une composition des possibilités précédentes, il est souvent représenté avec du *XML* ou du *JSON*.

### MongoDB

|  |  |
| --- | --- |
| https://commons.wikimedia.org/ wiki/File:MongoDB-Logo.svg | *MongoDB* est un est un système de gestion de base de données orientée documents de utilisant des documents *JSON* avec des schémas facultatifs. *MongoDB* est développé depuis 2009 par *MongoDB Inc.* sous licence *SSPL*. |

### Utilisations dans l’application

*MongoDB* pourrait éventuellement être utilisé dans l’application pour la gestion des différentes traductions, pour stocker des ressources (*articles, fichiers*), ou pour d’autres besoins spécifiques.

## Base de données orientée graphe

Les bases de données orientées graphe sont similaires aux bases de données orientées documents, mais ajoutent une couche de relation leur permettant de lier des documents et de les traverser plus rapidement. Elles utilisent la théorie des graphes (avec des nœuds reliés par des arcs) pour représenter et stocker les données. Les bases de données orientées graphes apportent des performances accrues pour traiter des données fortement connectées en évitant les nombreuses jointures très coûteuses qu'il faudrait mettre en place dans les bases de données relationnelles. De plus, la modélisation des bases de données orientée graphe est plus facile, car elle ne s'appuie pas sur un schéma rigide et peu s’adapter au fur et à mesure à des modèles complexes.

### Neo4j

|  |  |
| --- | --- |
| https://commons.wikimedia.org/ wiki/File:Neo4j-logo\_color.png | *Neo4j* est un système de gestion de base de données orientée graphe développé en Java depuis 2000 par la société suédo-Américaine *Neo Technology. Neo4j* est construite pour être extrêmement performante dans le traitement des liens entre les nœuds, notamment grâce au pré calcule des jointures au moment de l'écriture des données. Les requêtes *Neo4j* utilisent le langage *Cypher* [[19]](#footnote-19)qui se veut simple et efficace dans sa formulation. |

#### Installation

Tout comme pour *MariaDB*, la base de données *Neo4j* sera déployée dans un container *Docker*. Pour ce faire, j’ai mis à jour le fichier « *docker-compose.yml* » avec les informations nécessaires à la mise en place de *Neo4j.*

|  |
| --- |
| $ docker-compose up -d |
|  |

Une fois la commande précédente exécutée, la base de données *Neo4j* est disponible via un navigateur à l’adresse *http://localhost:7474/browser*.

### Utilisations dans l’application

Dans la plateforme web qui va être développée, ce modèle correspond tout à fait à la gestion des différentes relations possibles entre les mandants, les développeurs, les projets, les experts, etc. C’est pourquoi je vais utiliser une base de données orientée graphe, décrite ci-après, pour gérer ces relations qui peuvent très vite devenir complexes. Une fois ces relations misent en place, il sera par exemple possible de proposer à un mandant d’autres équipes de développeurs semblables si son équipe favorite n’est pas disponible. Ou encore de proposer des projets à telle ou telle équipe de développeurs avec un ciblage de caractéristique et selon les différentes relations développés jusqu’alors.

### Nœuds

Les différentes entités de l’application seront représentées sous la forme de nœuds. Les nœuds peuvent posséder une ou plusieurs propriétés sous la forme de « *clé - valeur* », ce qui dans un modèle relationnel correspondrait aux entrées d’une table. Les nœuds peuvent également être étiquetés permettant ainsi de les grouper par similarité. Par exemple un nœud « *utilisateur* » pourrait avoir les propriétés *nom*, *prénom*, *âge* et les étiquettes *développeur* et *expert*. Dans l’application, il y aura trois nœuds permettant de créer différentes relations.

#### Utilisateur

Le premier nœud est l’entité « *utilisateur* », celui-ci permet de représenter les différents types d’utilisateurs possibles à savoir : les développeurs, les mandants, les modérateurs et les experts. Ces différents types seront attribués aux utilisateurs via les étiquettes et pourront être combinés. Un utilisateur pourra alors être développeur dans un projet A et mandant dans un projet B.

Les propriétés définies ici ne doivent pas être redondantes avec les propriétés définies dans le modèle relationnel. Pour définir si une propriété doit être stockée ici, il faut se demander si celle-ci apporte une information pertinente aux relations. De ce fait, les propriétés de cette entité « *utilisateur* » pouvant ajouter de l’information sont les suivantes.

|  |  |
| --- | --- |
| **uuid** | Identifiant unique universel permettant de retrouver l’entité du modèle relationnel correspondante |
| **tags** | Texte, étiquettes de caractéristiques discriminatoires (ex : domaines de compétences) |
| **createdAt** | *DateTime*, date et heure de création de l’utilisateur |

#### Équipe

La deuxième entité est une « *équipe* », celle-ci pourra être composé de 1 à plusieurs utilisateurs et permettra de regrouper ceux-ci notamment pour créer des équipes de développement ou des équipes d’utilisateurs représentant un mandant.

Les propriétés de cette entité « *équipe* » sont les suivantes. Dans le modèle relationnel, il n’y a pour l’instant pas d’entité « équipe », de ce fait tous les champs nécessaires à une équipe sont enregistrés ici en tant que propriété. Par souci d’évolutivité, j’ai choisi de tout de même ajouter un *uuid* à cette entité, celui-ci permettra si besoin de la relier au modèle relationnel.

|  |  |
| --- | --- |
| **uuid** | Identifiant unique universel |
| **name** | Texte, nom de l’équipe |
| **color** | Texte, une couleur associée à l’équipe |
| **status** | Texte, le statut actuel de l’équipe (actif, abandonnée, bannis) |
| **createdAt** | *DateTime*, date et heure de création de l’équipe |

#### Projet

La troisième entité représentée sous forme de nœud est un « *projet* ». Cette entité permet de représenter les projets à réaliser, en cours de réalisation ou terminés. Ces nœuds projets pourront être étiquetés en fonction du ou des langages de programmation auxquels il se rapporte.

Les propriétés de cette entité « *projet* » sont les suivantes, comme pour les utilisateurs celles-ci ne doivent pas être redondantes avec les données stockées dans le modèle relationnel.

|  |  |
| --- | --- |
| **uuid** | Identifiant unique universel permettant de retrouver l’entité du modèle relationnel correspondante |
| **status** | Texte, le statut actuel du projet (*préparation, validation, proposition, en cours, terminé, abandonné*) |
| **deadline** | Date, la date programmée de la fin du projet |
| **tags** | Texte, étiquettes de caractéristiques discriminatoires (ex : domaine d’application) |
| **createdAt** | *DateTime*, date et heure de création du projet |

### Relations

Maintenant que nous avons identifié les différents acteurs de l’application sous forme de nœuds, analysons les relations possibles et les arcs qui vont pouvoir être créés entre ces nœuds. Les relations possèdent également des propriétés et sont orientées (dans *Neo4j*, elles peuvent être traitées comme non-orientés). Par souci de simplification, les nœuds n’ont pas été étiquetés dans la représentation suivante et sont donc tous représentés dans leur type primaire.



Figure 23 : Représentation simplifiée des différents nœuds et arcs possibles

#### IS\_MEMBER\_OF

La première relation identifiée est la relation d’appartenance d’un utilisateur à une équipe, représenté ici par les arcs « *IS\_MEMBER\_OF* ». Ainsi un utilisateur peut faire partie d’une ou plusieurs équipes, sur l’exemple c’est le cas de *Dylan* qui fait partie de l’équipe *rouge* et de l’équipe *bleue*.

Les propriétés de cet arc sont les suivantes.

|  |  |
| --- | --- |
| *since* | Date, depuis combien de temps |
| *isOwner* | Booléen, l’utilisateur est-il le propriétaire de l’équipe |
| *status* | Texte, le statut actuel de l’appartenance de l’utilisateur à l’équipe (actif, inactif, banni) |

#### MANDATES

La relation « *MANDATES* » permet à une équipe de mandater un ou plusieurs projets. Dans l’exemple ci-dessus, l’équipe *jaune* mandate les projets X et Y. Il est tout à fait possible qu’une équipe développe un projet et en mandate un autre, c’est le cas de l’équipe rouge dans l’exemple précédent.

Les propriétés de cet arc sont les suivantes.

|  |  |
| --- | --- |
| *publishDate* | Date, date de publication du projet |
| *endDate* | Date, la date de fin si le projet est terminé |
| *mark* | Nombre, note attribuée par le mandant si le projet est terminé |
| *feedback* | Texte, rapport sur le déroulement si le projet est terminé |

#### APPLIES

La relation « *APPLIES* » permet à une équipe de développeurs de soumettre sa candidature pour un projet à réaliser.

Les propriétés de cet arc sont les suivantes.

|  |  |
| --- | --- |
| *date* | Date, date de soumission de la candidature |
| *price* | Nombre, prix proposé par l’équipe de développeurs |
| *specifications* | Lien, lien vers le cahier des charges proposé |

#### DEVELOPS

La relation « *DEVELOPS* » permet de lier une équipe de développeurs à un ou plusieurs projets. Dans l’exemple ci-dessus, l’équipe *bleue* développe les projets X et Z. Cette relation est forcément créée en parallèle d’une relation « *APPLIES* » existante puisque les équipes doivent soumettre leur candidature avant d’être sélectionnées.

Les propriétés de cet arc sont les suivantes.

|  |  |
| --- | --- |
| *startDate* | Date, date d’attribution du projet à l’équipe |
| *endDate* | Date, la date de fin si le projet est terminé |

#### ARBITRATES

La relation « *ARBITRATTES* » pourra être établie entre un expert (utilisateur) et un projet lui permettant ainsi d’intervenir sur le projet en question. Les experts peuvent être externes ou alors intégrés à des équipes de développeurs, c’est le cas de *Bob* dans l’exemple.

Les propriétés de cet arc sont les suivantes.

|  |  |
| --- | --- |
| *date* | Date de l’intervention |
| *type* | Texte, type d’intervention (expertise, médiation, validation, etc.) |
| *status* | Texte, état de l’intervention (*en cours, en échec, terminé*) |

# Planification

La réalisation de l’application va être faite sur 24 jours. Celle-ci inclut le développement des fonctionnalités, les tests liés à ces développements et les résolutions de bugs. La planification sera divisée en 5 sprints selon la méthode Agile[[20]](#footnote-20).

Pour faciliter la gestion des tâches, réaliser le suivi et visualiser la progression, j’ai choisi d’utiliser le service en ligne *Trello*[[21]](#footnote-21). J’ai dans un premier temps reporté dans celui-ci les 5 *sprints* et leurs tâches principales. Tout au long de la réalisation, les tâches seront déplacées des colonnes de gauche vers celles de droite selon leur état d’avancement. Ce tableau est visible publiquement à l’adresse suivante : <https://trello.com/b/meyHR8e8/heig-vd-travail-de-bachelor>.

## Sprint N°1 : Développement de l’API

|  |  |
| --- | --- |
| **Durée** | 2 semaines (6 jours). *Du 28.07.21 au 30.07.21 et du 04.08.21 au 06.08.21* |
| **Goal** | Déployer une API fonctionnelle permettant de réaliser toutes les opérations nécessaires aux différents *Epic* sélectionnés |
| **Tâches** | * Mise en place de la structure * Création des « *endpoints* » * Rédaction de tests unitaires |
| **Validation** | Approbation de tous les tests unitaires définis |

## Sprint N°2 : Développement des interfaces utilisateur

|  |  |
| --- | --- |
| **Durée** | 2 semaines (6 jours). *Du 11.08.21 au 13.08.21 et du 18.08.2021 au 20.08.2021* |
| **Goal** | Produire une application permettant aux utilisateurs de réaliser toutes les opérations nécessaires aux différents *Epic* sélectionnés |
| **Tâches** | * Réaliser les différentes vues de l’interface utilisateur * Répondre aux cas d’utilisations identifiés * Réaliser les *Epics* de priorité 3 (*Epics : 1, 2, 6*) * Réaliser les *Epics* de priorité 2 (*Epics : 3, 4, 5, 8)* * Si le temps le permet, commencer la réalisation *d’Epics* de priorité 1 |
| **Validation** | Tests fonctionnels de navigation entre les pages, acceptation visuelle des vues |

## Sprint N°3 : Intégration des interfaces et de l’API

|  |  |
| --- | --- |
| **Durée** | 1 semaine (3 jours). *Du 25.08.21 au 27.08.21* |
| **Goal** | Mettre en relation l’API réalisé lors du premier sprint et les différentes interfaces réalisées lors du second sprint |
| **Tâches** | * Mettre en place la connexion entre les interfaces et l’API * Intégrer les différents *endpoints* de l’API aux interfaces |
| **Validation** | Tester et valider l’intégration complète de l’application avec l’API |

## Sprint N°4 : Mise en place des relations et recommandations

|  |  |
| --- | --- |
| **Durée** | 1 semaine (3 jours). *Du 01.09.21 au 03.09.21* |
| **Goal** | Créer des relations et tester le comportement de l’application par rapport à celles-ci |
| **Tâches** | * Peupler la base de données avec des données provisoires * Créer des relations entre les différentes données * Mettre en place un algorithme de recommandations basique basé sur les relations * Documenter les tests réalisés |
| **Validation** | Tester l’application sans relations puis en ajoutant des relations et observer les changements des résultats obtenus |

## Sprint N°5 : Finalisation du projet

|  |  |
| --- | --- |
| **Durée** | 2 semaines (6 jours). *Du 08.09.21 au 10.09.21 et du 15.09.21 au 17.09.21* |
| **Goal** | Finaliser le projet et rédiger le rapport final |
| **Tâches** | * Finaliser les éventuels développements non terminés * Tester l’application dans son ensemble et réaliser des ajustements * Documenter la réalisation et les tests |
| **Validation** | Présentation et démonstration de l’application finale au mandant |

# Réalisation

## API avec *Express.js*

La réalisation de l’API *back-end* a été planifié sur un sprint de six jours, tous les points programmés ont pu être mis en place et ce dans les délais. Après avoir introduit la structure du code source de cette API et les routes disponibles, je m’attarderais sur les points techniques les plus intéressants rencontrées durant le développement.

### Structure du code

|  |  |
| --- | --- |
| Figure 24 : Structure du code de l’API back-end avec Express | Mon API est structurée via l’arborescence présenté ci-contre. Les dossiers et fichiers intéressants sont les suivants :   * *app* : Dossier contenant les sources principales du projet * *controllers* : Contient les différents contrôleurs de l’application et toute la logique de celle-ci. * *middleware* : Gestion de l’authentification et requêtes exécutés par les contrôleurs sur les différentes bases de données. * *models* : Définis les différents modèles de données. * *routes* : Fichiers des chemins interogeables de l’API. * *config* : Dossier contenant les constantes, les paramètres *passport* ainsi que les paramètres de connexion *Neo4j* et *MariaDB.* * *data* : Contient les données chargées initialement dans les bases. * *locales* : Contient les fichiers de traductions. * *tests* : Dossier contenant les tests unitaires *Mocha.* * *views* : Contient les vues *HTML* de l’index et de la page 404. * *.env* : Variables d'environnements * *package.json* : Fichier contenant tous les détails, scripts et dépendances du projet *npm*. * *server.js* : Ce fichier est le point d'entrée de l'application *Express*.   Les éléments restants sont respectivement les dossiers de configurations des IDE (*.idea* et *.vscode*), le dossier *node\_modules* contenant les modules Node.js, un dossier *public* permettant servir des ressources statiques, le fichier d’exemple de la configuration de l’environnement, de *Docker* de *Git*, et de *npm* et la collection *Postman*. |

#### Les routes

|  |  |
| --- | --- |
| Le dossier *routes* permet de définir tous les points d’entrés (chemins) de l’API. Il contient un fichier par domaine (*users*, *teams*, etc.) ainsi qu’un fichier *index*.  Le fichier *index* permet de parcourir l’ensemble des fichiers de domaines présents dans le dossier et d’automatiquement les charger dans l’application. De ce fait, lors de l’ajout d’un nouveau fichier, les routes créés et présentes dans celui-ci sont automatiquement chargées. Ce fichier *index* permet également de définir la route principale « / » et de renvoyer les requêtes invalides vers une page 404. |  |
| *Figure 25 : Contenu du dossier « routes » de l’API, un fichier par domaine d’enpoints* | |

Chacun de ces fichiers contient la définition d’une ou plusieurs routes. Cette définition est à chaque fois établis à l’aide de différents éléments présentés ci-dessous.

|  |
| --- |
| *// Example : get all resources linked to a project* |
| router.get( // 1. La méthode http (get, post, put, etc.)  '/projects/:uuid/resources', // 2. Le *endpoint* ou chemin d’accès, il s’agit de l’url à interroger  requireAuth, // 3. Si nécessaire, l’authentification vérifiée par le *middleware*  requiredRole(ROLE\_USER), // 4. Si nécessaire, le ou les rôles requis par accéder à la requête  trimRequest.all, // 5. Une fonction de « nettoyage » de données reçues  validateGetProject, // 6. Si nécessaire, une fonction de validation des données reçues  getProjectTeams // 7. La fonction à exécuter en cas de validation des étapes précédentes ) |
|  |

Lors de l’accès à un *endpoint*, les contrôleurs et le *middleware* va exécutera les différentes vérifications requises (authentification, rôle, validité des données) puis va autoriser ou non l’exécution d’une fonction. Cette dernière fonction a pour rôle de retrouver, de formater et de rendre les données correspondantes demandées, le cas échéant de retourner une erreur. Ci-dessous, la définition de toutes les routes du domaine « *projects* » actuellement disponibles.

|  |
| --- |
| *// File : app/routes/projects.js* |
| *// Get all projects* router.get('/', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, getProjects)  *// Get a project by uuid* router.get('/:uuid', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateGetProject, getProject)  *// Get all project resources* router.get('/:uuid/resources', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateGetProject, getProjectResources)  *// Get all project teams* router.get('/:uuid/teams', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateGetProject, getProjectTeams)  *// Create a project (MANDATES)* router.post('/', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateCreateProject, createProject)  *// Update a project by uuid* router.patch('/:uuid', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateUpdateProject, updateProject)  *// Update a project status* router.patch('/:uuid/status/:status', requireAuth, requiredRole(ROLE\_MODERATOR), trimRequest.all, validateUpdateProjectStatus, updateProjectStatus)  *// Arbitrate a project (ARBITRATES)* router.put('/:uuid/arbitrate', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateArbitrateProject, arbitrateProject)  *// Join a project (APPLIES)* router.put('/:uuid/apply', requireAuth, role(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateApplyProject, applyProject)  *// Leave a project (DEVELOPS)* router.put('/:uuid/develop', requireAuth, role(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateDevelopProject, developProject)  *// Note and feedback a project (MANDATES mark + feedback)* router.put('/:uuid/feedback', requireAuth, role(ROLE\_USER), trimRequest.all, validateFeedbackProject, feedbackProject)  *// Delete a project* router.delete('/:uuid', requireAuth, role(ROLE\_ADMIN), trimRequest.all, validateDeleteProject, deleteProject) |
|  |

L’ensemble des routes actuellement définies et interrogeables est résumé dans le tableau suivant :

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
|  | **Méthode** | **Chemin** | **Action** |
| *Authentication* | POST | /auth/login | Connecte l'utilisateur |
| POST | /auth/register | Enregistre l'utilisateur |
| POST | /auth/verify | Vérifie l'adresse mail d'un utilisateur |
| POST | /auth/forgot | Permet la demande de réinitialisation de mot de passe |
| POST | /auth/reset | Réinitialise le mot de passe de l'utilisateur |
| GET | /auth/token | Renvoir un token à l'utilisateur |
| *Notifications* | GET | /notifications | Get all notifications |
| GET | /notifications/:id | Get a notification by id |
| POST | /notifications | Create a notification |
| PATCH | /notifications/:id | Update a notification by id |
| DELETE | /notifications/:id | Delete a notification (Mark as read instead of permanent deletion) |
| *Profile* | GET | /profile | Get profile route |
| GET | /profile/bankaccounts | Get a user bank accounts |
| GET | /profile/notifications | Get a user notifications |
| GET | /profile/projects | Get all user projects |
| GET | /profile/tags | Get my tags |
| GET | /profile/teams | Get all user teams |
| PATCH | /profile | Update profile route |
| PATCH | /profile/password | Change password route |
| PATCH | /profile/resume/:resumeId | Update resume reference |
| *Projects* | GET | /projects | Get all projects |
| GET | /projects/:uuid | Get a project by uuid |
| GET | /projects/:uuid/resources | Get all project resources |
| GET | /projects/:uuid/teams | Get all project teams |
| POST | /projects | Create a project (MANDATES) |
| PATCH | /projects/:uuid | Update a project by uuid |
| PATCH | /projects/:uuid/status/:status | Update a project status |
| PUT | /projects/:uuid/arbitrate | Arbitrate a project (ARBITRATES) |
| PUT | /projects/:uuid/apply | Join a project (APPLIES) |
| PUT | /projects/:uuid/develop | Leave a project (DEVELOPS) |
| PUT | /projects/:uuid/feedback | Note and feedback a project (MANDATES mark + feedback) |
| DELETE | /projects/:uuid | Delete a project |
| *Recommen dations* | GET | /recommendations/projects | Get a set of projects recommendations (combination of applies, mandates and tags) |
| GET | /recommendations/projects/applies | Get projects recommendations based on other teams applies |
| GET | /recommendations/projects /mandates | Get projects recommendations based on mandates |
| GET | /recommendations/projects/tags | Get projects recommendations by tags similarities |
| *Resources* | GET | /resources | Get all resources |
| GET | /resources/:id | Get a resource by id |
| POST | /resources | Create a resource |
| PATCH | /resources/:id | Update a resource by id |
| DELETE | /resources/:id | Delete a resource |
| *Teams* | GET | /teams | Get all teams |
| GET | /teams/:uuid | Get a team by uuid |
| GET | /teams/:uuid/users | Get all team members |
| GET | /teams/:uuid/projects | Get all team projects |
| POST | /teams | Create a team |
| PATCH | /teams/:uuid | Update a team by uuid |
| PATCH | /teams/:uuid/status/:status | Update a team status |
| PATCH | /teams/:uuid/users/:uuid | Accept a user by uuid (update IS\_MEMBER\_OF status) |
| PUT | /teams/:uuid/join | Join a team (IS\_MEMBER\_OF) |
| PUT | /teams/:uuid/leave | Leave a team (IS\_MEMBER\_OF) |
| DELETE | /teams/:uuid | Delete a tea |
| *Users* | GET | /users | Get all users |
| GET | /users/:uuid | Get a user by id |
| GET | /users/:uuid/bankaccounts | Get aall user bank accounts |
| GET | /users/:uuid/notifications | Get all user notifications |
| GET | /users/:uuid/projects | Get all user projects |
| GET | /users/:uuid/resources | Get all user resources |
| GET | /users/:uuid/teams | Get all user teams |
| PATCH | /users/:uuid | Update a user by id |
| PATCH | /users/:uuid/ban | Ban a user by id |
| PATCH | /users/:uuid/roles/:role | Assign a role to user |
| DELETE | /users/:uuid | Delete a user |
|  | | | |

#### Les contrôleurs

Les contrôleurs contiennent la logique de l’application et me permettent de répondre à une requête en combinant différents éléments (et/ou modèles) tout en ayant opéré les vérifications nécessaires (existence, validité des données) et en ayant formaté les données. Chaque domaine possède un dossier de contrôleurs, dans ceux-ceux on peut en différencier trois types.

1. Tout d’abord les contrôleurs de validation, ceux-ci permettent de définir les conditions des données à recevoir (paramètres, type et valeur de ceux-ci) pour que la requête soit acceptée. Si les données reçues sont valides, ce contrôleur laisse passer la requête au contrôleur suivant, le cas échéant elle bloque la requête et le signal par un message d’erreur de validation. Ces contrôleurs se présentent sous la forme d’un tableaux constant contenant un ou plusieurs champs à valider ainsi que les exigences pour chacun de ces champs. Dans l’exemple ci-dessous, seul le champ « 'id' » est définis, il doit être présent (*.exists()*) et ne pas être vide *(.not().isEmpty()*). Les contrôleurs de validation font ensuite appel à la libraire « *express-validator* » (*check* et *validationResult*) permettant de vérifier si les conditions définis sont valides. Les fonctions « validateResult, handleError et buildErrObject » sont des *middlewares* sur lesquels nous reviendront plus tard.

|  |  |
| --- | --- |
| *// File : app/controllers/notifications/ validators/validateGetNotification.js* | *// File : app/middleware/utils/validateResult.js* |
| *const* { check } = require('express-validator')  */\*\*  \* Validates the "get notification" request  \*/ const* validateGetNotification = [  check('id')  .exists()  .withMessage('MISSING')  .not().isEmpty()  .withMessage('IS\_EMPTY'),  (req, res, next) => {  validateResult(req, res, next)  } ] | *const* { validationResult } = require('express-validator')  */\*\*  \* Builds error for validation files  \*  \** ***@param {Object} req*** *- the request object  \** ***@param {Object} res*** *- the response object  \** ***@param {Object} next*** *- Navigate to the next function  \*/ const* validateResult = (req, res, next) => {  *try* {  validationResult(req).throw()  …  *return* next()  } *catch* (error) {  *return* handleError(res, buildErrObject(422, error.array()))  } } |
|  |  |

1. Puis les contrôleurs d’entrés, il s’agit de ceux référencé dans les routes, il en existe donc un par route. Ceux-ci permettent de nettoyer les données reçues avec la requête (*matchedData*), de faire appel à d’autres contrôleur pour retrouver les données (*findNotification*), de mettre en forme les données à renvoyer (*setNotificationInfo*) et de créer un message réponse (*res.status(200).json(…)*).

|  |
| --- |
| *// File : app/controllers/notifications/getNotification.js* |
| */\*\*  \* Retrieve a single notification based on its id  \*  \** ***@param {Object} req*** *- request object  \** ***@param {Object} res*** *- response object  \*/ const* getNotification = *async* (req, res) => {  *try* {  *const* data = *matchedData*(req)  *const* notification = *await* findNotification(data.id)  res.status(200).json(*await* setNotificationInfo(notification))  } *catch* (error) {  handleError(res, error)  } } |
|  |

1. Et enfin les contrôleurs dits « *helpers* », pouvant être utilisés par les autres contrôleurs et dédiés à une tâche précise. Ils font appel aux *middlewares (*getItem*)* pour retrouver des données dans les bases et de ce fait fonctionnent avec le modèle des *promesses* [[22]](#footnote-22)JavaScript. Dans l’exemple ci-dessous, lors de la recherche d’une notification via son id, les traductions de celle-ci (stockées dans une seconde table) y sont appondues.

|  |
| --- |
| *// File : app/controllers/notifications/helpers/findNotification.js* |
| *const* Notification = mariadb.models.Notification *const* NotificationTranslation = mariadb.models.NotificationTranslation  */\*\*  \* Find a notification by its id and include the translations  \*  \** ***@param {int} id*** *- the notification´s id  \** ***@param {string} lang*** *- the translation to load  \*/ const* findNotification = (id = 0, lang = 'en') => {  *return new* Promise(*async* (resolve, reject) => {  *try* {  resolve(*await* getItem(Notification, id, {  include: [{  model: NotificationTranslation,  where: { lang }  }]  }))  } *catch* (error) {  reject(buildErrObject(404, 'NOTIFICATION\_DOES\_NOT\_EXIST'))  }  }) } |
|  |

#### Les *middlewares*

|  |  |
| --- | --- |
| Les *middlewares* permettent la connexion entre les contrôleurs et les bases de données et servent donc de base à ceux-ci pour qu’ils puissent répondre aux requêtes. De plus, ils permettent également une généralisation du code évitant ainsi les répétitions, apportent des classes d’utilitaires et de vérifications.  Je les ai divisés en quatre dossiers :   1. *auth* : Fonctions permettant de gérer les mots de passes (*checkPassword*, *encrypt*, *decrypt*, *hash*) et l’authentification. 2. *db* : Regroupant toutes les opérations CRUD sur les deux bases de données. 3. *emailer* : Fonctions permettant de construire et d’envoyer des emails. 4. *utils* : Fonctions utilitaires générales pouvant par exemple construire un message d’erreurs (*buildErrObject*), retrouver une adresse IP (*getIP*), convertir les éléments des requêtes en paramètres (*queryToParams*), etc. | A screenshot of a phone  Description automatically generated with low confidence |
| *Figure 26 : Contenu du dossier « middleware » de l’API* | |

Comme j’utilise deux bases de données, j’ai dû mettre en place les opérations CRUD pour chacune d’entre elles. Pour se faire, j’ai utilisé « *Sequelize*[[23]](#footnote-23)» et « *Neode*[[24]](#footnote-24)» qui sont tous deux des ORM respectivement pour *MariaDB* et pour *Neo4j*, basés sur les *promesses* JavaScript. Ci-dessous, la récupération de projets dans la base de données relationnel (en arrière-plan l’ORM utilisera l’opération SQL « *SELECT »*) et dans la base de données graphes (en arrière-plan l’ORM utilisera l’opération Cypher « *MATCH* »). Chaque fonction fait appel à une autre fonction *middleware* utilitaire (*queryToOptions* et *queryToParams*) permettant de de mettre en forme et d’éventuellement ajouter des valeurs par défaut aux options reçues par la requête. Elles utilisent ensuite le modèle passé en paramètre pour réaliser l’opération de façon différente. Pour *Sequelize,* le modèle contient des fonctions (*findAll*) interrogeables directement auxquelles il est possible de passer des options (filtre, ordre, limites, etc.). Alors que pour *Neode*, il faut interroger une instance (neo4j.all) en lui passant comme paramètre le modèle puis les différents paramètres.

|  |  |
| --- | --- |
| *// File : app/middleware/db/getItems.js* | *// File : app/middleware/db/getNodes.js* |
| */\*\*  \* Get items from MariaDB database   \* matching the options  \*  \** ***@param {Object} model*** *- the Sequelize model  \** ***@param {Object} options*** *- build and query options  \*/  const* getItems = *async* (model, options = {}) => {  *return new* Promise(*async* (resolve, reject) => {  options = *await* queryToOptions(options)  model.*findAll*(options)  .then(*async* item => {  resolve(item)  })  .catch(error => {  reject(error)  })  }) } | */\*\*  \* Get nodes from Neo4j database   \* matching the query options  \*  \** ***@param {string} model*** *- the Neo4j model  \** ***@param {Object} options*** *- build and query options  \*/ const* getNodes = *async* (model, options = {}) => {  *return new* Promise(*async* (resolve, reject) => {  *const* params = *await* queryToParams(options)  *await* neo4j.all(model, params.filters, params.orders,  params.limit, params.offset)  .then(*async* collection => {  *if* (collection.length)  resolve(collection.\_values)  *else* resolve([])  })  .catch(error => {  reject(error)  })  }) } |
|  |  |

En plus des opérations CRUD, pour la base de données graphe *Neo4j*, j’ai créé des *middlewares* liés aux relations entre les nœuds. Ces opérations n’étant pas totalement prise en charge par l’ORM « *Neode* », j’ai préféré construire directement des requêtes *Cypher*. Dans l’exemple ci-dessous, la fonction *getNodeRelations* permet de retrouver toutes les relations et tous les nœuds lié en partant d’un nœud précis. Une fois la requête *Cypher* exécuté, celle-ci nous return un certain nombre de « *records* » que j’enregistre dans deux tableaux : un tableau contenant les nœuds et un tableau contenant les relations. Ces tableaux sont alors encapsulés dans un objet puis retournés.

|  |
| --- |
| *// File : app/middleware/db/getNodeRelations.js* |
| */\*\*  \* Get all nodes relations from database  \*   \** ***@param {string} model*** *- the Neo4j model  \** ***@param {uuid} uuid*** *- the node uuid  \** ***@param {string|array} relation*** *- a specific relation (IS\_MEMBER\_OF)  \*/ const* getNodeRelations = *async* (model, uuid, relation = '') => {  *return new* Promise(*async* (resolve, reject) => {  ...  *await* neo4j.cypher(`MATCH (a:${model} {uuid: '${uuid}'})-[r:${relation}]-(b) RETURN b, r`)  .then(*async* res => {  *if* (res.records.length) {  *let* nodes = [], relations = []  *for* (*const* record *of* res.records) {  nodes.push(record.get('b'))  relations.push(record.get('r'))  }  resolve({ nodes, relations })  } *else* resolve([])  })  .catch(error => {  reject(error)  })  }) } |
|  |

La requête *Cypher* réalisé ici est plutôt simple, elle se décompose comme suit :

1. MATCH (a:${model} {uuid: '${uuid}'}) : L’opérateur MATCH permet de sélectionner les nœuds répondants à certaines conditions. Ici on définit un modèle et on lui assigne l’alias a, ce model doit contenir l’uuid passé via l’interpolation (${uuid}). Par l’unicité de nos uuid, on s’assure ici que l’on aura un seul nœud en retour.
2. -[r:${relation}] : Un fois le nœud identifié par MATCH, on lui demande toutes ses relations en leur assignant l’alias r. Les relations doivent correspondre au ou aux type(s) passés par l’interpolation (${relation}).
3. -(b) : Finalement, de ces relations trouvées, on demande les nœuds attachés sans conditions en leur assignant l’alias b.
4. RETURN b, r : Cette dernière partie retourne les nœuds trouvées (b) et les arcs (r) par lesquels ils sont reliés.

Une requête construite pour retrouver toutes les équipes dont un utilisateur fait partie serait alors la suivante. *A noter que cette requête d’exemple retourne en plus le nœud initial. Et ce uniquement dans le but d’obtenir une représentation visuelle du résultat, inutile donc omise dans la fonction « getNodeRelations ».*



Figure 27 : Exemple de résultat d’une requête Cypher construite par les middlewares

#### Les modèles

Les modèles de données sont des représentations syntaxiques de données présentes dans une base de données. Du fait que j’utilise deux bases de données différentes (*Neo4j* et *MariaDB*), certains modèles doivent être définis dans les deux systèmes, c’est le cas pour modèle « utilisateur » ainsi que pour le modèle « projet » qui ont tous deux de multiples propriétés. Les autres modèles (ressources, notifications, etc.) sont uniquement définis pour *MariaDB* à l’exception du modèle « équipe ». En effet, celui-ci est, quant à lui, uniquement définit pour *Neo4j* car il ne possède pour l’instant que quelques propriétés. Si par la suite, le besoin se ferait sentir d’ajouter plus de propriétés à ce modèle, il serait très simple d’en ajouter une représentation *MariaDB.*

La définition d’un modèle pour *MariaDB* avec « *Sequelize* » se fait sous la forme d’un JSON. Le champ « *name* » définit le nom de la table dans la base et les champs attributs les différentes colonnes. Pour chaque colonne il est nécessaire de définir un type, puis il est possible de gérer l’unicité et la nullité. La clé primaire est ajouté par défaut si elle n’est pas définit, il est également possible de définir un champ comme clé primaire à l’aide de « *primaryKey:true* ». Pour chaque colonne, le champ « *validate* » permet de contraindre les données à respecter une définition, par exemple une expression régulière, une taille, un format, etc.

|  |
| --- |
| *// File : app/models/mariadb/User.js* |
| module.exports = {  name: 'users',  attributes: {  uuid: {  type: DataTypes.STRING(36),  validate: { isUUID: 4, len: 36 },  allowNull: *false*,  unique: *true* },  firstName: {  type: DataTypes.STRING(64),  validate: { is: /^[\w\-\s]+$/, max: 64 },  allowNull: *false* },  lastName: {  type: DataTypes.STRING(64),  validate: { is: /^[\w\-\s]+$/, max: 64 },  allowNull: *false* },  ...  }, }; |
|  |

La définition des relations est faite lorsque tous les modèles sont créés. Il est nécessaire de toujours créer les relations dans les deux sens en indiquant la clé étrangère et les clés primaires. Par exemple pour créer le lien entre les utilisateurs et leurs comptes bancaires, on procède comme suit.

|  |
| --- |
| *// File : app/models/mariadb/index.js* |
| *// BankAccounts => User* User.*hasMany*(BankAccount, {foreignKey: 'userId', sourceKey: 'id'}) BankAccount.*belongsTo*(User, {foreignKey: 'userId', targetKey: 'id'}) |
|  |

La définition d’un modèle pour *Neo4j* avec la librairie « *neode* » se fait également sous la forme d’un JSON. Chaque première entrée définit une propriété (ci-dessous *uuid*, *tags* et *createdAt*) ou une relation (ci-dessous *isMemberOf* et *arbitrates*). Pour chacune des propriétés, il est nécessaire de déterminer un type et il est possible de la rendre requise ainsi que de lui attribuer une valeur par défaut. La propriété « *uuid* » est désignée comme clé primaire à l’aide de « *primary:true* ». Les relations sont définies par le type « *'relationship'* » puis doivent être nommé via l’attribut « *relationship* » et doivent définir un modèle cible avec « *target* ». Elles peuvent alors recevoir des propriétés, les définitions de celle-ci sont identiques aux propriétés évoquées avant.

|  |
| --- |
| *// File : app/models/neo4j/User.js* |
| module.exports = {   // Définition des propriétés  uuid: { primary: *true*, type: 'uuid', required: *true* },  tags: 'string',  createdAt: { type: 'datetime', *default*: () => *new* Date },   // Définition des relations  isMemberOf: {  type: 'relationship',  relationship: RELATION\_IS\_MEMBER\_OF,  target: 'Team',  direction: 'out',  properties: {  since: { type: 'datetime', required: *true*, : () => *new* Date },  isOwner: { type: 'boolean', required: *true*, *default*: *false* },  status: { type: 'integer', required: *true*, *default*: STATUS\_INACTIVE }  }  },  arbitrates: { … } }; |
|  |

La liaison des données entre les deux bases se fait à l’aide d’un « *uuid*[[25]](#footnote-25) », un système d’identifiants uniques universels. Chaque entrée de la base de données possède donc un identifiant, généré lors de sa création, celui-ci est identique pour un même élément dans les bases *Neo4j* et *MariaDB.*

### Séquence de bout en bout

Pour mieux illustrer un appel de bout en bout depuis l’accès à l’url jusqu’à la réponse JSON, prenons l’exemple suivant. Je désire connaitre les données d’un projet spécifique dont je connais l’*uuid*. De ce fait, j’exécute une requête sur l’url « *{{server}}/projects/55d498d5-58bf-4873-920b-fffa5db641a8* ». Pour cet exemple, on considère que je suis déjà authentifié (le système d’authentification est détaillé au chapitre suivant).

Avant même d’accéder à cet *endpoint*, le serveur doit être lancé. Lors de ce lancement, le fichier « *server.js* » configure différents éléments (représenté par « *use(…)* » par soucis de simplification dans le schéma suivant) et charge notamment toutes les routes définis dans les différents fichiers contenus dans le dossier « *app/routes* ». Il initialise également l’authentification à l’aide de la librairie « *passport* », je reviendrais sur celle-ci dans le chapitre suivant. Une fois toutes les routes chargées (y compris l’index et la page 404), le serveur se met en écoute sur le port définis et est prêt à recevoir des requêtes.

Diagram, engineering drawing

Description automatically generated

Figure 28 : Diagramme de séquence du lancement de l’API se terminant par l’attente de requêtes,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-Sequence-start.png »

Diagram

Description automatically generated

Figure 29 : Diagramme de séquence du traitement de l’API lors d’un accès au endpoint « /projects/:uuid »,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-Sequence-getProject.png »

Pour commencer le fichier « *projects.js* » contenant la route interrogée procède à la vérification du rôle de l’utilisateur à l’aide des fonctions « *requiredRole* » et « *checkPermissions* ». Ces dernières cherchent l’utilisateur connecté, confirme qu’il est existant et actif puis vérifie qu’il possède bien le rôle requis. Une fois ces vérifications faites, un test de validation des éléments de la requête est effectué via les méthodes « *validateGetProject* » et « *validateResult* ». Si aucune erreur n’est détectée que la validation et la vérification sont correcte, le fichier « *projects.js* » exécute la fonction « *getProject* ».

Diagram

Description automatically generated

Figure 30 : Diagramme de séquence du traitement de l’API lors d’un appel à la fonction « getProject » ,   
version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-Sequence-getProject.png »

La fonction « *getProject* » est alors exécuté et commence par nettoyer les données reçues en ne gardant que celles spécifiées lors de la validation grâce à la fonction « *matchedData* ». Puis, comme les données d’un projet sont répartis entre les deux bases de données, la fonction va les interoger tour à tour avant de combiner les résultats. C’est d’abord le cas avec « *findProject* » qui interroge la base de données *MariaDB* via *Sequelize* et la fonction de *middleware* « *getItemByUuid* », tout en configurant les paramètres à transmettre (*queryToOptions*) et en effectuant les opérations de vérification (*itemNotFound*). Puis c’est au tour de *Neo4j* d’être interrogé par « *findProjectNode* » via *Neode* et la fonction middleware « *getNode* ». Cette dernière réalise également une vérification d’existence. Finalement la fonction « *setProjectInfo* » permet de combiner les données trouvées dans les 2 bases de données, de les nettoyer, d’y appondre les traductions nécessaires et d’éventuellement d’y ajouter les relations entre les nœuds.

### Authentification

Toutes les requêtes peuvent être protégées et nécessiter une authentification. J’ai géré cette authentification avec la librairie « *Passport.js*[[26]](#footnote-26) » ainsi que des jetons de type *JWT*[[27]](#footnote-27). On peut découper l’authentification pour un utilisateur se en 3 étapes distinctes :

1. L’enregistrement de l’utilisateur (réalisé une seule fois) c’est cette action qui a pour effet de sauvegarder l’utilisateur dans les bases de données ainsi que de vérifier la validité de son adresse mail.
2. La connexion de l’utilisateur (réalisé à chaque nouvelle connexion), cette action vérifie l’identité de l’utilisateur (email / mot de passe) et lui fournit un *token* lui permettant de réaliser des requêtes protégées.
3. La réinitialisation du mot de passe de l’utilisateur (réalisé à chaque fois que celui-ci l’oublis !), cette action vérifie à nouveau l’email de l’utilisateur puis lui permet de choisir un nouveau mot de passe.

#### Enregistrement d’un utilisateur

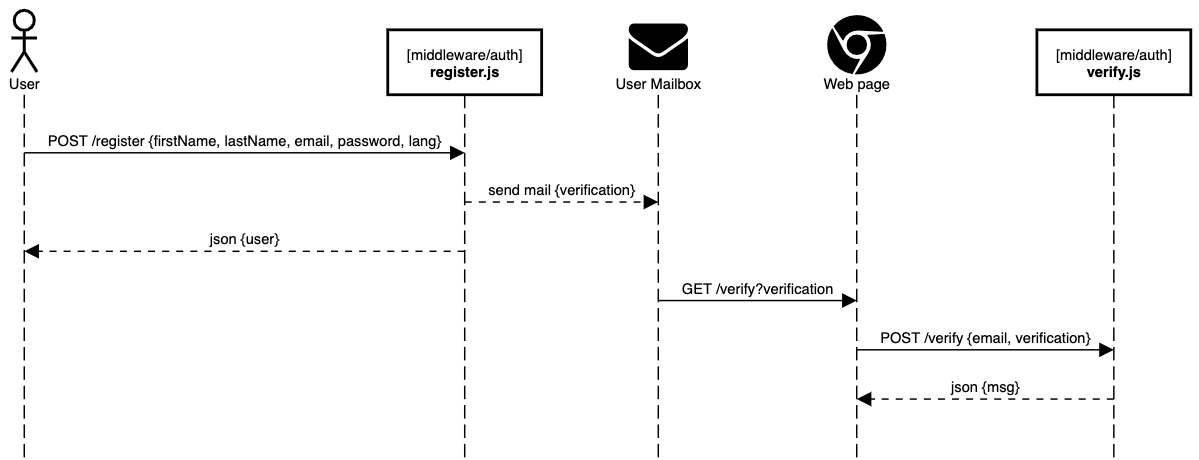


Figure 31 : Diagramme présentant les étapes de l’enregistrement pour un utilisateur,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/User-Registration.png »

L’enregistrement d’un utilisateur dans l’application se déroule en deux étapes pour celui-ci. Tout d’abord, l’utilisateur fais une demande d’enregistrement (via un formulaire web) contenant son nom, son prénom, son adresse email et un mot de passe. L’API vérifie alors que l’adresse n’existe pas déjà puis, si tel est le cas, envoie un email à l’adresse renseigné avec un *token* de vérification. L’utilisateur doit alors se rendre dans sa boite mail et cliquer sur le lien reçu, celui-ci contient le *token* de vérification. Ce lien le renvoie vers l’application et son compte est de ce fait vérifié. Dès lors, l’utilisateur peut se connecter à l’application.

Tant qu’un compte n’est pas vérifié, l’utilisateur ne peut accéder aux requêtes protégées, de ce fait on s’assure de la validité de l’adresse email de l’utilisateur.

#### Connexion d’un utilisateur

Pour accéder aux requêtes protégés, l’utilisateur doit au préalable se connecter avec son couple email / mot de passe. De ce fait, son identité peut être vérifié et les requêtes approuvées. Cependant il serait trop contraignant de devoir se reconnecter à chaque nouvelle requête, c’est pourquoi j’ai mis en place un système de *token*. Lors de la première connexion de l’utilisateur, si celui-ci fournit un couple email / mot de passe correct, un *token* est générer qu’il pourra alors utiliser lors des requêtes suivantes. Celui-ci lui sert d’identité aux yeux de l’API et permet donc de valider et de personnaliser ses requêtes.

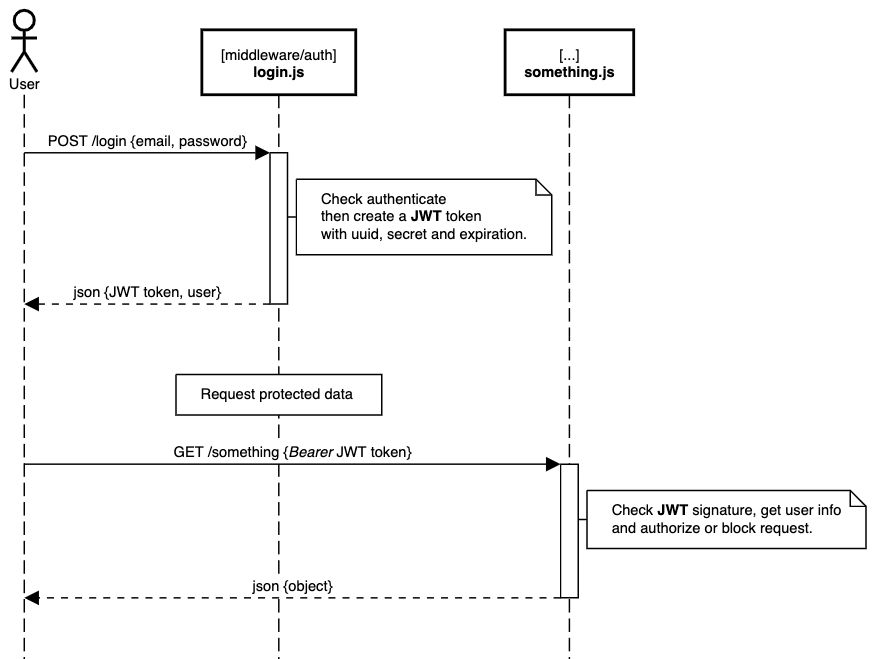


Figure 32 : Diagramme présentant les étapes de connexion d’un utilisateur et l’obtention d’un token,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/User-Login.png »

Pour décomposer toutes les actions entreprises lors de la connexion d’un utilisateur, j’ai réalisé le diagramme de séquence ci-dessous. Sur celui-ci, j’ai volontairement compressé certaines parties dans un souci de lisibilité, le schéma complet est disponible en annexe.

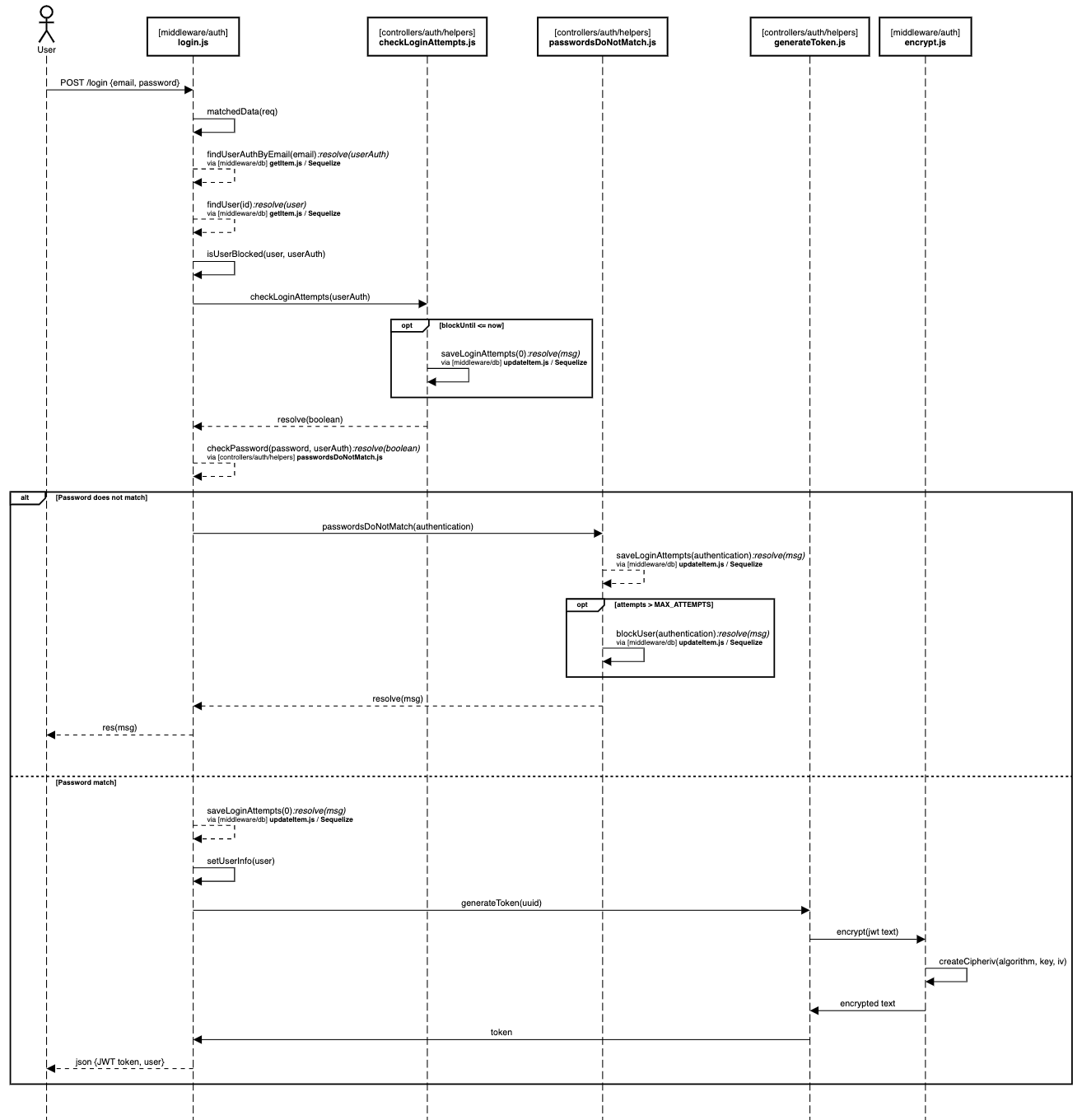


Figure 33 : Diagramme présentant les étapes de connexion d’un utilisateur et l’obtention d’un token,   
version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-User-Login-Full.png »

Le contrôleur « *login.js* » commence par récupérer les informations de l’utilisateur dans la base de données via son email (*findUserAuthByEmail* et *findUser*) puis vérifie si le statut de celui-ci est correct (*isUserBlocked*). Ensuite, il vérifie le nombre précédent de connexions échouées (*checkLoginAttempts*) et les remets à zéro si le temps de blocage définis est dépassé (*saveLoginAttempts*). Il vérifie la correspondance du mot de passe reçu lors de la requête et du mot de passe, stocké sous la forme d’un *hash,* en base de données (*checkPassword*). A ce moment-là, deux scénarios se présentent :

1. *Le mot de passe est incorrect*

Le contrôleur va alors enregistrer une nouvelle tentative de connexion (*saveLoginAttempts*) et eventuelement bloquer l’utilisateur (*blockUser*) si le nombre de tentatives maximal est atteint. Le contrôleur retourne alors un message d’erreur et la requête est terminée.

1. *Le mot de passe est correct*

Dans ce cas-là, le nombre de tentative de connexion (*saveLoginAttempts*) est remis à zéro, puis les informations de l’utilisateurs sont formatées en prévision de leur retransmission (*setUserInfo*). Le contrôleur « *generateToken* » est alors interrogé en lui transmettant l’*uuid* de l’utilisateur.

|  |
| --- |
| *// File : app/controllers/auth/helpers/generateToken.js* |
| */\*\*  \* Generates a token with uuid, secret and expiration  \*  \** ***@param {uuid} uuid*** *- the user´s uuid  \*/ const* generateToken = (uuid) => {  *try* {  *// Gets expiration time  const* expiration = Math.floor(Date.now() / 1000) + 60 \* process.env.JWT\_EXPIRATION\_IN\_MINUTES   *// returns signed and encrypted token  return* encrypt(  jwt.sign(  {  data: { \_id: uuid },  exp: expiration  },  process.env.JWT\_SECRET  )  )  } *catch* (error) {  *throw* error  } } |
|  |

Celui-ci compose un temps d’expiration depuis un nombre de minutes définit dans la configuration (*JWT\_EXPIRATION\_IN\_MINUTES*). Il utilise ensuite la librairie « *jsonwebtoken* [[28]](#footnote-28)» en lui fournissant l’*uuid* de l’utilisateur, l’expiration et une phrase secrète également définit dans la configuration (*JWT\_SECRET*) pour créer un *JsonWebToken* sous la forme d’une chaine de caractère. Avant de retourner le *token* créé, celui-ci est encrypté à l’aide de la fonction « *encrypt* » qui lui ajoute un sel depuis la configuration (*JWT\_SALT*).

|  |
| --- |
| *// File : .env* |
| *…*  *JWT\_SECRET*=MyUltraSecurePassWordIWontForgetToChange *JWT\_SALT*= MySaltINeedToGenerate *JWT\_EXPIRATION\_IN\_MINUTES*=4320  *…* |
|  |

Le fichier « *.env* » contenant les constantes est différent pour chaque environnement (développement, production, etc.), celles-ci peuvent alors être adaptés en fonction et aux besoins.

#### Accès à une requête protégé

Toute requête définis comme protégé et nécessitant d’être authentifié dans les routes (*requireAuth*) est intercepté par la librairie « *passport* » avant même d’arriver dans le contrôleur « *requiredRole* ». C’est à ce moment-là que le *token* devant accompagner la requête est vérifié et validé ou rejeté.

|  |
| --- |
| *// File : config/passport.js* |
| *const* passport = require('passport') *const* JwtStrategy = require('passport-jwt').*Strategy const* { decrypt } = require('../app/middleware/auth/decrypt') *const* { findUserByUuid } = require('../app/controllers/users/helpers')  */\*\*  \* Extracts token from request  \*  \** ***@param {Object} req*** *- request object  \** ***@returns {string|null}*** *token - decrypted token  \*/ const* jwtExtractor = (req) => {  *let* token = *null   // Extracts token from headers, body or query  if* (req.headers.authorization)  token = req.headers.authorization.replace('Bearer ', '').trim()  *else if* (req.body.token)  token = req.body.token.trim()  *else if* (req.query.token)  token = req.query.token.trim()   *// Decrypts token  if* (token)  token = decrypt(token)   *return* token }  */\*\*  \* Options object for JWT middleware  \*/ const* jwtOptions = {  jwtFromRequest: jwtExtractor,  secretOrKey: process.env.JWT\_SECRET }  */\*\*  \* Login with JWT middleware  \*/ const* jwtLogin = *new* JwtStrategy(jwtOptions, (payload, done) => {  findUserByUuid(payload.data.\_id)  .then(*async* (user) => {  *return* user ? done(*null*, user) : done(*null*, *false*)  })  .catch(error => {  *return* done(error, *false*)  }) })  *// Intercept all protected requests* passport.use('jwt', jwtLogin) |
|  |

Le *token* JWT est extrait de la requête (*jwtExtractor*), puis est décrypté à l’aide du sel (*JWT\_SALT*). Il est alors passé à la librairie « *passport* » avec la phrase secrète (*JWT\_SECRET*), celle-ci le vérifie puis nous renvoie les données contenues (l’*uuid* de l’utilisateur) avec lesquels il est possible de retrouver l’utilisateur effectuant la requête (*findUserByUuid*).

#### Demande de réinitialisation de mot de passe



Figure 34 : Diagramme présentant les étapes de réinitialisation du mot de passe d’un utilisateur,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/User-ForgotPassword.png »

La demande de réinitialisation de mot de passe fonctionne sur le même principe que l’enregistrement d’un utilisateur, en deux étapes. Celui-ci commence par faire une demande de réinitialisation (via un formulaire web), cette demande génère un *token* qui lui ai transmis par mail à l’adresse fournit lors de son enregistrement. L’utilisateur doit alors se rendre dans sa boite mail et cliquer sur le lien reçu. Ce lien, contenant le *token* de vérification, le renvoie sur un formulaire lui permettant de modifier son mot de passe.

### Chargement des données initiales

Lors du lancement du serveur en mode production, les bases de données sont vidées puis des données initiales sont chargées dans celles-ci. Pour ce faire, j’ai créé des données aléatoires pour chacun des modèles à l’aide de la librairie *faker.js*[[29]](#footnote-29). Cette dernière permet de générer différentes données comme des noms, des descriptions, des URLs, des extensions de fichiers, etc. Dans l’exemple si dessous un certain nombre de projets (*NB\_OF\_SEEDS*) sont créés chacun avec des *translations* et éventuellement avec des resources. J’utilise un maximum de variables aléatoire, de ce fait chaque initialisation de base de données est différente et permet de nouveaux scénarios.

|  |
| --- |
| *// File : data/projects.js* |
| *for* (*let* i = 1; i <= NB\_OF\_SEEDS; i++) {  …  *for* (*let* j = 0; j <= random(0, 2); j++)  resources.push({  name: (!j && status > PROJECT\_STATUS\_ONGOING ? '[Feedback] ' : '') + faker.system.commonFileName(),  link: faker.internet.url(), // Génération d’un URL avec faker.js   type: faker.system.commonFileType(),// Génération d’une extension de fichier avec faker.js  privacy: random(0, 1) ? 'public' : 'private',  authorId: random(0, NB\_OF\_SEEDS)  })  projects.push({  resources,  project: {  id: i,  uuid: uuid.*v4*(), // Génération de l’uuid unique de l’ojet  status: status,  deadline: status <= PROJECT\_STATUS\_ONGOING ? faker.date.future() : faker.date.past(),  tags: JSON.stringify(tags)  },  trans: [  {  projectId: i,  lang: 'en',  title: 'Project ' + faker.lorem.word(),  description: faker.commerce.productDescription()  }  ]  }) } |
|  |

Une fois les données créées, celles-ci sont ajoutés dans la base de données graphe *Neo4j* et dans la base de données relationnelle *MariaDB*. Certains modèles sont uniquement ajoutés dans l’une ou dans l’autre base. Pour les modèles présents dans les deux bases, un *uuid* par objet est généré lors de l’opération précédente, ceux-ci sont alors ajoutés aux objets dans les deux bases et permettront d’établir les connexions.

|  |
| --- |
| *// File : data/projects.js* |
| projects.forEach((project) => {  *try* {  // Création du nœud projet dans Neo4j  neo4j.create('Project', project.project)  // Création du projet dans MariaDB  Project.create(project.project)  .then((item) => {  // Création des éventuelles ressources liées  *if* (project.resources)  project.resources.forEach(resource => { … })  })  .then(() => {  // Création des traductions du projet   *for* (*const* trans *of* project.trans)  Trans.create(trans)  })  } *catch* (error) {  console.error(error)  } }) |
|  |

### Tests unitaires

En plus des tests fonctionnels réalisés à l’aide du client de *Postman*[[30]](#footnote-30)au cours de développement de l’API, j’ai décrit tout un ensemble de tests unitaires. Pour cela, j’ai utilisé le framework de test JavaScript « *Mocha*[[31]](#footnote-31) » permettant de réaliser des tests asynchrones tout en générant des rapports au format *HTML.* Un test « *Mocha* » se définit comme suit : on définit le *endpoint* à interroger en lui passant les autorisations nécessaires puis on décrit la réponse attendue. Dans l’exemple ci-dessous, le status de la réponse doit valoir 200, le contenu de celle-ci doit être un tableau contenant un objet et cet objet doit contenir les propriétés « *'title', 'description', 'priority'* ». Si un seul des éléments décrit n’est pas respecté le test échoue, le cas échéant le test est considéré comme réussis.

|  |
| --- |
| *// File : data/notifications.js* |
| …  it('it should GET all the notifications', (done) => {  chai.request(server)  .get('/notifications') // endpoint to examine  .set('Authorization', `Bearer ${token}`) // add needed authorization  .end((err, res) => {  res.should.have.status(200) // response status must be euqals to 200  res.body.should.be.an('array') // response must be an array  res.body[0].should.be.an('object') // this array must contains an object  res.body[0].should.include.keys('title', 'description', 'priority') // this object must have  // properties « title, description  // and priority ».  done() // If so, test passed  }) }) |
|  |

Pour chaque *endpoint* j’ai alors décrit une série de plusieurs tests permettant de valider celui-ci. Par exemple pour les méthodes GET en interrogeant la route sans authentification puis avec l’authentification, pour les méthodes POST en tentant d’insérer deux fois la même adresse mail ou encore pour les méthodes PUT en essayant de supprimer des relations inexistantes.

|  |
| --- |
| *// File : tests/team.js* |
| describe('\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\* TEAMS \*\*\*\*\*\*\*\*\*\*\*', () => {   describe('POST /login', () => { … })  describe('GET /teams', () => { … })  describe('POST /teams', () => { … })  describe('GET /teams/:uuid', () => { … })  describe('PATCH /teams/:uuid', () => { … })  describe('PATCH /teams/:uuid/status/:status', () => { … })  describe('PUT /teams/:uuid/leave & /teams/:uuid/join', () => {   it('it should DELETE A RELATION between team and user', (done) => {  *const* uuid = createdTeams.slice(-1).pop()  chai.request(server)  .put(`/teams/${uuid}/leave`)  .set('Authorization', `Bearer ${token}`)  .end((error, res) => {  res.should.have.status(200)  res.body.should.be.a('object')  res.body.should.have.property('msg').eql('TEAM\_LEAVED')  done()  })  })   it('it should NOT LEAVE a team before join it', (done) => {  *const* uuid = createdTeams.slice(-1).pop()  chai.request(server)  .put(`/teams/${uuid}/leave`)  .set('Authorization', `Bearer ${token}`)  .end((error, res) => {  res.should.have.status(403)  res.body.should.be.a('object')  res.body.should.have.property('error')  res.body.error.should.have.property('msg').eql('USER\_NOT\_IN\_TEAM')  done()  })  })  it('it should ADD A RELATION between team and user', (done) => {  *const* uuid = createdTeams.slice(-1).pop()  chai.request(server)  .put(`/teams/${uuid}/join`)  .set('Authorization', `Bearer ${token}`)  .end((error, res) => {  res.should.have.status(200)  res.body.should.be.a('object')  res.body.should.have.property('msg').eql('TEAM\_JOINED')  done()  })  })   it('it should NOT ADD an existing relation between team and user', (done) => {  *const* uuid = createdTeams.slice(-1).pop()  chai.request(server)  .put(`/teams/${uuid}/join`)  .set('Authorization', `Bearer ${token}`)  .end((error, res) => {  res.should.have.status(403)  res.body.should.be.a('object')  res.body.should.have.property('error')  res.body.error.should.have.property('msg').eql('USER\_ALREADY\_IN\_TEAM')  done()  })  })  })   describe(DELETE /teams/:uuid', () => { … })   after(() => {  createdTeams.forEach(uuid => {  deleteItem(Team, uuid)  deleteNode('Team', uuid)  })  }) }) |
|  |

Dans l’exemple ci-dessus pour les routes « *PUT /teams/:uuid/leave & /teams/:uuid/join* », je réalise quatre tests en série. Tout d’abord la relation entre l’utilisateur et l’équipe est existante et doit donc être supprimée (*DELETE A RELATION*), puis celle-ci n’existant plus la tentative suivante de suppression doit échouer (*NOT LEAVE*). Idem pour la création de la relation lorsque celle-ci n’existe pas qui doit être effective (*ADD A RELATION*) puis quand celle-ci est déjà existante qui doit échouer (*NOT ADD*). Une fois ces tests rédigés, il est possible de les exécuter et d’en observer le résultat directement dans un IDE ou sous la forme d’un rapport *HTML*.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Figure 35 : Rapports de résultats des tests unitaires effectués sur le endpoint « /teams »

Les rapports de résultats de tous les tests sont disponibles dans les annexes dans le dossier « *Annexes/Tests-unitaires/ Test\_Results\_\*.html*».

### Déploiement

Le déploiement de cette API *back-end*, ne fut pas une tâche aisée. Je me suis d’abord tournée vers des services en ligne comme *Heroku*[[32]](#footnote-32) ou *Hidora[[33]](#footnote-33)*, mais aucune des solutions proposées par ces services ne convenaient pas à mon architecture incluant le serveur *Express* et deux bases de données. Dès lors et pour bénéficier d’une configuration souple et sur mesure, j’ai décidé d’héberger mon *API* sur mon serveur *Synology.* Pour faciliter le déploiement, j’ai mis un place différents conteneurs *Docker* via la configuration « *docker-compose* » ci-dessous. Celle-ci met en relation, via le réseau « *moonfish* », quatre conteneurs :

1. « *moonfish-backend* » : Le containeur *Express* contenant l’API
2. « *moonfish-mariadb* » : Le containeur exécutant la base de données *MariaDB*
3. « *moonfish-phpmyadmin* » : Permettant d’administrer *MariaDB*
4. « *moonfish-* *neo4j* » : Le containeur exécutant la base de données *Neo4j*

|  |
| --- |
| *// File : docker/docker-compose.yml* |
| version: "3.0" services:  moonfish-backend:  container\_name: moonfish-backend  restart: always *# Always restart the container if it stops* build:  context: ../back-end/  target: dev  volumes: ../back-end:/app  command: sh -c "sleep 60 && npm run ${EXPRESS\_CMD}" *# 'npm run start' : for production mode,  # 'npm run dev' : for development mode, etc* ports: 3000:3000 *# Ports mapping* depends\_on: *# Wait on databases before start* - mariadb  - neo4j  environment:  NODE\_ENV: ${NODE\_ENV} *# 'development' or 'production' mode*  mariadb:  image: mariadb  container\_name: moonfish-mariadb  restart: always *# Always restart the container if it stops* ports: 3306:3306 *# Ports mapping* volumes: mariadb-data:/var/lib/mysql  environment:  MARIADB\_RANDOM\_ROOT\_PASSWORD: 1  MARIADB\_DATABASE: moonfish  MARIADB\_USER: moonfish  MARIADB\_PASSWORD: password  phpmyadmin:  image: phpmyadmin  container\_name: moonfish-phpmyadmin  restart: unless-stopped *# Similar to always, except that when the container is stopped  # it is not restarted even after Docker daemon restarts.* ports: 8000:80 *# Ports mapping* environment:  - PMA\_ARBITRARY=1  - PMA\_HOST=mariadb  depends\_on: mariadb *# Wait on mariadb before start*  neo4j:  image: neo4j  container\_name: moonfish-neo4j  restart: always *# Always restart the container if it stops* hostname: neo4j  ports: *# Ports mapping* - 7474:7474  - 7687:7687  volumes:  - ./neo4j/conf:/conf  - ./neo4j/data:/data  - ./neo4j/import:/import  - ./neo4j/logs:/logs  - ./neo4j/plugins:/plugins  environment:  NEO4J\_AUTH: neo4j/password *# username (must be neo4j) / password*  volumes:  mariadb-data: *# This is where all MariaDB data will be stored,  # even if container is restarted, data will be there.*  networks:  default: *# This is the shared network between the fourth containers* name: moonfish |
|  |

Bien que paraissant simple une fois réalisé, la rédaction de ce fichier fut laborieuse pour obtenir quatre conteneurs entièrement fonctionnels. L’avantage est que dès lors, une seule commande suffit pour lancer l’API, celle-ci est la suivante :

|  |
| --- |
| $ docker-compose up |
|  |

De plus, il est possible de forcer les bases de données à se réinitialiser et à charger les données initiales en ajoutant un argument comme suit :

|  |
| --- |
| $ docker-compose --env-file .env.drop up |
|  |

Une fois la commande exécutée, les conteneurs vont démarrer et s’initialiser, se configurer et charger les différentes données. Ils sont prêts après environ une minute si les bases de données sont réinitialisées et l’API peut alors répondre aux requêtes reçues.

Graphical user interface, application

Description automatically generated

Figure 36 : Affichage des quatre conteneurs Docker de l’API MoonFish s’exécutant sur un serveur Synology

### Code source et documentation annexe

Le code source compilable de cette partie *back-end* de l’application est disponible sur le *repository* *GitHub* dans le dossier *5.Projet/back-end*.

Du plus, la définition et la documentation des routes disponibles dans l'API « *MoonFish - Express.js REST API with JWT* » réalisé à l'aide de *Postman* est consultable directement en ligne via l’adresse suivante :  
<https://documenter.getpostman.com/view/8210926/TzseHmCz>.

## Front-end avec *Vue.js*

### Structure du code

|  |  |
| --- | --- |
| Graphical user interface, text, application  Description automatically generated  Figure 37 : Structure du code de l’application front-end avec Vue.js | Mon projet *Vue.js* est structurée via l’arborescence présenté ci-contre. Les dossiers et fichiers intéressants sont les suivants :   * *src* : Dossier contenant l’index HTML principal de l’application qui sera interprété par le navigateur, ainsi que certaines ressources statiques (*favicon.ico*). * *src* : Dossier contenant les sources principales du projet * *assets* : Polices de caractères, images, styles supplémentaires, icones *font-awesome*, etc. * *components* : Composants *Vue.js* utilisés tout au long de l'application. Contient un sous-dossier *layout* pour les composants de dispositions complexes (*Sidebar*, *Navigation*, etc.) et un sous-dossier *ui* pour les petits éléments (boutons, bar de recherche, etc.) * *config* : Définitions des configuration des librairies (*i18n*) et des constantes. * *enums* : Types énumérés * *locales* : Dossier contenant les fichiers JSON de traductions. * *pages* : Dossier contenant un sous-dossier par pages d’entrées de l’application (*projects*, *teams*, etc.). * *services* : Dossier permettant de stocker les services notamment les connexions à l’API, la gestion de l’authentification et du cache. * *store* : Gestion de l’authentification et de la session utilisateur avec *Vuex*. * *utils* : Fonctions d’ordre utilitaires (*capitalize*, *clean*, etc.). * *App.vue* : Template de base chargé par *Vue.js* sur toutes les pages permettant d’encapsuler les autres pages. * *main.js* : Ce fichier est le point d'entrée de l'application *Vue.js*. * *router.js* : Fichier de définition des routes via « *vue-router* » et de liaison avec les « *pages* ». * *.env* : Variables d'environnements * *package.json* : Fichier contenant tous les détails, scripts et dépendances du projet *npm*. * *tailwind.config.js* : Fichier de configuration de *tailwindcss* (thème, couleurs, plugins, polices, etc.)*.* * *vue.config.js* : Fichier de configuration de *Vue.js* (serveur, plugins, etc.)*.*   Les éléments restants sont respectivement le dossier de configuration de l’IDE (*.idea*), le dossier *node\_modules* contenant tous les modules *Node.js* nécessaires, le fichier d’exemple de la configuration de l’environnement, de *Git*, et de *npm*. |

### Squelette, navigation, notifications et *Dashboard*

Pour accéder à l’application, il est nécessaire de se créer un compte puis de se connecter à l’aide de celui-ci. Cette connexion se fait via l’interface décrite dans le chapitre « *Maquettage* ». J’ai ensuite voulu la navigation et l’ergonomie de l’application simple et efficace. Cette expérience utilisateur est également décrite dans le chapitre « *Maquettage* », pour rappel elle se compose de trois zones différentes :

1. Un volet latéral sur la gauche dont le contenu est identique sur toutes les pages du site, il présente le logo de l’application, le menu de navigation entre les sections principales et le profil de l’utilisateur actuellement connecté.
2. Le haut de page qui comporte un menu de recherche ainsi qu’un résumé des notifications actuelles.
3. Le contenu dynamique a proprement dit de la page, zone dans laquelle il y a la possibilité de faire défiler de haut en bas si le contenu est plus grand que la hauteur de l’écran.

#### *Dashboard*

Une fois connecté, l’utilisateur est directement dirigé sur son *Dashboard*, celui-ci lui présentant alors en son centre une recommandation de projets ainsi qu’un historique des activités passées. Le volet de navigation sur la gauche présente pour chaque utilisateur trois menus principaux en plus du *Dashboard* : *Projects*, *Teams* et *Resources*.

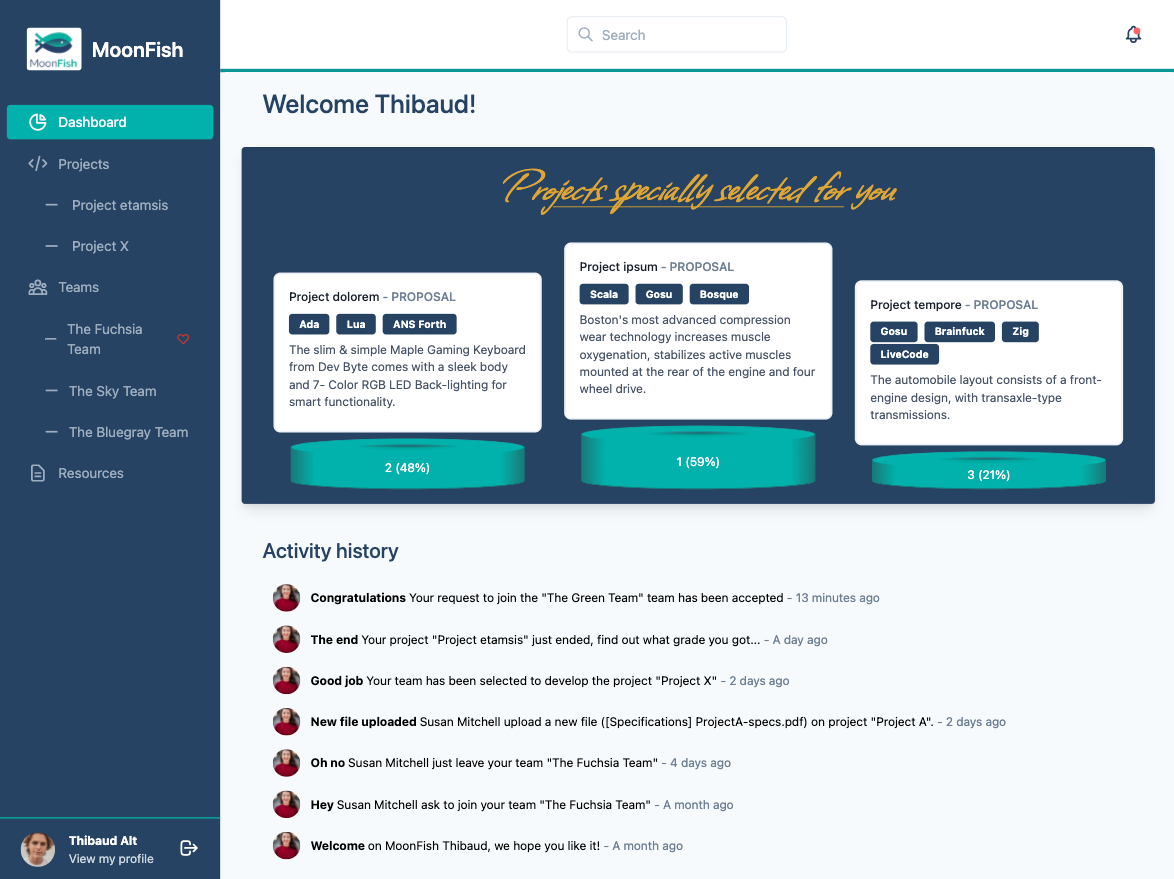


Figure 38 : Présentation du Dashboard d’accueil exposant les recommandations de projets et l’historique des activités

Sous les menus principaux *Projects* et *Teams,* s’affichent les équipes auxquelles l’utilisateur connecté fait partie (ici « *The Fushia Team* », « *The Sky Team* » et « *The Bluegray Team* ») ainsi que les projets en proposition et en cours de réalisation (ici « *Project* *etamsis* » et « *Project X* »). On peut observer un cœur à côté de l’équipe « *The Fushia Team* », signifiant que l’utilisateur en est son propriétaire.

Pour afficher cette première page, plusieurs composants *Vue.js* sont combinés comme suit. Tout d’abord une fois le fichier « *public/index.html* » chargé par le navigateur celui-ci inclut la vue initiale « *App.vue* ». Cette vue initiale va composer la page à l’aide des composants décrits dans le schéma suivant et ce pour toutes les pages de l’application.

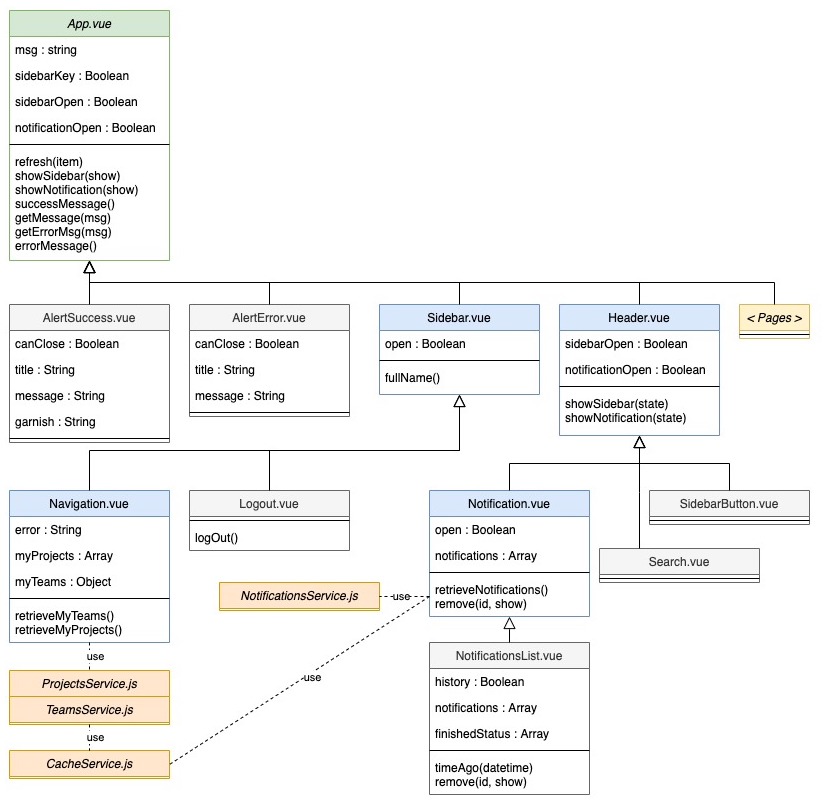


Figure 39 : Diagramme des classes chargées sur chacune des pages de l’application et formant ainsi son squelette,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/Vue-App.jpg »

En vert est représenter la classe initiale « *App.vue* », en bleu sont représentés les composant dit complexes du dossier « *components/layout* » représentant des compositions d’autres composants, en gris les composants simples du dossier « *components*/*ui* », en orange les services faisant appels à *l’API* et en jaune les pages. Ces pages sont les éléments dynamiques qui changent lors de la navigation et qui sont gérées par le fichier « *router.js* ». Pour la page *Dashboard*, voici les éléments supplémentaires qui sont chargés (avec en violet les composants de librairies externes).

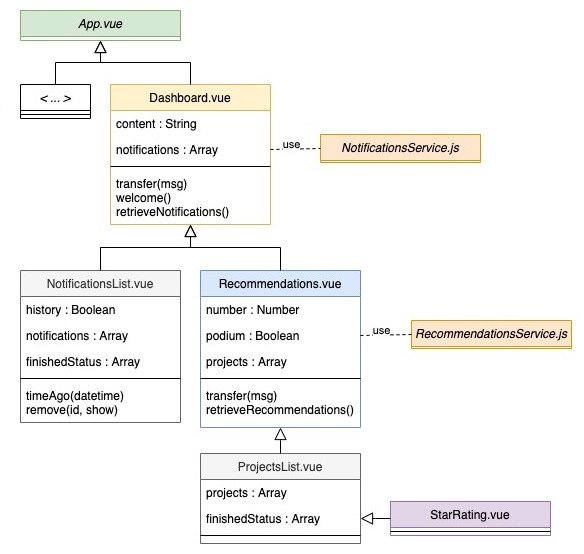


Figure 40 : Diagramme des classes supplémentaires intégrées lors du chargement de la page Dashboard,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/Vue-Dashboard.jpg »

#### Gestion des notifications

Un des points intéressants et illustrant la plupart des fonctionnements des composants *Vue.js*, est la récupération des notifications et les implications que celle-ci apporte. Pour commencer, dès que le composant « *Notification.vue* » est monté, celui-ci se met à récupérer, toutes les minutes, les notifications auprès de *l’API* via ls fonctions « *mounted()*» et « *retrieveNotifications()*».

|  |
| --- |
| *// File : src/components/layout/Notification.vue* |
| <template>  <div *class*="flex items-center">  <div *class*="relative">  <button *@click*="$emit('show-notification', !open)" *class*="…">  …  </button>  <div *:class*="open ? 'block' : 'hidden'" *@click*="$emit('show-notification', *false*)" *class*="…"></div>  <div *:class*="open ? 'inline' : 'hidden'">  <NotificationsList *:notifications*="notifications" *@remove*="remove"/>  </div>  </div>  </div> </template>  <script> …  data() {  *return* {  notifications: [],  };  },    mounted() {  *this*.retrieveNotifications();  *let* \_this = *this*;  *setInterval*(*function*() {  \_this.retrieveNotifications()  }, 60 \* 1000); *// Look for new notifications every minute* },   methods: {   *async* retrieveNotifications() {  *const* oldLength = *this*.notifications.length  *this*.notifications = *await request*(NotificationsService.getMine(), *this*);  *if* (*this*.notifications.length > oldLength)  {  CacheService.flush(); *// Remove all cached keys (myTeams & myProjects)*  *this*.$emit('refresh'); *// Refresh the sidebar component*  }  },  *…*  } }; </script> |
|  |

La fonction « *retrieveNotifications()*» charge via *l’API* les notifications, les transmets au composant « *NotificationsList* » qui se charge de les afficher puis détermine si de nouvelles notifications sont disponibles. Si tel est le cas, elle fait un appel au service « *CacheService* » lui demandant de vider le cache et notamment les clés « *myTeams*» et « *myProjects*» stocké dans le *localStorage*[[34]](#footnote-34) et contenant les équipes et les projets auxquels l’utilisateur est actuellement lié. Les notifications reçues étant la plupart du temps liées à des changements de statuts (ajout dans une équipe, acceptation ou finalisation d’un projet, etc.), le renouvèlement du cache est pertinent à ce moment-là. Une fois le cache vidé, le volet de navigation gauche doit peut-être ajouter et/ou retiré des équipes et/ou des projets de ses sous-menu. Pour se faire, le composant « *Notification.vue* » émet un événement à son composant parent via la fonction « *this.$emit('refresh');* », ce message sera retransmis jusqu’au composant incluant le composant à rafraichir, ici « *App.vue* ». Ce dernier traitera alors le rafraichissement en obligeant le composant « *Sidebar.vue* » à se recharger ce qui aura pour effet de rafraichir l’interface et de repeupler le cache.

|  |
| --- |
| *// File : src/components/layout/Notification.vue* |
| <script> *…*  methods: {  *…*  *async* remove(id, show) {  *this*.notifications.some(*function*(notif, i) {  *if* (notif.id === id) {  *this*.notifications.splice(i, 1); *// Find the notification and remove it from the list*  *return true*; *// Exit the loop once the notification is found*  }  }, *this*);   *this*.$emit('show-notification', show);  *await request*(NotificationsService.delete(id), *this*) *// Delete the notification via the API*  }  } }; </script> |
|  |

La deuxième fonction de ce composant illustre l’intérêt des applications dites réactives. Dans le menu des notifications, il est possible d’en supprimer une, une fois celle-ci lu par l’utilisateur via un bouton spécifique. Lors du clic sur ce bouton, la notification est immédiatement retirée de la liste et disparaît donc visuellement. Puis une requête est faite sur *l’API* pour effectivement effectuer l’action de suppression de la notification dans la base de données. Ces applications réactives permettent donc d’effectuer des actions très rapidement sans la nécessité, dans certaines mesures, d’attendre un retour de traitement d’une *API*.

### Gestion des équipes

La gestion des équipes s’opère via deux types de pages. Premièrement la page « *Teams* » présentant une liste de toutes les équipes actives classées par leur note actuelle (note moyenne des projets terminés), ainsi qu’un bouton permettant de créer une nouvelle équipe.

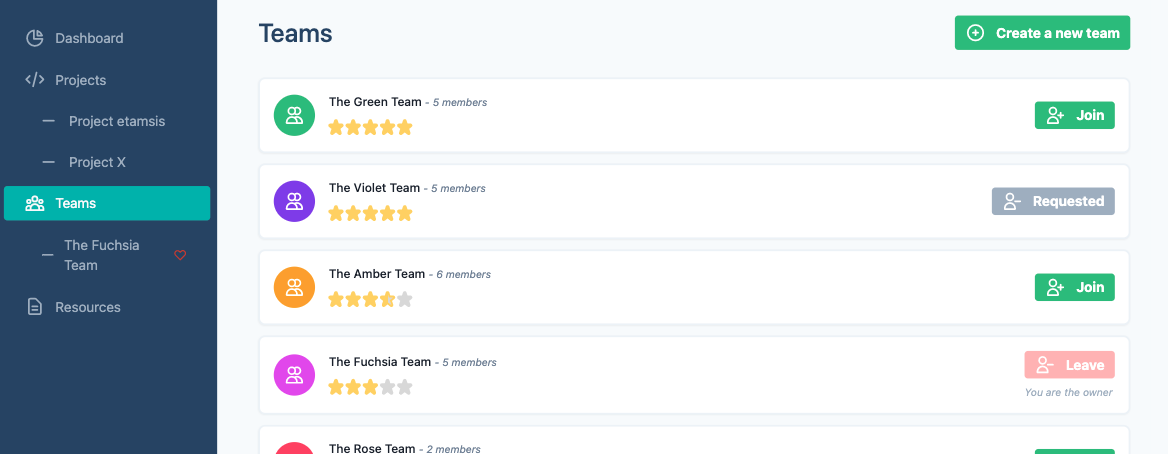


Figure 41 : Liste de toutes les équipes présentent dans l’application



Figure 42 : Formulaire de création d’une équipe

Chaque équipe peut alors être sélectionnée et redirige vers la seconde page de gestion, la gestion d’une équipe elle-même. Cette page présente l’équipe, sa note actuelle, ses membres et les projets avec lesquelles elle entretient un lien. Si l’utilisateur ne fait pas partie de l’équipe il peut la rejoindre, respectivement la quitter s’il n’en fait pas partie. Là aussi, les membres et les projets peuvent être sélectionnés et redirigent vers leurs pages respectives.

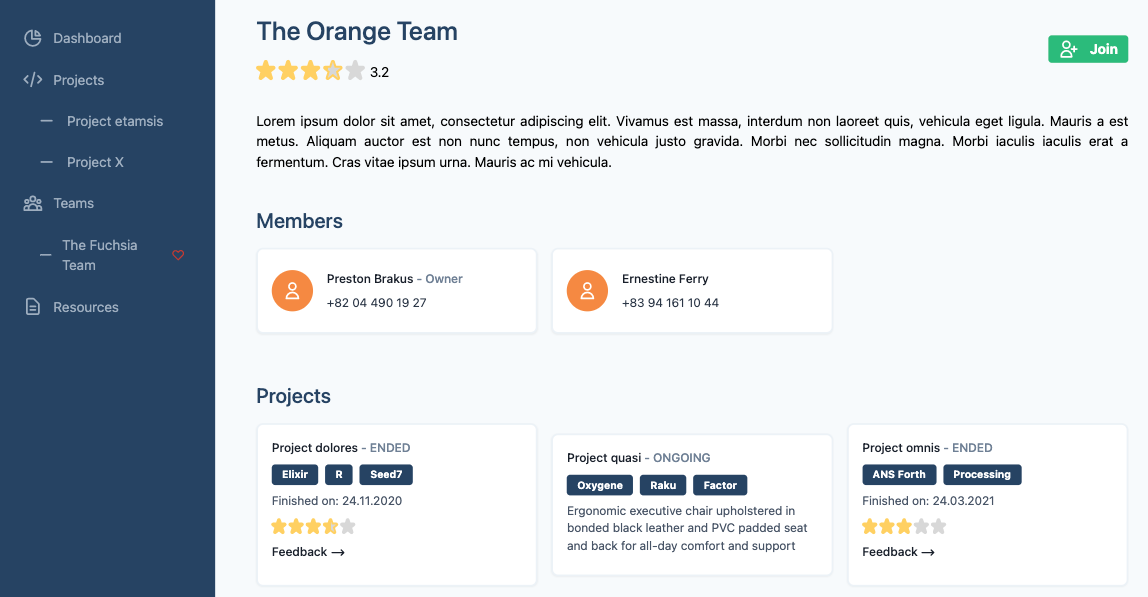


Figure 43 : Page de présentation d’une équipe dont l’utilisateur ne fait pas partie

Si l’utilisateur est le propriétaire de l’équipe il peut, en plus de l’affichage, modifier les informations de l’équipe et y gérer les membres en acceptant les nouvelles requêtes, en n’en bannissant certains ou en léguant les droits à un autre membre de l’équipe.

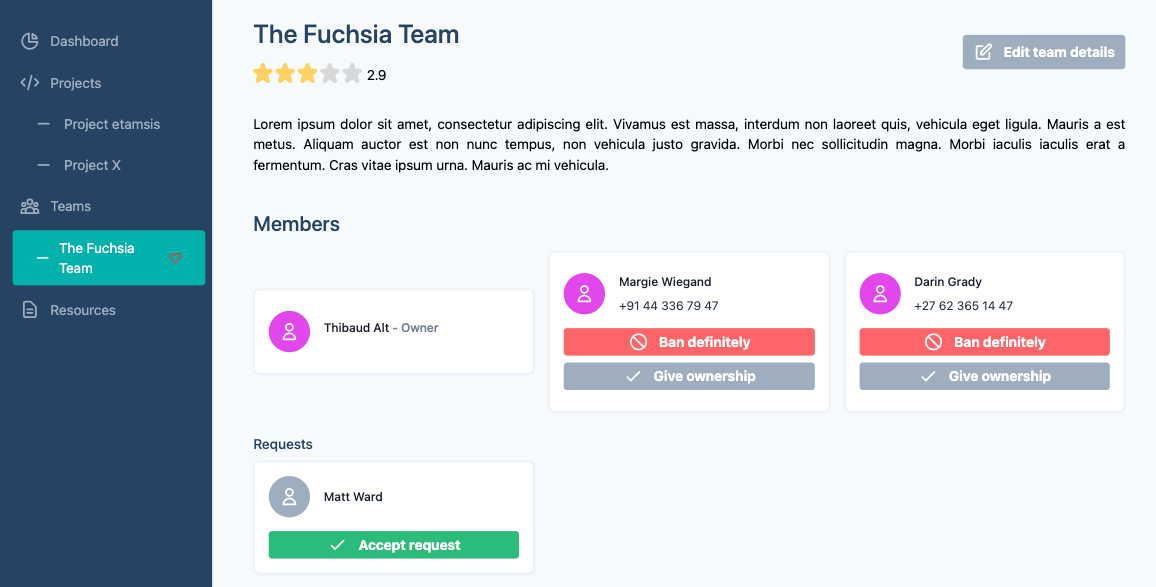


Figure 44 : Page de présentation d’une équipe dont l’utilisateur est le propriétaire

Ces deux pages de gestion des équipes partagent plusieurs fonctionnalités (rejoindre / quitter une équipe, formulaire d’ajout et de modification) et de ce fait, les mêmes fichiers de Vue peuvent être utilisés comme illustré dans les diagrammes suivants.

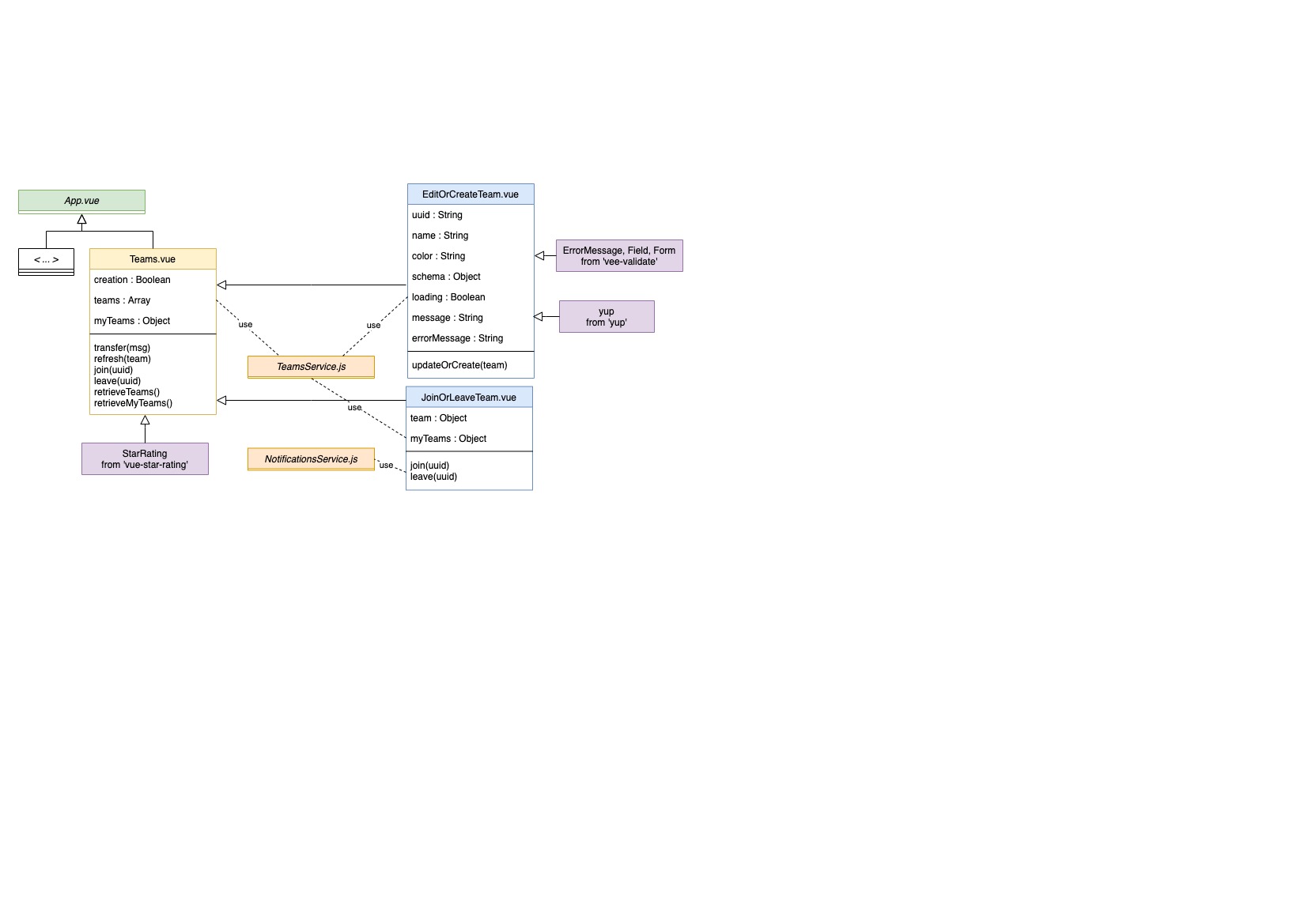


Figure 45 : Diagramme des classes intégrées lors du chargement de la page présentant toutes les équipes,  
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/Vue-Teams.jpg »

L’avantage de structurer une application avec des composants est justement cette possibilité de réutilisation et de partage du code illustré ici par les composants « *EditOrCreateTeam.vue* » et « *JoinOrLeaveTeam.vue* ».

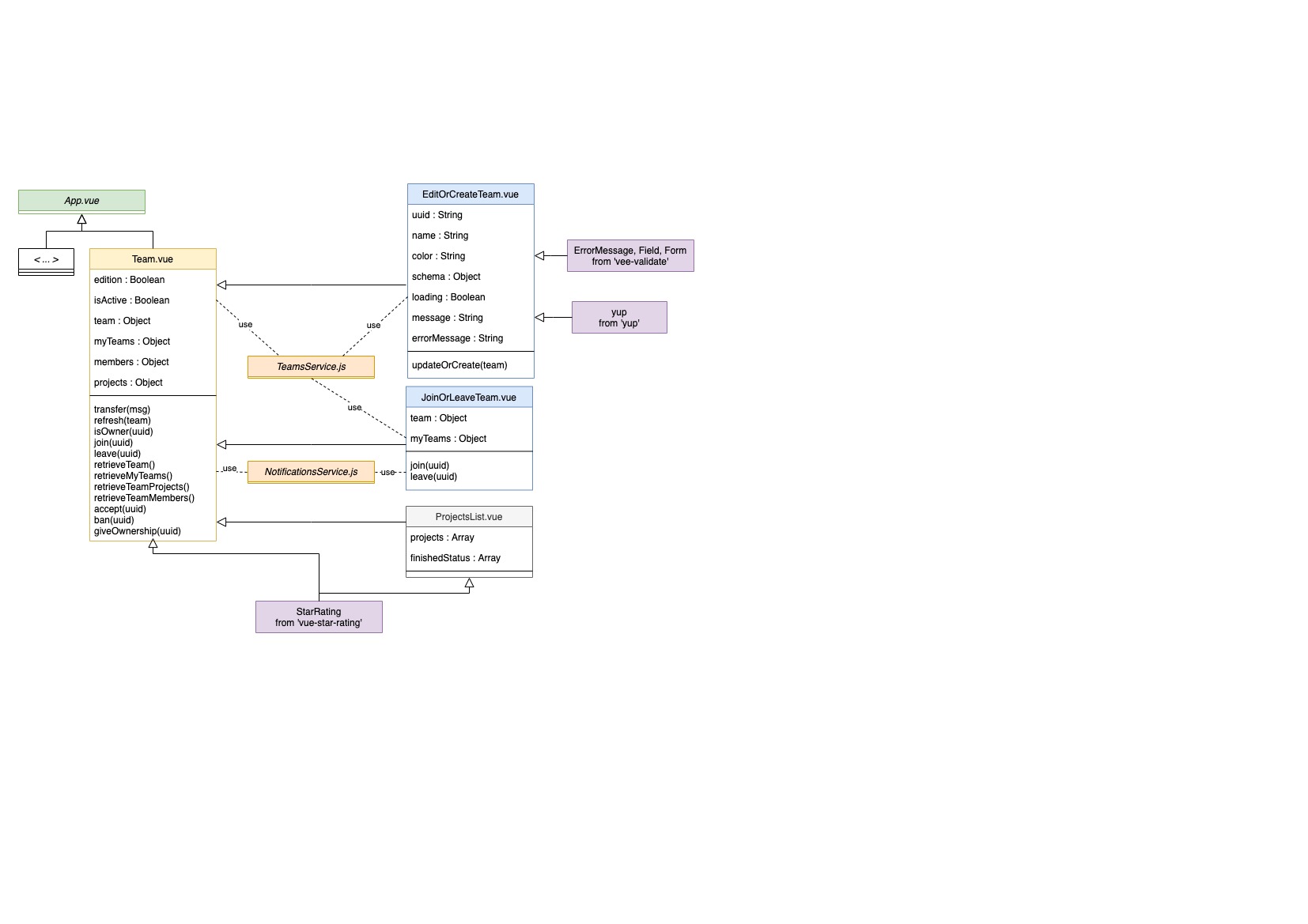


Figure 46 : Diagramme des classes intégrées lors du chargement de la page de présentation d’une équipe,   
version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/Vue-Team.jpg »

Le composant « *EditOrCreateTeam.vue* » est un formulaire permettant de créer ou de modifier une équipe. Celui-ci est d’abord déclarer dans le *template* avec les champs le composant. Lors de la soumission de celui-ci, les valeurs entrées seront vérifiées grâce au *schema* les décrivant. Si certaines données sont invalides, les messages d’erreurs stockées dans l’objet « *errors* » sont affichées et il est impossible de valider le formulaire. Une fois toutes les erreurs corrigées, la fonction *updateOrCreate* est exécutée.

|  |
| --- |
| *// File : src/components/layout/EditOrCreateTeam.vue* |
| <template>  …  <Form *class*="flex flex-col" *@submit*="updateOrCreate" *:validation-schema*="schema" *v-slot*="{ errors }">  <Field *hidden id*="uuid" *name*="uuid" *type*="text" *:value*="uuid"/>  <div *class*="mb-6 pt-3 rounded bg-gray-200">  <label *class*="…" *for*="name">{{ $t('name') }}</label>  <Field *id*="name" *name*="name" *type*="text" *:value*="name" *class*="…"/>  <ErrorMessage *name*="name" *class*="…"/>  </div>  <div *class*="mb-6 pt-3 rounded bg-gray-200">  <label *class*="…" *for*="color">{{ $t('color') }}</label>  <Field *id*="color" *name*="color" *type*="text" *:value*="color" *class*="…"/>  <ErrorMessage *name*="color" *class*="…"/>  </div>  <button *:disabled*="loading || Object.keys(errors).length" *class*="…">  <svg *v-show*="loading" *class*="…" *viewBox*="0 0 24 24">…</svg>  <span>{{ $t('save') }}</span>  </button>  </Form>  </section> </template>  <script> … *export default* { …  props: { *// Define received properties from parent (in edition case only)*  uuid: { type: String, *default*: '' },  name: { type: String, *default*: '' },  color: { type: String, *default*: '' }  },   data() {  *const* schema = yup.object().shape({  name: yup *// Define the team name format and error message*  .string()  .required(*this*.$t('required', { item: *this*.$t('name') }))  .max(60, *this*.$t('maxChars', { max: 60 })),  color: yup *// Define the team color format and error message*  .string()  .required(*this*.$t('required', { item: *this*.$t('color') }))  .max(60, *this*.$t('maxChars', { max: 60 }))  });  *return* {  schema,  loading: *false*,  message: *this*.$route.query.message,  errorMessage: *this*.$route.query.error,  };  },   methods: {  *async* updateOrCreate(team) {  *this*.loading = *true*;  team.color = team.color.toLowerCase()  *if* (team.uuid) { *// Update existing team  await request*(TeamsService.update(team), *this*)  }  *else* { *// Create a new team* team = *await request*(TeamsService.create(team), *this*)  }  *this*.$emit('done', team);  }  }  }; </script> |
|  |

La fonction *updateOrCreate* définit alors s’il s’agit d’une édition ou d’une création, appelle la fonction du service *TeamsService* correspondante, puis confirme l’action à son parent en lui retournant l’objet créé ou modifié via « *this.$emit('done', team)* ».

#### Traductions

La syntaxe « *{{ $t('XXX.YYY') }}* » utilisé à plusieurs reprises dans toutes les vues de l’application permet de rendre les différents *templates* traductibles très facilement. En effet, plutôt que d’écrire directement le mot ou la phrase à afficher, on utilise un mot clé. La valeur de ce mot clé est alors définit dans un fichier *YAML* et ce pour toutes les langues disponibles.

|  |  |
| --- | --- |
| *// File : src/locales/en.yml* | *// File : src/locales/fr.yml* |
| … *# Authentication* Forgot:  title: "Get a new password"  successful: "Your reset link his on the way…"  submit: "Redeem a password reset link"  forgot: "Forgot your password?" … | *… # Authentication* Forgot:  title: "Obtenir un nouveau mot de passe"  successful: "Votre lien de réinitialisation est en route…"  submit: "Demander un lien de réinitialisation"  forgot: "Mot de passe oublié ?" *…* |
|  |  |

De ce fait, lors d’un changement de langue, l’application charge le fichier *YAML* de la langue actuelle comprenant tous les mots-clés définissant ainsi les traductions et le texte à afficher. Cela est géré par la librairie « *vue-i18n* » ainsi que par le fichier de configuration « *src/config/i18n.js* ».

### Gestion des projets

### Déploiement

Le déploiement de cette partie *front-end* ayant déjà étant mis en place et configuré lors de la phase d’analyse sur *Netlify*, il s’est fait automatiquement à chaque *commit*. Le seul élément que j’ai dû ajouter a été la variable d’environnement « *VUE\_APP\_API\_BASE\_URL* » permettant à mon application d’exécuter les requête API sur mon serveur *Synology*.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Figure 39 : Configuration des variables d’environnement au sein même du service en ligne « Netlify »

Pour que les requêtes faites depuis mon application sur mon serveur *Synology* soient acceptées, j’ai dû mapper et ouvrir les ports de celui-ci. De plus, les requêtes étant faites en HTTPS, il ma fallu générer un certificat *SSL* et l’ajouter sur mon serveur *Synology*. De ce fait, les requêtes sont acceptées et transmises de façon chiffrée. Je n’ai eu aucun problème avec ce service de déploiement *Netlify* et en suis très satisfait.

### Code source

Le code source exécutable de cette partie *front-end* de l’application réalisé avec *Vue.js* est disponible dans le dossier *5.Projet/front-end*.

## Recommandations sur *Neo4j* à l’aide de *Cypher*

Je vais créer trois façons différentes de retrouver des projets à recommander à un utilisateur et ce à un instant t donnée. Ces trois manières partent toujours du nœud de l’utilisateur puis utilise les relations que celui-ci possède avec ces équipes pour identifier des projets à recommander. De ce fait, lorsque les relations de l’utilisateur changeront, mais également lorsque les relations de ses équipes avec les projets changeront, les recommandations seront adaptées. Les trois comportements que j’ai imaginés sont les suivants, la réalisation de chacun d’entre eux est décrite plus en détails dans les sous-chapitres ultérieurs.

1. Recommander des projets de domaines de compétences similaires (via leur tags) en partant des trois projets développés ayant obtenus les meilleures notes.
2. Recommander les nouveaux projets proposés par les mêmes mandants que les projets déjà réalisés avec ceux-ci.
3. Recommander des projets pour lesquels les équipes concurrentes ont postulées.

### *Cypher*

#### Introduction

*Cypher*[[35]](#footnote-35) est le langage de requêtes développé et utilisé pour les bases de données *Neo4j,* comme comparaison *Cypher* correspond au langage *SQL* pour les bases de données *MySQL*. Le langage *Cypher* est orienté graphe et se veut simple et efficace dans la formulation et la syntaxe des différentes requêtes qu’il permet (interrogation, mise à jour, etc.) Aujourd’hui, il est considéré comme un langage efficace et tire principalement sa force du fait de sa conception et de sa syntaxe simple qui se veut d’une une grande aide pour ses utilisateurs.

Le principe de *Cypher* est qu’il définit un ensemble de fonctions, notamment les fonctions *MATCH* et *WHERE*. Ces deux fonctions principales, ressemblantes aux *SELECT* et *WHERE* *SQL,* permettent de décrire le modèle de recherche tout en y ajoutant certaines contraintes. *Cypher* définit différentes autres fonctions tel que *ORDER BY*, *LIMIT*, *WITH*, etc. permettant, en les combinant, de créer efficacement différentes requêtes d’interrogations.

#### Réalisation de requêtes pas à pas

Comme le langage *Cypher* est assez nouveau pour moi, je vais construire mes requêtes en y ajoutant des éléments au fur et à mesure. Commençons très simplement par retrouver un utilisateur via le modèle User avec son *uuid* comme filtre. En retournant l’utilisateur, j’obtiens le nœud de celui-ci.

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver un utilisateur via son uuid* | A picture containing chart  Description automatically generated |
| MATCH (u:User {uuid: '1e93dbe8-501c-4b84-9b65-7e7c1fceb6f4'})  RETURN u |
|  |  |

Depuis cet utilisateur, nous pouvons retrouver les équipes dont il fait partie via la relation *IS\_MEMBER\_OF*. En retournant ces trois éléments (utilisateur, relation, équipe), j’obtiens un graphe représentant visuellement ma requête.

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver tous les groupes dont fait partie un utilisateur* | Diagram  Description automatically generated |
| MATCH (u:User {uuid: '1e93dbe8-501c-4b84-9b65-7e7c1fceb6f4'})  -[r:IS\_MEMBER\_OF]->(t:Team)  RETURN u, r, t |
|  |  |

Tout comme j’ai ajouté un filtre sur le model User, je peux également ajouter un filtre sur la relation *IS\_MEMBER\_OF*. Celui-ci me permettant de conserver uniquement les équipes actives.

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver tous les groupes d’un utilisateur avec une relation active* | Diagram  Description automatically generated |
| MATCH (u:User {uuid: '1e93dbe8-501c-4b84-9b65-7e7c1fceb6f4'})  -[ [r:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]  ->(t:Team)  RETURN u, r, t |
|  |  |

Depuis ses équipes, je peux maintenant relier les projets développés par celles-ci via la relation *DEVELOPS*. En ajoutant à mes valeurs de retour la nouvelle relation et les nœuds projets, j’obtiens un nouveau graphe. *Noter que pour cette requête, l’uuid demandé a changé et le nouvel utilisateur fait à présent partie d’un seul groupe.*

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver tous les projets développés par un utilisateur* |  |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})  -[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]  ->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]  ->(p:Project)  RETURN u, rmo, t, rd, p |
|  |  |

De ces projets, je peux repartir et demander quelle équipe les a mandatés. J’obtiens alors plusieurs nœuds équipes ayant des relations différentes avec les projets. Syntaxiquement, cette dernière relation MANDATES, à une flèche pointant de droite à gauche vers les projets trouver, cela est logique et se confirme visuellement sur le graphique. En gardant alors uniquement les nœuds « m », j’obtiens toutes les équipes mandantes des projets de l’utilisateur en cours.

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver tous les mandants des projets développés par un utilisateur* |  |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})  -[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]  ->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[rm:MANDATES]   -(m:Team)  RETURN u, rmo, t, rd, p, rm, m |
|  |  |

De là, je suis prêt à construire mes trois requêtes de recommandations.

### Recommandations N°1

Le but de cette première recommandation est de retrouver les projets des domaines de compétences similaires (via leur tags) en partant des trois projets développés ayant obtenus les meilleures notes. Pour se faire, je pars de dernière requête précédente et j’y ajoute la contrainte de retrouver les projets terminés (*p.status = 6*). Je retourne alors non plus un graphe mais un tableau contenant les nœuds projets, les notes reçues pour ceux-ci et les tags. Ce tableau est trié par ordre décroissant des notes et est limité aux trois projets ayant les meilleures notes.

|  |
| --- |
| *// Trouver les 3 meilleurs projets développés et terminés par les équipes de l’utilisateur* |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})-[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[rm:MANDATES]-(m:Team) WHERE p.status = 6  RETURN p AS Project, rm.mark AS Mark, apoc.convert.fromJsonList(p.tags) AS Tags  ORDER BY rm.mark DESC  LIMIT 3 |
|  |

Il faut maintenant repartir de cette liste de tags trouvée. Les tableaux de tags sont combinés, et de ce fait, tous les tags trouvés à cette étape sont considérés avec le même poids (*flatTags*). Je recherche alors tous les projets possédant au minium un des tags de mon tableau et ayant le statut « proposition » (*recs.status = 4*) en limitant ce nouveau résultat à 10 projets.

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver tous les mandants des projets développés par un utilisateur* |  |
| MATCH (u:User {uuid: '24b4d8f8-9daa-4c37-bfa5-21fd13db8169'})-[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[rm:MANDATES]-(m:Team)  WHERE p.status = 6  WITH p  ORDER BY rm.mark DESC  LIMIT 3  WITH COLLECT(apoc.convert.fromJsonList(p.tags)) AS tags  WITH REDUCE(output = [], t IN tags | output + t) AS flatTags  MATCH (recs:Project)  WHERE recs.status = 4  AND p <> recs  AND any(t IN apoc.convert.fromJsonList(recs.tags) WHERE t IN flatTags)  RETURN recs AS Recommendations LIMIT 10  Text  Description automatically generated | |
|  |  |

Une fois cette requête réalisée, je l’intègre dans un nouveau contrôleur de mon API et lui ajoute les variables dynamiquement. J’exécute alors cette requête à l’aide de l’ORM « *Neode* » avant dans traiter le résultat. Je procéderais ainsi pour mes trois requêtes de recommandations.

|  |
| --- |
| *// File : app/controllers/recommendations/helpers/findProjectsRecosByTags.js* |
| */\*\*  \* Find recommended projects by tags similarities   \*   \** ***@param {uuid} uuid*** *- the main project uuid  \** ***@param {int} limit*** *- the maximum number of recommendations to retrieve  \*/ const* findProjectsRecosByTags = (uuid, limit = 10) => {  *return new* Promise(*async* (resolve, reject) => {  *const* query = `MATCH (u:User {uuid: '${uuid}'})-[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: ${STATUS\_ACTIVE}}]  ->(t:Team)-[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[rm:MANDATES]-(m:Team)  WHERE p.status = ${PROJECT\_STATUS\_ENDED}  WITH p  ORDER BY rm.mark DESC  LIMIT ${REF\_PROJECTS\_LIMIT}  WITH COLLECT(apoc.convert.fromJsonList(p.tags)) AS tags  WITH REDUCE(output = [], t IN tags | output + t) AS flatTags  MATCH (recs:Project)  WHERE recs.status = ${PROJECT\_STATUS\_PROPOSAL}  AND any(t IN apoc.convert.fromJsonList(recs.tags) WHERE t IN flatTags)  RETURN recs AS recommendations, flatTags  LIMIT ${limit}`  *await* neo4j.cypher(query, {})  .then(*async* res => {  *let* projects = []  *if* (res.records.length) {  *const* flatTags = res.records[0].get('flatTags')  *for* (*const* record *of* res.records) { ... }  *// Sort projects by number of matching tags* projects.sort((a, b) => (a.nbOfMatchingTags > b.nbOfMatchingTags) ? -1 : 1)   }  resolve(projects)  })  .catch(error => { reject(error) })  }) } |
|  |

### Recommandations N°2

La seconde recommandation a pour but de retrouver les nouveaux projets proposés par les mêmes mandants que les projets déjà réalisés avec ceux-ci. Pour se faire, je pars à nouveau de la requête permettant de retrouver les mandants mais j’y ajoute cette fois ci la contrainte de retrouver les projets en cours ou terminés (p.status IN [5,6]).

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver les mandants des projets actuellement développés ou terminés par les équipes de l’utilisateur* | Diagram  Description automatically generated |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})  -[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[rm:MANDATES]-(m:Team)  WHERE p.status IN [5,6]  RETURN u, rmo, t, rd, p, rm, m  ORDER BY rm.mark DESC  LIMIT 10 |
|  |  |

De ces équipes m, je cherche tous les projets mandatés par celles-ci ayant le statut « proposition » et n’étant pas déjà en lien avec l’utilisateur, en limitant les résultats à 10 projets.

|  |
| --- |
| *// Trouver les mandants des projets actuellement développés ou terminés par les équipes de l’utilisateur* |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})  -[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[rm:MANDATES]-(m:Team)  -[rm2:MANDATES]->(recs:Project)  WHERE p.status IN [5,6]  AND p <> recs  AND recs.status = 4  RETURN recs AS Recommendations  LIMIT 10  Text  Description automatically generated |
|  |

### Recommandations N°3

La troisième et dernière recommandation consiste à trouver les projets en proposition pour lesquels les équipes concurrentes ont postulées. Pour se faire, je commence par rechercher les équipes concurrentes de l’utilisateur.

|  |  |
| --- | --- |
| *// Trouver les équipes concurrentes via les projets actuellement développés ou terminés* | A picture containing bubble chart  Description automatically generated |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})  -[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[ra:APPLIES]-(a:Team)  WHERE p.status IN [5,6]  AND t <> a  RETURN a  LIMIT 10 |
|  |  |

Une fois ces équipes concurrentes identifiées, il est plutôt facile de trouver les projets ayant le status « en propositions » et pour lesquels elles ces équipes ont postulées. On se limite à nouveau aux dix premiers résultats.

|  |
| --- |
| *// Trouver les projets* *pour lesquels les équipes concurrentes ont postulées* |
| MATCH (u:User {uuid: '34c5b2f6-28c8-4f52-b7d5-dc188a9d053b'})  -[rmo:IS\_MEMBER\_OF {status: 2}]->(t:Team)  -[rd:DEVELOPS]->(p:Project)<-[ra:APPLIES]-(a:Team)  -[ra2:APPLIES]->(recs:Project)  WHERE p.status IN [5,6]  AND t <> a  AND p <> recs  AND recs.status = 4  RETURN recs AS Recommendations  LIMIT 10  *Text  Description automatically generated* |
|  |

### Combinaison et résultat

J’ai intégré ces trois recommandations dans mon API en créant un *endpoint* pour chacune d’entre elles.

|  |
| --- |
| *// File : app/routes/recommendations.js* |
| *// Get projects recommendations based on other teams applies* router.get('/projects/applies', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, getProjectsRecosByApplies)  *// Get projects recommendations based on mandates* router.get('/projects/mandates',requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER),trimRequest.all, getProjectsRecosByMandates)  *// Get projects recommendations by tags similarities* router.get('/projects/tags', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, getProjectsRecosByTags) |
|  |

Cependant voulant obtenir, pour un utilisateur, une combinaison de projets présents dans une ou plusieurs recommandations, j’ai créé un *endpoint* supplémentaire permettant d’utiliser et de combiner les trois autres. C’est celui-ci qui est interrogé par mon application *Vue.js*

|  |
| --- |
| *// File : app/routes/recommendations.js* |
| *// Get a set of projects recommendations (combination of applies, mandates and tags)* router.get('/projects', requireAuth, requiredRole(ROLE\_USER), trimRequest.all, getProjectsRecommendations) |
|  |

Le contrôleur « *getProjectsRecommendations* » interroge à tour de rôle les contrôleurs « *findProjectsRecosByApplies* », « *findProjectsRecosByMandates* » et « *findProjectsRecosByTags* » et retrouve ainsi trois listes pouvant contenir des projets.

|  |
| --- |
| *// File : app/routes/recommendations.js* |
| */\*\*  \* Get projects recommendations by tags similarities when called by route  \*  \** ***@param {Object} req*** *- request object  \** ***@param {Object} res*** *- response object  \*/ const* getProjectsRecommendations = *async* (req, res) => {  *try* {  *let* recommendedProjects = {}  *const* limit = req.query.limit ? *parseInt*(req.query.limit) : 10  *const* user = *await* findUserByUuid(req.user.uuid)  *const* percentage = (100 / NB\_OF\_RECOMMENDATIONS)   *await* findProjectsRecosByApplies(user.uuid, limit).then((projects) => { ... })  *await* findProjectsRecosByMandates(user.uuid, limit).then((projects) => { ... })  *await* findProjectsRecosByTags(user.uuid, limit).then((projects) => { ... })   recommendedProjects = Object.values(recommendedProjects)  recommendedProjects.sort((a, b) => (a.recommendedAt > b.recommendedAt) ? -1 : 1)  res.status(200).json(recommendedProjects.slice(0, limit))  } *catch* (error) {  handleError(res, error)  } } |
|  |

Chacun des listes de projets est alors parcourue et assigne à ses projets un pourcentage de recommandation allant de quelques pourcents à 33.3% (*100 % divisé par 3 recommandations possible*) selon différents critères. Chaque projet pouvant être retrouvé dans plusieurs liste, les pourcentages de ceux-ci s’additionnent pour former un pourcentage de recommandation final.

Prenons un exemple avec les listes de projets retrouvés par *Cypher* suivantes :

|  |  |
| --- | --- |
| **Contrôleur** | **Projets** |
| findProjectsRecosByMandates | A, B, C |
| findProjectsRecosByTags | A, C |
| findProjectsRecosByApplies | C, D |

* Le pourcentage assigné pour une recommandation par « *mandates* » est lié à la note obtenue lors de la réalisation du projet précédent, note pouvant aller de 0.1 à 5.0. De ce fait, un projet ayant obtenue une note de 2.6 obtiendra un pourcentage de 17.3%, un projet ayant obtenue une note de 4.3 obtiendra un pourcentage de 28.6%, etc. Dans notre exemple le projet A (3.6) obtient 24.0%, le projet B (4.9) 32.6% et le projet C (4.3) 28.6%.
* Le pourcentage assigné pour une recommandation par « *tags* » est proportionnel au nombre de tags similaires avec une limite haute de cinq tags. De ce fait, un projet recommandé ayant une similarité d’un seul tag obtiendra un pourcentage de 6.6%, un projet recommandé ayant une similarité de deux tags obtiendra un pourcentage de 13.3%, etcetera jusqu’à un projet ayant une similarité de cinq tags qui obtiendra un pourcentage de 33.3%. Dans notre exemple le projet A (3 tags) obtient 20.0% et le projet C (1 tags) 6.6%.
* Le pourcentage assigné pour une recommandation par « *applies* » fonctionne sur le même principe qu’une recommandation par « tags » avec une limite haute de dix « *apply* ». De ce fait, un projet recommandé ayant seul « *apply* » obtiendra un pourcentage de 3.3%, un projet recommandé ayant une similarité de six « *apply* » obtiendra un pourcentage de 20.0%, etcetera jusqu’à un projet ayant une similarité de dix « *apply* » qui obtiendra un pourcentage de 33.3%. Dans notre exemple le projet C (4 *applies*) obtient 13.3% et le projet D (8 *applies*) 26.6%.

Le contrôleur « *getProjectsRecommendations* » combine les trois listes de projets et retourne finalement un tableau de projets (triés par ordre décroissant de pourcentage de recommandation) pouvant être affiché par l’application *Vue.js* à l’utilisateur. Dans notre exemple, cette liste finale se composera donc comme suit.

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Projet** | **Mandates** | **Tags** | **Applies** | **Recommandation** |
| C | 28.6 | 6.6 | 13.3 | 48.5 % |
| A | 24.0 | 20.0 | - | 44.0 % |
| B | 32.6 | - | - | 32.6 % |
| D | - | - | 26.6 | 26.6 % |

L’application *Vue.js* formate alors les données reçues et affiche sur le « *Dashboard »* de l’utilisateur les trois projets actuellement recommandés. Ceux-ci vont évidement changé au fur et à mesure des actions de l’utilisateurs (finalisation d’un projet, postulation à un nouveau projet, etc.).



Figure 40 : Résultat de recommandations de projets s’affichant sur le Dashboard d’un utilisateur

## Tests

# Améliorations

## *Back-end*

### Meilleure gestion des erreurs et des codes d’erreur

### Ajout des catégories aux ressources

### Ajout d’autres notifications

## *Front-end*

### Epic 8 : Espace de travail

### Champs de recherche sur tous le site

### Amélioration du caching des requêtes (MyProjects, MyTeams)

# Conclusion

Lors de ce projet…

**Table des figures**

[Figure 1 : « Business Model Canvas » de la plateforme à réaliser 20](#_Toc83025317)

[Figure 2 : Couleur primaire (PANTONE 534 CP) et couleur secondaire (PANTONE 2398 CP), https://www.pantone.com/eu/fr/color-finder/534-CP, https://www.pantone.com/eu/fr/color-finder/2398-CP 26](#_Toc83025318)

[Figure 3 : Palette de nuances de gris choisie pour la réalisation de l’application, https://tailwindcss.com/docs/customizing-colors 26](#_Toc83025319)

[Figure 4 : Logotype et nom de la plateforme dans les couleurs définis et sa nuance en noir et blanc 27](#_Toc83025320)

[Figure 5 : Logo de Bootstrap depuis sa version 5, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Bootstrap\_logo.svg 28](#_Toc83025321)

[Figure 6 : Évolution du terme de recherche "Bootstrap" sur les 5 dernières années, https://trends.google.fr/trends/explore?date=today%205-y&q=Bootstrap 28](#_Toc83025322)

[Figure 7 : Logo de Tailwind CSS, https://tailwindcss.com/brand/ 29](#_Toc83025323)

[Figure 8 : Évolution du terme de recherche " Tailwind CSS" sur les 5 dernières années, https://trends.google.fr/trends/explore?date=today%205-y&q=Tailwind%20CSS 29](#_Toc83025324)

[Figure 9 : Maquette représentant le squelette de l’application 31](#_Toc83025325)

[Figure 10 : Maquette représentant la page d’entrée et d’identification de l’application 32](#_Toc83025326)

[Figure 11 : Pourcentages de répartition des langages de programmation côté client utilisés par les sites web en juin 2021, https ://w3techs.com/technologies/overview/client\_side\_language 36](#_Toc83025327)

[Figure 12 : Évolution d’utilisation des frameworks JavaScript front-end de 2016 à 2020, https://2020.stateofjs.com/en-US/technologies/front-end-frameworks/ 36](#_Toc83025328)

[Figure 13 : Technologies de bibliothèques JavaScript les plus utilisées en se basant sur la part de marché en 2021, https://www.wappalyzer.com/technologies/javascript-libraries/ 37](#_Toc83025329)

[Figure 14 : Évolution d’utilisation des frameworks JavaScript back-end de 2017 à 2020, https://2020.stateofjs.com/en-US/technologies/back-end-frameworks/ 42](#_Toc83025330)

[Figure 15 : Interrogation avec Postman du endpoint « /users » 49](#_Toc83025331)

[Figure 16 : Point de départ d'une application React.js 50](#_Toc83025332)

[Figure 17 : Point de départ d'une application Vue.js fraîchement créée 53](#_Toc83025333)

[Figure 18 : Page d'accueil d'un projet Angular lors de sa création 57](#_Toc83025334)

[Figure 19 : Comparaison du poids de chacun des projets réalisés 59](#_Toc83025335)

[Figure 20 : Choix final des frameworks JavaScript back-end et front-end 60](#_Toc83025336)

[Figure 21 : Schéma initial de la base de données relationnelle 62](#_Toc83025337)

[Figure 22 : Schéma de la base de données relationnelle incluant la gestion multilingue 63](#_Toc83025338)

[Figure 23 : Représentation simplifiée des différents nœuds et arcs possibles 67](#_Toc83025339)

[Figure 24 : Structure du code de l’API back-end avec Express 71](#_Toc83025340)

[*Figure 25 : Contenu du dossier « routes » de l’API, un fichier par domaine d’enpoints* 72](#_Toc83025341)

[*Figure 26 : Contenu du dossier « middleware » de l’API* 76](#_Toc83025342)

[Figure 27 : Exemple de résultat d’une requête Cypher construite par les middlewares 77](#_Toc83025343)

[Figure 28 : Diagramme de séquence du lancement de l’API se terminant par l’attente de requêtes, version originale disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-Sequence-start.png » 80](#_Toc83025344)

[Figure 29 : Diagramme de séquence du traitement de l’API lors d’un accès au endpoint « /projects/:uuid », version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-Sequence-getProject.png » 81](#_Toc83025345)

[Figure 30 : Diagramme de séquence du traitement de l’API lors d’un appel à la fonction « getProject » , version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-Sequence-getProject.png » 82](#_Toc83025346)

[Figure 31 : Diagramme présentant les étapes de l’enregistrement pour un utilisateur, version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/User-Registration.png » 83](#_Toc83025347)

[Figure 32 : Diagramme présentant les étapes de connexion d’un utilisateur et l’obtention d’un token, version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/User-Login.png » 84](#_Toc83025348)

[Figure 33 : Diagramme présentant les étapes de connexion d’un utilisateur et l’obtention d’un token, version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/ API-User-Login-Full.png » 85](#_Toc83025349)

[Figure 34 : Diagramme présentant les étapes de réinitialisation du mot de passe d’un utilisateur, version complète disponible en annexe dans le fichier « Diagrammes/User-ForgotPassword.png » 88](#_Toc83025350)

[Figure 35 : Rapports de résultats des tests unitaires effectués sur le endpoint « /teams » 91](#_Toc83025351)

[Figure 36 : Affichage des quatre conteneurs Docker de l’API MoonFish s’exécutant sur un serveur Synology 93](#_Toc83025352)

[Figure 37 : Structure du code de l’application front-end avec Vue.js 94](#_Toc83025353)

[Figure 38 : Présentation du Dashboard d’accueil exposant les recommandations de projets et l’historique des activités 95](#_Toc83025354)

[Figure 39 : Configuration des variables d’environnement au sein même du service en ligne « Netlify » 96](#_Toc83025355)

[Figure 40 : Résultat de recommandations de projets s’affichant sur le Dashboard d’un utilisateur 104](#_Toc83025356)

[Figure 41 : Première page d’internet publiée en décembre 1990, https://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/TheProject.html 112](#_Toc83025357)

[Figure 42 : Exemple de ce à quoi pourrait ressembler la première page HTML en lui appliquant quelques styles CSS 113](#_Toc83025358)

[Figure 43 : Différences entre Back-end / Front-end et Full Stack, 11 février 2021, https ://www.leproductowner.com/fiches-metiers/backend-frontend-fullstack 114](#_Toc83025359)

[Figure 44 : Représentation des interactions entre le modèle, la vue et le contrôleur dans le cas d’une application web, https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mod%C3%A8le-vue-contr%C3%B4leur\_(MVC)\_-\_fr.png?uselang=fr 115](#_Toc83025360)

[Figure 45 : Représentation de l’architecture MVVM et des interactions entre la vue, la vueModèle et le modèle, https://en.wikipedia.org/wiki/File:MVVMPattern.png 116](#_Toc83025361)

[Figure 46 : Représentation de l’architecture 3-tier et des langages utilisés dans chacune des couches, https://www.slideshare.net/TharinduWeerasinghe/multitier-designs-in-software 117](#_Toc83025362)

[Figure 47 : Pourcentages de répartition des langages de programmation côté serveur utilisés par les sites web en juin 2021, https://w3techs.com/technologies/overview/programming\_language 119](#_Toc83025363)

**Bibliographie**

Wappalyzer. (Visité le 14.06.2021). *UI frameworks*. <https://www.wappalyzer.com/technologies/ui-frameworks/>

W3Techs. (Visité le 23.06.2021). *Technologies Overview*. <https://w3techs.com/technologies/>

The State of JavaScript Survey. (Visité le 23.06.2021). *Technologies*. <https://2020.stateofjs.com/en-US/technologies/>

Baumann A. (12 octobre 2016). Une brève histoire du web en 8 étapes. <https://apptitude.ch/digital-insights/une-histoire-du-web/>

Historique du web. (Visité le 23.06.2021). <https://www.editions-ellipses.fr/index.php?controller=attachment&id_attachment=29972>

Design patterns. (Visité le 24.06.2021). *The Catalog of Design Patterns*. <https://refactoring.guru/design-patterns/catalog>

Frossard J. (2019). *Éléments d’architecture logicielle*. <https://www.epai-ict.ch/ict-modules/assets/M120_Architecture.pdf>

Sutherland J. & Schwaber K. (2020, novembre). *The Scrum Guide*.  <https://scrumguides.org/docs/scrumguide/v2020/2020-Scrum-Guide-US.pdf>

Rectorat HES-SO. *Eléments et démarche pour une analyse environnementale à la HES-SO*. <https://www.hes-so.ch/data/documents/Brochure-Guide-theorique-Elements-et-demarche-pour-analyse-environnementale-HES-SO-6085.pdf>

**Annexes**

# Annexes

## Repository *GitHub*

Un repository *GitHub* privé dédié au projet et contenant toutes les ressources de celui-ci est disponible à l’adresse suivante: <https://github.com/weevood/HEIG-VD_Travail-de-Bachelor>.

### Code source

* Le code source compilable de la partie *back-end* de l’application réalisé avec *Express* est disponible dans le dossier *5.Projet/back-end*.
* Le code source exécutable de la partie *front-end* de l’application réalisé avec *Vue.js* est disponible dans le dossier *5.Projet/front-end*.
* Le code source du containeur *Docker* utilisant *docker-compose* est consultable dans le dossier *5.Projet/docker*.

### Journal de travail

Mon planning ainsi qu’un journal de travail, sous la forme d'un tableur Excel, est consultable dans le fichier *TB\_Planning\_Alt-Thibaud.xlsx*.

### Maquettes *HTML*

Des maquettes HTML statiques ont été réalisées, les sources de celles-ci sont disponibles dans le dossier *3.Maquettes*.

## Ressources externes

### Documentation de l’API

La définition et la documentation des routes disponibles dans l'API « *MoonFish - Express.js REST API with JWT* » réalisé à l'aide de *Postman* est consultable directement en ligne via l’adresse suivante :  
<https://documenter.getpostman.com/view/8210926/TzseHmCz>.

### Suivi du projet

Pour les suivis des différentes tâches des sprints, j’ai utilisé un tableau *Trello* et l’ai mis à jour tout au long du projet. Celui-ci est disponible via l'adresse suivante : <https://trello.com/b/meyHR8e8/heig-vd-travail-de-bachelor>.

### Démonstration fonctionnelle

Une démonstration fonctionnelle de l'état actuel du projet peut être consulté via l’URL suivant : <https://heig-tb-moonfish.netlify.app>.

## Historique du développement web

L’origine du web remonte jusqu’en 1989, année où l’informaticien Timothy John Berners-Lee travaillant au CERN publia un document intitulé « *Information Management : A Proposal*[[36]](#footnote-36) ». À cette époque, Sir Berners-Lee cherchait une solution pour faciliter le partage d’informations entre ingénieurs et il la trouva en combinant internet (à cette époque de nombreux ordinateurs étaient déjà interconnectés) avec une autre technologie émergente : *Hypertext*. Au courant de l’année 1990, Sir Berners-Lee décrira trois des technologies fondamentales du web encore utilisées aujourd’hui, il s’agit de :

1. Le *HyperText Markup Language*, abrégé HTML et qui est le langage de balisage et de formatage brut conçu pour représenter des pages web.
2. Le *Uniform Resource Identifier* qui définit une courte chaîne de caractères identifiant une ressource sur un réseau et dont la syntaxe est normalisée.
3. L’*Hypertext Transfer Protocol* , abrégé HTML qui est le protocole de communication client-serveur permettant la récupération de ressources du web.

### Le *HTML*

La première page web d’internet [[37]](#footnote-37)est mise en ligne en décembre 1990. Celle-ci est plutôt brute et contient uniquement de l’information et des liens de manière schématisée, et ce de par le fait que le seul langage disponible à cette époque est le HTML.

Graphical user interface, text, application, email

Description automatically generated

Figure 41 : Première page d’internet publiée en décembre 1990,  
<https://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/TheProject.html>

### Le *CSS*

Il faudra attendre six ans pour que le CSS voie le jour. L’ajout majeur de ces feuilles de style en cascade est de séparer le contenu de la mise en forme d’un site web. Le CSS permet de modifier le rendu brut d’un document HTML et ainsi d’améliorer l’aspect visuel des données présentées par ce document. Le « *CSS level 1* » puis ses versions successives ouvriront la voie de l’intégration et de l’évolution des mises en forme des pages web que l’on connaît aujourd’hui.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Figure 42 : Exemple de ce à quoi pourrait ressembler la première page HTML en lui appliquant quelques styles CSS

### Le *JS*

Dès 1995, Brendan Eich pense et implémente le langage JavaScript, cependant il faudra attendre le concept de programmation AJAX, l’objet *XMLHttpRequest*[[38]](#footnote-38) et ses requêtes asynchrones pour que celui-ci se démocratise. L’utilisation des requêtes AJAX, notamment sur le site *Gmail* (l’un des tout premiers sites web dynamiques), fut particulièrement appréciée par les utilisateurs. Ceux-ci trouvaient ces sites plus fluide, plus dynamique et donc plus agréable à utiliser.

Dès lors, les 3 piliers du web qui sont *HTML*, *CSS* et *JS* étaient lancés. Ils vont alors évolués jusqu’à nos jours ou ils forment toujours la structure, le style et les interactions de nos sites internet. Aujourd’hui, les sites et applications web utilisent, pour la plupart, des *frameworks* pour être conçus et maintenus plus facilement. Nous reviendrons plus en détail sur les *frameworks* dans les points suivants.

### Le *PHP*

Les pages web en HTML / CSS / JS sont dites « statiques » ce qui signifie que son contenu est fixe, qu’il ne peut pas varier et qu’il est le même pour tous les utilisateurs. Mais très vite, dès 1993, le besoin de pouvoir interagir avec l’utilisateur ainsi que de pouvoir générer des pages spécifiques et « à la demande » apparaît. Plus tard, on qualifiera ces pages web de « dynamique », car leur contenu peut quant à lui varier en fonction de différentes informations tel que l’heure actuelle, le nom de l’utilisateur, la position géographique, un formulaire spécifique rempli par l’utilisateur, etc.

Pour traiter ces interactions et ces informations, il a fallu inventer un langage de programmation serveur. C’est ainsi qu’en 1994, le programmeur canadien *Rasmus Lerdorf* a créé la première version du PHP pour « *Personal Home Page* ». Monsieur Lerdorfvoulait conserver les traces des visiteurs qui venaient consulter son CV publié sur sa page internet personnelle. Pour ce faire, il a enrichi une bibliothèque logicielle en langage C puis la publiée sous-licence libre en 1995.

### *MySQL*

Finalement, il a fallu trouver un moyen de sauvegarder facilement des données afin de pouvoir les exploiter rapidement. Il serait tout à fait possible, et cela a été fait dans un premier temps, de conserver des données sous forme de fichier de textes brut sur le serveur. Cependant cette pratique n’est pas viable, car elle devient très vite inefficace lorsque la taille des données à traiter augmente. C’est pourquoi la programmation de sites web a été conçue et adaptée à l’utilisation de structures de gestion de données : les SGBDR.

Au début des années 1995, le finlandais Michael Widenius crée le logiciel de gestion de bases de données relationnelles le plus répandu dans le monde encore actuellement : MySQL. MySQL, comme tout système de base de données relationnelle, organise les données en plusieurs tables de données dans lesquelles les types de données sont clairement définis et peuvent être liés les uns aux autres. Dès lors, les sites web peuvent alors tirer parti du langage SQL utilisé pour créer, modifier et extraire des données de base de données relationnelles. Ils peuvent alors par exemple contrôler l’accès des utilisateurs et les droits qui leur sont concédés, stocker des informations spécifiques sur tel ou tel utilisateur, etc.

En 2009, Michael Widenius créer une dérive de MySQL, pour continuer son développement *Open Source,* sous le nom de MariaDB.

## Architectures logicielles

L’architecture logicielle permet de décrire au travers de modèles, de schémas et d’une manière symbolique les différents éléments que composent un système informatique ainsi que ces interactions. Il décrit comment un système informatique doit être conçu de manière à répondre aux spécifications.

### Front-end / Back-end / Full Stack

Les concepts de « *Front-end* », « *Back-end* », et « *Full Stack* » sont parfois mélangés et/ou difficiles à saisir dans une application web. Chacun de ces termes ne se réfère pas à un langage précis, mais plutôt à un groupe de langages utilisés conjointement dans le but de réaliser une partie de l’application. De ce fait, la partie *front-end* peut être résumé par « *ce que l’utilisateur voit* » sur son écran et « *ce avec quoi il interagit directement* ». La partie *back-end*, quant à elle, correspond alors à « *tout ce qui se passe en arrière*-plan » pour que l’utilisateur puisse interagir correctement avec une application. Ce concept est illustré par l’image suivante, l’utilisateur depuis son bateau voit la partie émergée de l’iceberg. Celui-ci pour exister et flotter se compose non seulement de sa partie émergée (*front-end*), mais également de sa partie immergée (*back-end*).

A picture containing graphical user interface

Description automatically generated

Figure 43 : Différences entre Back-end / Front-end et Full Stack, 11 février 2021,   
[https ://www.leproductowner.com/fiches-metiers/backend-frontend-fullstack](https://www.leproductowner.com/fiches-metiers/backend-frontend-fullstack)

En se plaçant du point de vue de l’utilisateur, le *front-end* désigne donc tout ce que celui-ci voit au premier plan, par exemple des boutons, des liens, des formulaires, des images, des vidéos, etc. Pour afficher, styliser et gérer ces éléments, il faut des langages frontaux comme le HTML, le CSS et le JS ; ceux-ci sont exécutés directement sur la machine du client. Pour faire fonctionner tous ces éléments et interpréter toutes les actions de l’utilisateur, le *back-end* entre en jeu et s’occupe alors d’administrer la soumission d’un formulaire, dû traiter des données, de vérifier des jetons de sécurités, etc. Les langages de programmation permettant de faire de telles actions sont par exemple PHP, Java, Python ou même JavaScript ; ils sont exécutés sur le serveur ou l’application est hébergée.

Finalement, le terme *full-stack* désigne l’ensemble du *front-end* et du *back-end*. Ainsi, il se réfère généralement aux développeurs maîtrisant les deux aspects essentiels au bon fonctionnement d’une application et les différents langages s’y rattachant.

### MVC : Modèle – vue – contrôleur

Le motif d’architecture logicielle « *MVC* » pour « *Modèle – Vue – Contrôleur* » a été lancé en 1978, il était alors principalement destiné aux interfaces graphiques des applications web. Dans ce modèle, les données de l’application, l’interface utilisateur et la logique métier sont divisées en trois composants distincts ayant chacune des responsabilités différentes.

1. *Le modèle*, il contient les données à afficher.

*Les modèles* représentent la structure des données, leur définition ainsi que les fonctions qui leur sont propres (validation, lecture et enregistrement). *Ils* sont complètement décorrélés du code métier et de l’affichage, de ce fait la modification de la logique et/ou de l’interface n’affecte en rien la structure de ces *modèle*s de données.

1. *La vue*, elle contient la présentation de l’interface graphique

*Les vues* représentent les parties visibles de l’interface graphique à présenter au client qui fait une requête. Elles se servent des données provenant des *modèles* pour afficher des éléments visuels comme des diagrammes, des formulaires, des boutons, etc. À nouveau, l’isolement du code de l’interface avec la logique métier et avec les données permet de faire des modifications sur celle-ci sans avoir à se soucier de la structure des données ou du fonctionnement de la logique.

1. *Le contrôleur*, il contient la logique concernant les actions effectuées par l’utilisateur.

*Les contrôleurs* sont au cœur de la logique métier de l’application puisqu’ils se situent entre les *vues* et les *modèles*. Les requêtes faites par un client depuis l’interface graphique vont être dirigées vers un *contrôleur, celui-ci* sera chargé de manipuler les données en interrogeant les *modèles*, de les traiter par rapport au besoin, et d’informer les *vues* de répondre au client avec de nouveaux éléments.

Diagram

Description automatically generated

Figure 44 : Représentation des interactions entre le modèle, la vue et le contrôleur dans le cas d’une application web,  
<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Mod%C3%A8le-vue-contr%C3%B4leur_(MVC)_-_fr.png?uselang=fr>

Le flux de traitement imposé par le modèle MVC est représenté par le schéma précédent. Il s’opère de telle façon à ce que 1) une requête envoyée depuis la *vue* est analysée par le *contrôleur* 2) le *contrôleur* demande au *modèle* approprié d’effectuer des traitements 3) le *contrôleur* obtient des données en retour 4) le *contrôleur* notifie la *vue* que la requête est traitée 5) la *vue* notifiée affiche le résultat du traitement.

Le cycle « *demande => mise à jour => affichage* » mis en place par ce modèle correspond très bien aux applications web, son principal avantage étant que chacun des composants peut être modifié indépendamment ce qui améliore la maintenabilité de l’application. La majorité des frameworks web actuels se basent, utilisent et implémentent ce modèle d’architecture, mais nous y reviendront dans le chapitre suivant.

### MVVM : Modèle – vue – vue modèle

Le modèle d’ architecture « *MVVM* » pour « *Modèle – Vue – Vue modèle* » est apparu en 2004 et a été créé par *Microsoft* pour son framework .NET. Comme pour le modèle MVC, cette méthode permet de séparer la vue de la logique et de l’accès aux données. Cependant, la différence se trouve au niveau du *ViewModel* qui contrairement au *contrôleur* de l’architecture MVC sert de lien bidirectionnel entre l’interface. Cette méthode est appelée « *data binding* ».

Dans cette architecture, les modèles et les vues sont également divisés et peuvent être modifiés séparément. Le modèle *MVVM* se compose de trois parties distinctes :

1. Le *modèle*; logique de travail avec les données et description des données fondamentales requises pour que l’application fonctionne.
2. La *vue*; l’interface graphique (fenêtres, listes, boutons, etc.)
3. Le *vueModèle*; abstraction de la vue et conteneur pour les données du modèle. Il contient un modèle converti en vue ainsi que les commandes que la vue peut utiliser pour influencer le modèle.

Graphical user interface, text, application

Description automatically generated

Figure 45 : Représentation de l’architecture MVVM et des interactions entre la vue, la vueModèle et le modèle,  
<https://en.wikipedia.org/wiki/File:MVVMPattern.png>

Dans cette architecture, les requêtes réalisées par l’utilisateur sur l’interface vont aller modifier une ou plusieurs données présentes dans le *vueModèle*. Cette action peut provoquer un appel au code métier dans le *modèle*, qui va à son tour renvoyer une nouvelle donnée au *vueModèle*. La *vue* ne sera pas changée, mais s’adaptera simplement pour afficher la ou les nouvelles données qui lui seront passées dynamiquement par le *vueModèle*.

De ce fait, on comprend bien que les architectures *MVC* et *MVVM* sont fortement semblables. La principale différence de l’architecture *MVVM* résidant donc dans le fait que les actions de l’utilisateur entraînent des modifications des données du modèle et cette communication est dite bidirectionnelle entre la *vue* et le *modèle*.

### Architecture trois tiers

L’architecture « *trois tiers* », « *trois niveaux* » ou «  *trois couches* » se réfère toujours à l’application d’un modèle d’architecture plus général le « *multi-tiers* » divisé en trois niveaux distincts. Cette architecture, basée sur l’environnement client – serveur vise à modéliser une application comme un empilement de trois couches logicielles dont le rôle est clairement défini. Elle se compose donc des trois couches suivantes :

1. La couche de *présentation* des données ; corresponds à l’affichage, à la restitution sur l’écran et au dialogue avec l’utilisateur
2. La couche de *traitement métier* des données ; corresponds à la mise en œuvre de l’ensemble des règles, de la gestion et de la logique applicative
3. La couche *d’accès* aux données persistantes ; corresponds aux données qui sont destinées à être conservées sur une certaine durée et/ou de manière définitive.

Chart

Description automatically generated

Figure 46 : Représentation de l’architecture 3-tier et des langages utilisés dans chacune des couches,  
<https://www.slideshare.net/TharinduWeerasinghe/multitier-designs-in-software>

Dans cette approche, les différentes couches communiquent entre elles au travers d’un « *modèle d’échange* » et chacune d’entre elles met à disposition un ensemble de services pour les autres couches. Ces services sont mis à disposition des couches adjacentes et il est par conséquent interdit d’invoquer les services d’une couche plus basse que la couche immédiatement inférieure ou plus haute que la couche immédiatement supérieure. Il s’agit là de la principale différence avec les modèles *MVC* et *MVVM* dans lesquels les *modèles* pouvaient, d’une certaine façon, directement communiquer avec les *vues*. L’architecture trois tiers impose donc de toujours repasser par cette couche applicative intermédiaire et son flux de contrôle traverse le système de haut en bas (les couches supérieures sont toujours source d’interactions alors que les couches inférieures ne font que répondre à des requêtes).

## Frameworks

Depuis de nombreuses années, d’innombrables frameworks ont vu le jour pour créer toutes sortes d’applications web. Leur but initial est de simplifier le processus de développement, d’augmenter la flexibilité et de réduire les délais de mise sur le marché. Sans l’utilisation de frameworks, le développement web moderne serait un véritable cauchemar pour les ingénieurs logiciels. En effet, ils devraient alors tout recréer à partir de zéro et ce chaque nouveau projet (logique métier, options de sécurité, gestion de navigation, etc.).

C’est pourquoi, en 2021, la quasi-totalité des développeurs utilisent des frameworks comme surcouche de langage pour créer et mener à bien leur projet.

### Qu’est-ce qu’un framework ?

Le framework c’est la *boîte à outils* du développeur. Il met à disposition du développeur un ensemble de modules de programmation, d’outils et de bibliothèques prêts à l’emploi lui permettant de construire son application. Ils permettent également de mettre un cadre, un squelette et de dicter les règles de construction des architectures des applications, des API, des interfaces, etc.

En plus du fait que les frameworks simplifient la création et le maintien de projets web, ils ont de nombreux avantages. On peut notamment relever les avantages suivants tant au niveau économique que technique.

* *Le développement est accéléré*

Les frameworks évitent aux programmeurs de devoir réinventer la roue en effectuant des tâches basiques depuis zéro lors du démarrage d’un projet. La possibilité d’utiliser des modèles et des outils pré-écrits pour créer rapidement la base d’un projet permet d’économiser un temps considérable. De ce fait, les développeurs peuvent mieux se concentrer sur les détails spécifiques du projet et ainsi mieux garantir sa qualité finale.

* *Le gain de fiabilité et de sécurité*

Les composants prêts à l’emploi, et mis à disposition par les frameworks, ont été créés et améliorés par une communauté de milliers de développeurs. Ils ont donc été testés et éprouvés dans de nombreux scénarios possibles. En les utilisant, les développeurs évitent de nombreux bugs et s’assurent de créer une solution stable, fiable et sécurisée dans un délai plus court.

* *Le respect des meilleures pratiques*

Les méthodologies des frameworks intègrent généralement les meilleures pratiques d’ingénierie logicielle reconnue actuellement. En suivant les règles proposées par les frameworks, les développeurs évitent de nombreux obstacles de conception et cela permet d’éliminer des bugs en amont.

* *La simplification de la maintenance et des développements futurs*

Les frameworks définissent une structure unifiée pour le développement, de sorte que les applications basées sur ceux-ci soient plus faciles à maintenir et à améliorer. N’importe quel développeur peut facilement comprendre un projet développé avec un framework qu’il maîtrise sans connaître en détail le projet. Il lui est alors facile d’ajouter des fonctionnalités ou apporter des modifications de manière transparente.

* *Un gain de performance*

Les projets basés sur des frameworks ont tendance à fonctionner beaucoup plus rapidement et à assurer une montée en charge plus élevée. Ce qui est crucial pour des solutions informatiques modernes qui se doivent d’être polyvalente et extensible.

### Séparation des préoccupations

Comme décrit précédemment, la quasi-totalité des applications web modernes créées aujourd’hui peuvent se décomposer en deux parties distinctes.

1. La première, du côté client, qu’on appelle le « *front-end* ». Cette partie peut être résumée par « *ce que l’utilisateur voit* ».
2. La seconde, du côté serveur, qu’on appelle le « *back-end* » et qui peut être résumé par « *ce qui se passe en arrière-plan (under the hood)* »

De ce fait, il existe des frameworks *front-end* et des frameworks *back-end*, permettant ainsi de réaliser chaque partie en tirant partie des avantages détaillés ci-dessus.

Les frameworks ***back-end*** sont responsables de la partie dite cachée d’un site web ou d’une application s’exécutant directement sur le serveur. Pour y accéder, la plupart des applications utilisent des interfaces de programmations (API) mises à disposition par les frameworks *back-end*. Ils s’occupent du fonctionnement du serveur et d’accès à la base de données, de la logique métier et de l’architecture, des protocoles de routage, de la sécurité des données, des options d’autorisation et des droits d’accès, etc. Les frameworks *back-end* peuvent être basés sur différents langages de programmation tels que *PHP*, *.NET*, *Ruby*, *Python*, *Java*, *JavaScript*, etc.

Les frameworks ***front-end*** vont permettre aux développeurs de réaliser l’interface utilisateur d’une application ou d’un site web. Notamment de gérer les multiples interactions que l’application mettra à disposition des utilisateurs finaux d’un point de vue de l’affichage. Mais également de la conception *UX* et *UI*, des modèles, de l’optimisation, du référencement, etc. Ils sont basés sur des langages de balisage et de programmation dits frontaux tels que le HTML, le CSS et le JavaScript.

### Frameworks *back-end*

Aujourd’hui, il existe de nombreux langages de programmation *back-end* et tout autant, voire plus, de frameworks *back-end*. Il m’est donc impossible de tous les lister, c’est pourquoi j’ai choisi un framework par langage de programmation parmi les plus utilisés du marché en 2021 pour établir une vue d’ensemble.

Graphical user interface

Description automatically generated with low confidence

Figure 47 : Pourcentages de répartition des langages de programmation côté serveur utilisés par les sites web en juin 2021,  
<https://w3techs.com/technologies/overview/programming_language>

Selon les données de W3Techs[[39]](#footnote-39), *PHP* est encore aujourd’hui le langage côté serveur le plus utilisé et de loin avec presque 80% de part de marché ! Ensuite *APS.NET* occupe la seconde place avec 8.5% du marché. Les 12.3% restants sont majoritairement occupés par *Ruby* (4.8%) et *Java* (3.6%) puis par *JavaScript* et *Python* tous deux à 1.4%. Il est intéressant de noter que 1.5% des sites web actuels sont encore réalisés avec des fichiers statiques et donc sans utiliser de langage de programmation du côté serveur. La grande part de marché qu’occupe *PHP* est principalement dû au nombreux CMS se basant sur cette technologie et notamment à WordPress[[40]](#footnote-40) qui, toujours selon les données de W3Techs, occupe aujourd’hui presque un tiers du web (65% en juin 2021).

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **PHP** |  | **.NET Languages** |  | **Ruby** |
| Laravel logo  https://en.wikipedia.org/wiki/File:Laravel.svg |  | Logo, company name  Description automatically generated  https://blog.soat.fr/wp-content/uploads/2015/11/asp.net\_.jpg |  | Logo  Description automatically generated  https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Ruby\_On\_Rails\_Logo.svg |
| * 2011 (10 ans) * *Taylor Otwell* * PHP * Licence MIT * laravel.com |  | * 2002 (19 ans) * *Microsoft* * .NET Languages * Apache License 2.0 * dotnet.microsoft.com |  | * 2004 (17 ans) * *Community* * Ruby * Licence MIT * rubyonrails.org |

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| **Java** |  | **Scala** |  | **Python** |
| Logo  Description automatically generated  https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Spring\_Framework\_Logo\_2018.svg |  | Logo  Description automatically generated  https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Play\_Framework\_logo.svg |  | Shape  Description automatically generated with medium confidence  https ://en.wikipedia.org/wiki/ File :Ruby\_On\_Rails\_Logo.svg |
| * 2002 (19 ans) * *Pivotal Software* * Java * Apache License 2.0 * spring.io |  | * 2007 (14 ans) * *Lightbend & Zengularity* * Scala * Apache License 2.0 * playframework.com |  | * 2005 (16 ans) * *Django Software Foundation* * Python * 3-clause BSD * djangoproject.com |

### Frameworks *front-end*

Le langage JavaScript est aujourd’hui l’unique langage disponible pour réaliser la partie *front-end* d’une application. De ce fait, d’innombrables frameworks existent chacun étant plus ou moins adapté et conçu pour tel ou tel type d’applications et fournissant plus ou moins de fonctionnalités. Parmi eux, certains prennent le dessus et sont alors majoritairement utilisés par les développeurs. Ces différents frameworks *front-end* ont été décrit dans le chapitre consacré au JavaScript.

## Solutions « *stack* »

Une « *pile de solutions* », plus connus sous sa terminologie anglaise « *solution stack* » est un ensemble de sous-systèmes et/ou de composants logiciels nécessaires pour créer une plate-forme informatique complète. Les applications créées s’exécutent alors « sur » la plate-forme résultante et aucun logiciel supplémentaire n’est nécessaire pour les prendre en charge.

Certains des composants disponibles sont si souvent choisit ensemble par les développeurs, qu’ils en deviennent des « *stack* » connus et reconnus et possède alors un nom. En règle générale, le nom donné est un acronyme représentant les composants individuels. Une des solutions de *stack* les plus célèbre est sous doute LAMP (*Linux*) et ses pendant MAMP (*macOS*) et WAMP (*Windows*).

1. https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/macos/overview/themes/ [↑](#footnote-ref-1)
2. https://developer.apple.com/design/human-interface-guidelines/ios/overview/themes/ [↑](#footnote-ref-2)
3. https://material.io/design/guidelines-overview [↑](#footnote-ref-3)
4. https://www.pantone.com/eu/fr/ [↑](#footnote-ref-4)
5. https://app.diagrams.net [↑](#footnote-ref-5)
6. https://www.sketch.com [↑](#footnote-ref-6)
7. https://www.adobe.com/ch\_fr/products/photoshop.html [↑](#footnote-ref-7)
8. https://getbootstrap.com [↑](#footnote-ref-8)
9. https://tailwindcss.com [↑](#footnote-ref-9)
10. https://www.wappalyzer.com/ [↑](#footnote-ref-10)
11. https://github.com/tailwindlabs/tailwindcss [↑](#footnote-ref-11)
12. https://www.netlify.com/ [↑](#footnote-ref-12)
13. https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/JavaScript/Language\_Resources [↑](#footnote-ref-13)
14. https://babeljs.io/ [↑](#footnote-ref-14)
15. https://w3techs.com/technologies/details/ws-nodejs [↑](#footnote-ref-15)
16. https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/JavaScript/Reference/Global\_Objects/Promise [↑](#footnote-ref-16)
17. https://www.postman.com/product/api-client/ [↑](#footnote-ref-17)
18. https://www.docker.com/ [↑](#footnote-ref-18)
19. https://neo4j.com/developer/cypher/ [↑](#footnote-ref-19)
20. https://scrumguides.org/index.html [↑](#footnote-ref-20)
21. https://trello.com/ [↑](#footnote-ref-21)
22. https://developer.mozilla.org/en-US/docs/Web/JavaScript/Reference/Global\_Objects/Promise [↑](#footnote-ref-22)
23. http://sequelize.org/ [↑](#footnote-ref-23)
24. https://github.com/adam-cowley/neode [↑](#footnote-ref-24)
25. https://www.npmjs.com/package/uuid [↑](#footnote-ref-25)
26. http://www.passportjs.org/ [↑](#footnote-ref-26)
27. https://jwt.io/ [↑](#footnote-ref-27)
28. https://www.npmjs.com/package/jsonwebtoken [↑](#footnote-ref-28)
29. https://www.npmjs.com/package/faker [↑](#footnote-ref-29)
30. https://www.postman.com/product/api-client/ [↑](#footnote-ref-30)
31. https://mochajs.org/ [↑](#footnote-ref-31)
32. https://www.heroku.com/ [↑](#footnote-ref-32)
33. https://hidora.io/fr/ [↑](#footnote-ref-33)
34. https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/API/Window/localStorage [↑](#footnote-ref-34)
35. https://neo4j.com/developer/cypher/ [↑](#footnote-ref-35)
36. *http://info.cern.ch/Proposal.html* [↑](#footnote-ref-36)
37. https://www.w3.org/History/19921103-hypertext/hypertext/WWW/TheProject.html [↑](#footnote-ref-37)
38. https://developer.mozilla.org/fr/docs/Web/API/XMLHttpRequest [↑](#footnote-ref-38)
39. https://w3techs.com/ [↑](#footnote-ref-39)
40. https://wordpress.com/fr/ [↑](#footnote-ref-40)