 

Université de Franche-Comté

UFR Sciences et Techniques

Rapport de projet tuteuré

Licence informatique – 3ème année

Mise en œuvre d’une application web pour interpréter l’algèbre relationnelle

*Réalisés par :*  *Tuteur universitaire :*

Poncot Cédric Dadeau Frédéric

Continsouzas Gatien

Courvoisier Nicolas

Année 2018-2019

Remerciements

Nous tenons à remercier toutes les personnes ayant contribué de près ou de loin au succès de notre projet tuteuré et qui nous ont aidé lors de la rédaction de ce rapport.

Tout d’abord, nous adressons nos remerciements à notre enseignant, M. Dadeau de l’Université des Sciences et des Techniques de Besançon qui est également chercheur dans le département d’informatique des systèmes complexes (DISC) de l’institut FEMTO-ST. Notre professeur a eu su être à notre écoute et nous donner de précieux conseils à suivre pour mener à bien ce projet. Ses conseils pourront être réitéré dans notre vie futur. Nous tenons également à le remercier pour le temps précieux qu’il a su nous accorder lors des différents entretiens que nous avons eu l’occasion d’avoir.

Enfin, nous tenons à remercier toutes les personnes qui nous ont conseillés et relus lors de la rédaction de ce rapport de projet.

Table des matières

[Introduction 4](#_Toc1393120)

[1. Présentation de l’algèbre relationnelle 4](#_Toc1393121)

[2. Etude du projet 5](#_Toc1393122)

[A. Contraintes et cahier des charges 5](#_Toc1393123)

[B. Gestion des tâches 6](#_Toc1393124)

[C. Diagramme de classe 6](#_Toc1393125)

[3. Développement de l’application web 6](#_Toc1393126)

[A. Différentes phases du projet 6](#_Toc1393127)

[I. Découverte & apprentissage de JavaScript 6](#_Toc1393128)

[II. Création des relations 6](#_Toc1393129)

[III. Opérateurs de calculs simples 6](#_Toc1393130)

[IV. Opérateurs plus complexes 6](#_Toc1393131)

[V. Convivialité & design 6](#_Toc1393132)

[VI. Parser 6](#_Toc1393133)

[B. Problèmes rencontrés et solutions apportées 6](#_Toc1393134)

[4. Résultats & état du projet 6](#_Toc1393135)

[5. Conclusion & perspectives 6](#_Toc1393136)

# Introduction

Durant la troisième année de Licence Informatique à l’UFR Sciences et Techniques de Besançon, les étudiants doivent réaliser un projet tuteuré sur la majeure partie de l’année. Ce projet a pour but de simuler un projet d’entreprise pour que les étudiants se rendent compte de l’exigence du métier de développeur et cela leur permet de mettre en pratique toutes les connaissances apprises durant les trois années de formations.

Dans ce rapport, nous présentons notre mission principale qui était de créé une application web pour interpréter l’algèbre relationnelle. Cette application servira aux étudiant de Licence 1 Informatique pour appréhender plus facilement le fonctionnement des opérateurs de la théorie relationnelle.

Dans un premier temps, nous présenterons l’algèbre relationnelle ainsi que l’étude du projet. Et dans un second temps, nous présenterons les différentes étapes de la réalisation de l’application web.

# Présentation de l’algèbre relationnelle

La théorie relationnelle a été proposé pour la première fois par Edgar Frank Codd, dans l’article : *A relational Model of Data for Large Shared Data Banks*, CACM, Juin 1970. Depuis, il y a eu très peu de modification.

L’algèbre relationnelle a pour but d’apprendre le fonctionnement des bases de données. On peut donc réaliser les mêmes calculs.

L’algèbre relationnelle possède un schéma relationnel composé de relations. Ces relations possèdent des propriétés bien spécifiques. Elles sont composées de deux parties : une en-tête qui est un ensemble d’attribut et un corps qui est un ensemble de t-uplets. Une relation peut donc être assimilé à un tableau. Plus précisément, un t-uplets représente une ligne et un attribut est une colonne. Ces attributs doivent donc être unique. Egalement, il n’y a pas de possibilité de dupliquer les t-uplets, ils sont uniques. Pour identifier les t-uplets, on fait appel à une clé primaire. Ceci est une groupe d’attribut dont la valeur permet d’identifier de manière unique un t-uplet de la relation. Toutes les relations représentent un ensemble.

Nos relations maintenant définis, on peut réaliser divers calculs sur celles-ci. A partir d’une ou deux relations, un opérateur relationnel permet de calculer une nouvelle relation. On peut constater trois types d’opérateurs. Les opérateurs ensemblistes qui sont l’union, l’intersection, la différence et le produit cartésien. Ces opérateurs ont pour but de réaliser un calcul entre deux relations. Par exemple, l’intersection entre deux relations créera une relation avec les t-uplets en commun de ces deux relations. Nous avons aussi de opérateurs relationnels spécifiques : la sélection, la projection et la jointure. La sélection et la projection réalisent des calculs sur une seule relation, la sélection compare un ou plusieurs attributs avec une valeur et crée une relation résultat tandis que la projection permet de définir une relation consistant en l’ensemble de tous les t-uplets de la relation de départ dans laquelle seuls les attributs de projection sont conservés. Et la jointure, permet de relier deux relations entres elles via clé primaire et clé étrangère. Il existe plusieurs types de jointures. La jointure naturelle a pour but de relier deux relations qui possèdent un attribut en commun. L’équijointure de deux relations R1 et R2 est une jointure dont la condition de jointure est l’égalité des valeurs d’attributs att1 et att2, appartenant respectivement aux relations R1 et R2. Tandis que la téta-jointure est le contraire, la condition de jointure est la différence des valeurs att1 et att2. Et pour finir, nous avons encore les opérateurs dérivés comme la division et la jointure externe. Pour pouvoir être divisé les deux relations doivent avoir en commun au moins un attribut. La division de la relation R1 par une autre relation R2 retourne une relation R3 telle que tous les t-uplets de R3 concaténés à R2 apparaissent dans la relation R1. On a : R3 x R2 ⊆ R1.

# Etude du projet

Etant quasiment tous issus de la même formation, nous avons pu mettre en pratique nos connaissances et en apprendre de nouvelles puisque le langage utilisé n’avait été appris en cours que par un seul de nous trois.

## Contraintes & cahier des charges

Dès le début du projet, nous connaissions les contraintes et le cahier des charges, ceux-ci ont été données avec le sujet. Le sujet était remplis d’informations très importantes qui ont pu nous aiguillées dans la bonne direction.

Les contraintes étaient plus technologiques, il était imposé de développer une application web pour que les étudiants de Licence 1 Informatique de Besançon puisse y avoir accès dans le futur. L’application était web donc nos seuls langages autorisés étaient HTML5, CSS3 et JavaScript. Le projet était donc principalement en JavaScript sans l’utilité d’ajouter un Framework, on parle de VanillaJS. Pour notre tuteur, M. Dadeau, la principale demande était d’avoir une application fonctionnelle et surtout quelque chose de simple d’utilisation. Avec cette condition, on devait réaliser l’application en one-page up pour ne pas avoir de redirection et on ne devait pas avoir peur de réaliser des algorithmes très compliqués. Le mot d’ordre ici était la simplicité pour l’utilisateur : il ne devait jamais se trouver perdu. Un minimum de convivialité était également attendu, c’est pourquoi, une partie drag and drop sur les relations est attendue pour que l’utilisateur puisse s’y retrouver avec son ensemble de relations et les ranger comme il l’entend. Pour simplifier le développement, le code devait être orienté objet ce qui aide fortement pour la création de notre modèle expliqué au paragraphe 2C.

Par ailleurs, le cahier des charges demandait de réaliser la majorité des fonctionnalités que possédait l’algèbre relationnelle. Donc, l’application réalisé devra permettre de définir simplement des relations et de saisir leur contenu (attribut, t-uplet, nom). Ces relations seront visibles à l’écran et pourront être déplaçable grâce au drag and drop. Il y aura tout un ensemble de fonctionnalités sur les relations, comme la possibilité d’ajouter des colonnes et des lignes, mais aussi de pouvoir supprimer les colonnes ou les lignes qui posent problème à l’utilisateur. On pourra aussi ajouter de nouvelles relations et les supprimer. Egalement, puisque les relations peuvent être créées, on pourra réaliser toutes les opérations de la théorie des ensembles (intersection, union, différence, produit cartésien), mais aussi des opérateurs plus spécifiques tels que la sélection, la projection, les jointures (naturelle, équijointure et téta-jointure) et la division. Ces opérations permettront de réaliser des requêtes saisis par l’utilisateur. A partir de ces requêtes l’application devra pouvoir générer une nouvelle relation et afficher à l’écran le résultat attendu de manière graphique. Aussi, l’utilisateur doit pouvoir sauvegarder son travail en cours pour pouvoir le reprendre plus tard. Evidemment, il doit aussi pouvoir le recharger quand il revient sur l’application et modifier ce travail.

## Gestion des tâches

Un projet d’une telle envergure était une première pour nous, il fallait d’abord réfléchir à la conception du projet avant de se lancer tête baisser dans le code. Dans un premier temps, nous avons pris rendez-vous avec M. Dadeau, celui-ci étant le tuteur du projet, il était nécessaire de savoir exactement ce qu’il attendait de nous. On a tout de suite convenu de réaliser ce projet avec une méthode de travail qui est la méthode agile. Cette méthode avait été vu en cours et nous permettait de nous familiariser avec cette façon de travailler qui est de plus en plus présente dans le monde de l’informatique. Notre tuteur était donc project owner et nous étions développeur. Le fait de se voir régulièrement nous a permis de découper le projet en sprint et de le rendre dynamique. A chaque rendez-vous on faisait un point sur les taches réalisés dans le sprint précédent et une fois toutes les fonctionnalités acceptées par M. Dadeau, on en planifiait de nouvelles pour le prochain sprint. Découper le projet, nous a permis de travailler régulièrement sur l’application sans jamais la laisser de côté. Chaque développeur avait ses taches à réalisés et à corriger les bugs que les autres rencontraient sur les fonctionnalités codées.

Pour permettre de travailler en agilité tous ensembles, nous avons mis en place des outils pour pouvoir tous travailler à distance simplement. Au début du projet, la première tâche réalisée était de créer un repository sur GitHub. La configuration de celui-ci était plutôt simple : M. Dadeau était un watchers pour qu’il puisse suivre le projet dès qu’il le souhaite et ajouter les trois développeurs pour que chacun d’entre nous puisse mettre son travail en commun. Egalement, on a très vite réalisé un système de double branche pour pouvoir mettre en place un site en ligne de l’application développé. Cela permettait de montrer nos avancés et taches réalisées à chaque rendez-vous avec le project owner. Aussi, à chaque réunion sur le projet, on définissait les tâches à suivre pour le sprint suivant. Sous les conseils de M. Dadeau, nous avons mis en place un tableau de suivit des tâches sur le site Trello. Ce tableau permet de suivre les différentes étapes de développement d’une tâche. Elles peuvent être dans différents états : backlog, to do, in progress, to validate, validated, on line. Chaque tâche est déplacée en fonction de son état dans le projet. L’avantage d’un tel système est de choisir une tâche disponible parmi celle encore non-réalisé, cela permet de ne pas réaliser de travail redondant entre les développeurs et de voir l’avancée des travaux. Egalement, ce tableau organise le travail entre les personnes et permet de savoir sur quoi les autres travaillent, fait important si l’on souhaite donner un peu d’aide à quelqu’un d’autres ou tout simplement travailler plusieurs sur une tâche.

Ces outils sont primordiaux pour notre avenir dans le monde de l’informatique. Ils sont de plus en plus utilisés dans les équipes de développement pour leurs vertus organisationnelle et dynamique. Ce projet nous forme donc au travail en équipe avec tous les accotés d’un développement d’une application : apprentissage du travail de groupe et apprentissage de la restitution et explication des travaux réalisés.

## Diagramme de classe

# Développement de l’application web

## Différentes phases du projet

Un projet d’une telle ampleur prend du temps et pour arriver à un résultat accepté par le client, nous avons dû passer par différentes étapes toutes plus intéressantes les unes que les autres.

### I. Découverte & apprentissage de JavaScript

Dans un premier temps, pour la plupart d’entre nous, le langage utilisé nous était inconnu, on a donc commencé par apprendre la JavaScript. A l’Université des Sciences et des Techniques de Besançon, ce langage est vu au deuxième semestre de la troisième année de licence informatique. Or ce projet début environ à la moitié du premier semestre de cette même année. M. Dadeau, étant l’enseignant réalisant et donnant les cours de JavaScript, il nous a gentiment donné en avance accès à ses cours. Les premières semaines ont été de la lecture de cours et de la création de petit algorithme pour se former à ce nouveau langage. On s’est très vite rendu compte de la puissance de ce langage, de pouvoir tout rendre dynamique et tout modifié. C’est un outil intéressant. Mais on s’est aussi rendu compte de ses faiblesses, comme le fait que le langage soit non-typé.

Egalement, à l’Université on apprend beaucoup de choses, et l’algèbre relationnelle a été vu en première année de licence informatique, ce qui remonte à deux ans pour nous. M. Dadeau réalise, aussi, le cours d’algèbre relationnelle dans le module de base de donnée, il nous a donc refournit son cours. Durant ce premier sprint, où l’apprentissage et/ou remise à niveau est de mise, nous avons relu le cours d’algèbre relationnelle pour se remémorer les spécificités du sujet et bien comprendre comment fonctionnent les opérateurs.

Dans un second temps, nous avons commencé à travailler sur un début de conception du site. On s’est posé toutes les questions que l’on peut se poser quand on débute un projet. Nous avons commencé à réfléchir sous quelle forme nous allions gérer nos tables, comment les concevoir dans notre modèle. On s’est aussi demandé à quoi le site allait ressembler, c’est-à-dire comment l’utilisateur devra utiliser le site et les systèmes de sécurité à mettre en place pour pas qu’il fasse tout ce qu’il veut. Une fois ces bases posées, on pouvait enfin commencer à développer des fonctionnalités.

### II. Création des relations

Les métriques étant posées, on pouvait dans un premier temps commencer par s’occuper de représenter les relations, autant d’un point de vu graphique que dans le modèle.

Dans un premier temps, on s’est concentré sur le fait de pouvoir afficher une table graphiquement sur la page web. Nous nous sommes donc contenté d’utiliser les tables avec les balises tr et th du langage HTML5. La première ligne représente l’entête d’une relation, nous avons tout de suite mis en place un style différent du contenu pour que l’entête soit distingué plus facilement et ajouter de la convivialité. Une fois que l’on pouvait afficher simplement une relation, on a automatisé la création de celles-ci avec le bouton « ajouter tables » (Figures 1 présente dans la tables des figures). Ce processus étant automatisé, nous devions pouvoir modifier les relations simplement, nous avons ajouté des fonctionnalités d’ajout de lignes et de colonnes.

Dans un second temps, il était spécifié de pouvoir sauvegarder toutes les relations présentent à l’écran. Sous les conseils de M. Dadeau, nous avons utilisé le localstorage des navigateurs web. Cette espace permet de sauvegarder des données sans délai d’expiration. Via une fonction de sauvegarde et de rechargement, nous accédons très facilement à nos relations. Maintenant grâce à un système de gestion des données sauvegardés l’utilisateur peut enregistrer plusieurs modèles sur lesquels il travaillait. Il peut identifier chaque modèle avec un nom différent de ceux déjà enregistrer dans le localstorage. Le nom de modèle saisi par l’utilisateur est le nom de la clé pour pouvoir sauvegarder les données dans le localstorage, aucunes clés peuvent être égale à cause des risques de conflit, vérifier les données saisis et donc important. Egalement, le nom du modèle n’est pas totalement libre, l’utilisateur n’a pas le droit de mettre de blanc (espace, retour à la ligne et tabulation) dans le nom, les caractères spéciaux et celui-ci n’a pas droit de commencé par un chiffre ou nombre. Le nom doit forcément commencer par une ou plusieurs lettres et peut finir par un nombre. Evidemment, l’utilisateur n’a pas le droit de mettre un nom vide. Aussi, pour pouvoir sauvegarder toutes les relations de notre modèle, on prend toutes les tables avec toutes leurs propriétés et on les passe au format JSON. Cela permet de simplement compacter des objets JavaScript en utilisant la fonction JSON.stringify pour sauvegarder et la fonction JSON.parse pour rechargé et réafficher les relations souhaitées.

A ce niveau-là, l’utilisateur peut donc créer des relations, en éditant l’entête et le contenu de celle-ci. Il peut également sauvegarder son travail et le recharger pour revenir plus tard et pouvoir poursuivre ses travaux.

### III. Opérateurs de calculs simples

L’utilisateur pouvant maintenant réaliser des relations et simuler des situations d’algèbre relationnelle, nous devions commencer à implémenter des opérateurs de calculs simples, notamment les opérateurs de la théorie des ensembles.

Dans un premier temps, nous avons décidé de commencer par implémenter ceux que l’on jugeait les plus simples. Nous avons donc développé l’union, l’intersection et la différence. Ces opérateurs nous ont parus simples car pour réaliser les calculs de ces opérateurs, nous devons juste comparer les lignes des relations choisis par l’utilisateur. Pour comparer les lignes, nous avons commencé par réaliser une fonction qui récupère la ligne courante de la relation et retourne celle-ci dans un tableau. Et, nous avons implémenter une double boucle qui parcourt toutes les lignes des deux relations avec une condition qui les comparent. Pour comparer les lignes, nous nous sommes simplifier la tâche en mettant chaque ligne au format JSON, cette astuce nous donne l’avantage de comparer deux chaines de caractères plutôt que de comparer deux tableaux qui est plus lourd niveau implémentation et complexité. En réalité, les trois fonctions pour créer l’intersection ou l’union ou la différence entre deux relations sont très similaire à une condition près. L’intersection prend les lignes en commun donc elle teste l’égalité entre les deux lignes des deux relations. Egalement, l’union prend toutes les lignes des deux relations sans prendre les doublons. Et la différence retire les lignes qui sont en commun dans les deux relations. Ces fonctions sont donc très proche l’une de l’autre.

Dans un second temps, il était temps de se concentrer sur les autres opérateurs simples, tel que le produit cartésien, la sélection et la projection. Le produit cartésien en algèbre relationnelle entre deux relations consiste à réaliser toutes les combinaisons possibles en les t-uplets des deux relations. Pour implémenter ceci, on commence par déterminer la cardinalité (nombre de t-uplets d’une relation) des deux relations. Ensuite, on réalise deux boucles imbriqués l’une dans l’autre avec un nombre de tour de la cardinalité des relations respectives et on concatène chaque ligne de la première relation avec toute celles de la seconde relation. Par ailleurs, la projection consiste juste à sélectionner les attributs d’une relation choisi par l’utilisateur. On reçoit un tableau contenant les attributs à garder dans la fonction projection et on parcourt les colonnes de la relation pour créer la nouvelle relation et l’afficher.

/ !\ IMPLEMENTER SELECTION

### IV. Opérateurs plus complexes

Les opérateurs simples étant implémenté et testé il était venu le moment de prendre du temps pour développer les opérateurs que l’on considérait plus complexes. On parle ici de toutes les jointures et de la division.

En premier lieu, les jointures nous semblaient le plus simple à implémenter. L’un d’entre nous a donc commencé par la jointure naturelle qui est un cas particulier de l’équijointure. Celle-ci est plutôt simple, on commence par vérifier que les deux relations possèdent bien un entête en commun, si c’est le cas le calcul peut avoir lieu, sinon, on précise à l’utilisateur une erreur. Pour réaliser cette jointure, on parcourt les colonnes en commun et on compare celle-ci. Si, deux valeurs sont égales, on récupère alors les lignes des deux relations et on les concatène dans la nouvelle relation. Puisque deux attributs seront égaux dans la nouvelle relation à cause de l’attribut en commun, on peut se permettre une optimisation, on va en garder qu’une seule deux. Cela permettra d’éviter la duplication d’information.

Maintenant, place à l’équijointure et la téta-jointure qui sont en réalité très proche l’une de l’autre à une comparaison près. Pour ces deux jointures, l’utilisateur va entrer le nom des deux relations et va saisir les deux attributs avec lesquels ils souhaitent faire sa jointure. Pour commencer, nous réalisons une vérification sur le fait que les attributs saisis appartiennent bien à leurs relations respectives. Sur le même principe de la jointure naturelle, on imbrique l’une dans l’autre deux boucle qui parcourt les valeurs des attributs choisis pour la jointure, si des valeurs sont égales entre les deux on récupère la ligne complète des deux relations et on concatène la ligne pour la nouvelle relation. Ici, on ne peut pas se permettre d’optimisation comme la jointure naturelle car les attributs choisis pour la jointure ne seront pas forcément égaux. Pour la téta-jointure, on réalise exactement le même principe sauf qu’on regarde quand les valeurs sont différentes. Si c’est le cas, on récupère la ligne des deux relations et on les concatène pour la nouvelle relation.

Dans un second lieu, il était temps de s’occuper de la division. C’est opérateur est souvent mal compris des étudiants, avoir un outil qui permet de vérifier les calculs pour les étudiants de licence 1 informatique de Besançon serait intéressant pour eux et leurs permettrait de mieux appréhender cet opérateur. Nous ne pouvions donc pas passer à côté de celui-ci. Dans les faits, cet opérateur fait plus peur qu’il n’en est. Pour effectuer les calculs, l’utilisateur saisit les deux relations avec lesquels il veut utiliser cet opérateur. On commence par regarder que le nombre de ligne de la relation diviseur ne soit pas plus élevé que celui de la relation dividende et on réalise la même opération pour les attributs. On prend les lignes de la relation diviseur, et on les fait parcourir sur les lignes des entêtes en commun entre les deux relations, si une ligne de la relation dividende n’est pas dans la relation diviseur on la supprime. Ensuite, on compte le nombre de ligne de la relation diviseur, et on compte le nombre d’occurrence de chaque valeur dans les attributs de la relation dividende qui ne sont pas dans la relation diviseur. Si ces nombres de lignes sont égaux, on garde cette valeur pour la relation résultat. Une esquisse du code est présente à la table des figures (figure 2) à la page X.

Les opérateurs plus complexes étant maintenant implémenter, l’utilisateur à tous les outils dans sa main pour réaliser toutes les simulations d’algèbre relationnelle qu’il souhaite.

### V. Convivialité & design

Pour qu’un site web soit attractif, il est important que celui-ci soit agréable à naviguer. Nous avons donc axé une partie de notre réflexion sur cet aspect.

Dans le sujet, il était spécifié de rendre certains éléments draggable, on a donc fait le choix de rendre chaque relation déplaçable, l’utilisateur aura donc la possibilité de les déplacer où il le souhaite sur la page. Dans la même lignée, il pourra réduire les relations grâce à un bouton réduction. Dans le cas où l’utilisateur possède de grande relation, il pourra réduire la table en question, il restera alors le haut de la relation. C’est-à-dire, la partie qui permet de déplacer la relation, comportant les boutons de modification, et la partie titre de la relation. C’est fonctionnalité donne à l’utilisateur un gain de place et de la convivialité au site. L’utilisateur peut aussi modifier le nom des relations en ouvrant le cadenas et en double cliquant sur l’espace réservé au nom des relations (voir figure3 dans la table des figures). Aussi, nous avons mis en place des boutons de modifications sur les tables. L’utilisateur peut ajouter des lignes et des colonnes. Il peut évidemment supprimer les lignes et les colonnes, une fois le cadenas de la relation ouvert, au survol de l’entête d’un attribut diverses boutons vont s’afficher, dont un qui permettra de supprimer la colonne choisie. Le même principe est mis en place pour les lignes, au survol de celle-ci, une croix rouge s’affichera à gauche de la ligne survolée. Par ailleurs, l’utilisateur, s’il le souhaite, peut trier les lignes des relations en fonctions des valeurs de la colonne choisis. Une fois le cadenas ouvert, et au survol de l’entête de la colonne souhaité pour trier, il y a deux boutons qui s’affichent : un pour trier de façon ascendante et un autre pour trier de façon descendante.

En outre, nous avons créé un style CSS très simple, l’important du projet était de réaliser un site fonctionnel de simulation d’algèbre relationnelle. Nous avons donc fait le choix, de créer des choses simples. Le cadenas est quelque chose de très visuel, s’il est activé on peut éditer les tables, sinon on ne peut que les déplacer. Aussi, nous avons une zone de saisi des requêtes qui sera expliqué au prochain point. Et bien évidemment, sur la droite il y a une zone pour voir les modèles présents dans le localstorage, l’utilisateur avec un simple clic peut recharger le modèle souhaiter ou le supprimer. A la sauvegarde d’un modèle, le site propose un nom de modèle et vérifie que celui-ci saisi n’est pas déjà enregistrer et vérifie que des caractères non autorisés n’ont pas été utilisé.

Ces fonctionnalités permettent de simplifier les tâches de l’utilisateur et de simplifier certaines implémentations dans le développement. Aussi, cela apport de la convivialité et de la simplicité à l’application.

### VI. Parser

### VII. Sécurité & tests

## B. Problèmes rencontrés et solutions apportées

# Résultats & état du projet

# Conclusion & perspectives