



BIENVENUE

2023-2024

PROJET ORIENTATION RAPPORT DE PROJET

ING1 GMF2

Naïm Zoghlami

Oscar Mesnildrey

Léo Renault

Noa Ducaroix--Lasseur

Mathieu Simond

Arthur Durand

Table des Matières

I – Introduction.....	3
II – Travail en équipe	4
A – Composition de l'équipe	4
B – Communication et collaboration de l'équipe	4
C – Répartition du travail et gestion du temps	4
D – Stratégies de résolution de problèmes et prise de décisions	4
E – Points forts et points faibles à améliorer	4
III - Les algorithmes d'affectation existants	6
A - Le problème de notre projet : “Le problème des mariages stables”	6
B - 1er Algorithme : “Affection au fur et à mesure”	6
C – 2ème Algorithme : Résolution du problème des “mariages stables” par GALE et SHAPLEY (1962).....	7
D - Synthèse de notre recherche	9
IV – Cahier des charges	11
A – Introduction.....	11
B - Fonctionnalités principales	11
C – Interface administrateur	11
D – Interface élève.....	11
E - Contraintes et fonctionnalités spécifiques	12
F - Visualisation des statistiques.....	12
G - Exigences techniques.....	12
H - Contraintes de développement	12
I - Critères de validation	12
V - Solution Conceptuelle	13
A – Modèle utilisé : “Algorithme de Gale et Shapley dans un cas particulier des mariages stables”	13
B - Diagramme d'activités.....	15
C - Contrainte/Solution : Voir le cahier des charges page10.....	15
VI – Bibliographie	16

I – Introduction

Dans le cadre de notre formation d'ingénieur au sein de l'Ecole d'ingénierie CY Tech, le projet de première année (ING 1) nous offre l'opportunité de développer des compétences pratiques et théoriques à travers des défis réels et complexes. Ce projet, intégré dans notre cursus académique, permet de conjuguer les connaissances acquises au cours de cette année scolaire avec les compétences nécessaires dans le monde professionnel, telle que la créativité, la gestion de projet, et la résolution de problèmes en équipe.

Le projet que nous présentons concerne la conception et le développement d'une application d'orientation pour les élèves en ING 2 à CY Tech, qui seront admis en troisième année (ING 3) avec différentes options spécialisées comme l'Intelligence Artificielle (IA), la Data Science, la Cybersécurité, etc. Chaque option a un nombre limité de places, ce qui crée un défi particulier : répartir équitablement les places entre les élèves, basée principalement sur leurs résultats académiques et les préférences personnelles.

Ce projet répond à un besoin crucial de l'école de permettre une transition fluide et juste entre les niveaux d'études, tout en assurant que chaque élève puisse poursuivre sa formation dans le domaine de son choix, selon ses aptitudes et ses aspirations. L'objectif est donc de développer une solution qui non seulement facilite ce processus, mais qui est également transparente, équitable et efficace.

Dans ce rapport, nous détaillerons le contexte et les enjeux du projet, ainsi que les objectifs spécifiques que notre application cherche à atteindre. Nous aborderons également l'approche méthodologique que nous avons adoptée pour concevoir et implémenter notre solution, en nous appuyant sur une étude approfondie des méthodes existantes et des technologies possibles.

II – Travail en équipe

A – Composition de l'équipe

Notre équipe, composée de 5 membres, bénéficie déjà d'une bonne entente, ce qui constitue un avantage dans la collaboration. En effet, après une année scolaire passé ensemble, nous sommes tous de bons amis, ce qui a permis à notre équipe de développer une communication efficace et une compréhension mutuelle profonde, facilitant ainsi la coordination et la collaboration sur des tâches complexes. Chacun des membres, Noa Ducaroix-Lasseur, Mathieu Simond, Arthur Durand, Léo Renault et Oscar Mesnildrey, apporte ses compétences et assume des responsabilités spécifiques dans le projet.

B – Communication et collaboration de l'équipe

Nous avons utilisé divers outils et méthodes pour faciliter la communication et la collaboration au sein de l'équipe. Tout d'abord, nous avons organisé des réunions chaque jour en classe ou en ligne via des plateformes telles que zoom ou des réseaux sociaux tel que WhatsApp afin de discuter de notre avancée, des progrès, des problèmes rencontrés et des décisions à prendre. De plus, nous avons utilisé des outils de gestion de projet tel que GitHub pour suivre les tâches assignées à chaque membre de l'équipe et leur état d'avancement. Pour terminer, nous avons maintenu une communication quotidienne via des messageries instantanées comme Discord ou WhatsApp pour des discussions rapides et des clarifications.

C – Répartition du travail et gestion du temps

La répartition des tâches s'est faite de manière équilibrée en fonction des compétences et des disponibilités de chaque membre de l'équipe. Nous avons tous commencé de travailler avant les vacances de février sur le projet. Nous avons établi un planning de développement avec des échéances pour chaque étape du projet, ce qui nous a permis de suivre notre progression et de respecter les délais.

D – Stratégies de résolution de problèmes et prise de décisions

En cas de problèmes ou de défis rencontrés, nous avons adopté une approche collaborative en discutant ouvertement des solutions possibles et en prenant des décisions ensemble. Nous avons également fait appel à des ressources en ligne, des forums et des documentations pour trouver des solutions à des problèmes techniques spécifiques.

E – Points forts et points faibles à améliorer

Nos principaux points forts résident dans notre capacité à collaborer efficacement en équipe, à communiquer de manière transparente et à résoudre les problèmes de manière proactive. Cependant, nous avons identifié la nécessité d'améliorer notre gestion du temps et notre capacité à anticiper certains défis techniques dès le début du projet.

Cette analyse nous a permis de mieux comprendre notre dynamique de travail en équipe et de tirer des enseignements précieux pour la suite du projet.

III - Les algorithmes d'affectation existants

A - Le problème de notre projet : “Le problème des mariages stables”

Le problème des mariages stables consiste à former des couples entre des hommes et des femmes. Chaque homme a une liste de préférences de femmes, et chaque femme a une liste de préférences d'hommes. Le but est de former des couples homme/femme de telle sorte que cet ensemble de couples soit stable. Cela signifie qu'il n'existe aucun homme $H1$ qui préférerait être avec une femme $F1$, tandis que cette femme $F1$ préférerait être avec l'homme $H1$.

Notre problème est donc un cas particulier des mariages stables. En effet, ici les hommes sont les élèves : les prétendants et les femmes sont les options (=les vœux) : les choisisseurs. La particularité réside d'une part dans le fait que notre problème est dissymétrique car les élèves prétendent, les options choisissent, ce détail est important car il influe sur la solution stable trouvée via l'algorithme de Gale et Shapley que l'on explicitera après. D'autre part elle réside dans le fait que les options (=les vœux) ont la même liste de préférence car dans notre cas, elles classent les élèves selon leur moyenne générale. Dans le cas général il se pourrait que ces options n'aient pas la même liste de préférence notamment si elles n'appliquent pas les mêmes coefficients à chaque matière. Notre problème est donc plus simple.

Maintenant que l'on a formalisé notre problème, étudions les différentes solutions de ce problème.

B - 1er Algorithme : “Affection au fur et à mesure”

Cet algorithme était utilisé aux Etats-Unis dès 1950 pour affecter les étudiants en médecine au sein des hôpitaux du pays. Reprenons cet algorithme dans le cas de notre problème.

1. On classe les élèves suivant leur 1er vœu, donc 1 vœu = 1 classement
2. En fonction de leur moyenne générale ils sont soit acceptés soit refusé
3. Ensuite pour ceux refusé on passe à leur deuxième vœu et on répète le processus

Problème : Le problème est que l'on classe les élèves au sein des vœux, il peut donc y avoir une situation où un élève ayant une moins bonne moyenne soit accepté dans un vœu alors qu'un autre ayant une meilleure moyenne soit refusé. On se trouve dans une situation instable.

Exemple concret d'aboutissement à une situation instable :

Candidat n°1 : Alice 18 de moyenne générale

Candidat n°2 : Bob 11 de moyenne générale

Candidat n°3 : Corine 15 de moyenne générale

Les 3 options disponibles sont vœuA, vœuB et vœuC. Chaque option(=vœu) a 1 place disponible.

Liste Vœux Alice : 1. vœuB 2. vœuA 3. vœuC

Liste Vœux Bob : 1. vœuA 2. vœuB 3. vœuC

Liste Vœux Corine : 1. vœuB 2. vœuA 3. vœuC

1er Tour : On regarde les 1ers vœux

- Bob est le seul à avoir mis vœuA en premier vœu donc il est pris.
- Alice et Corine ont toutes les deux mis vœuB en 1er vœu or Alice a une meilleure moyenne que Corine ($18 > 15$) donc Alice est prise au vœuB. Et Corine est recalée.

2ème Tour : On regarde le 2ème vœu des élèves recalés à leur 1er vœu

- Corine a mis vœuA en 2ème vœu or ce dernier est plein (Bob est déjà pris à ce vœu et il n'y a qu'une place !)

3ème Tour : On regarde les 3ème vœu des élèves recalés à leur 2ème vœu

- Corine est finalement acceptée au vœuC

Finalement on se retrouve avec Corine qui aurait préféré avoir le vœuA ayant une meilleure moyenne que Bob qui lui a eu le vœuA. Cette situation est instable car les options (=vœu) voulant les meilleurs élèves vœuA aurait préféré avoir Corine.

En effet, il ne faut pas que le classement dépende de l'ordre des vœux mais uniquement des moyennes générales des étudiants. C'est la raison pour laquelle nous avons pris la décision de ne pas utiliser cet algorithme. De plus il pousse les candidats à élaborer des stratégies lors de son classement des vœux, à s'auto-censurer. On dit que la procédure est manipulable. Or notre algorithme doit pousser les élèves à être honnête sur leur préférence !

C – 2ème Algorithme : Résolution du problème des “mariages stables” par GALE et SHAPLEY (1962)

Cet algorithme permet de donner une solution stable (pas forcément unique) au problème des mariages stables. Voici une version adaptée à notre problème :

1. On choisit un élève qui n'a pas été affecté à une option
2. On affecte provisoirement cet élève dans la filière qu'il préfère
3. On recommence l'étape 1 avec un autre étudiant jusqu'à ce qu'il y ait un conflit (plus assez de place dans la filière choisie) ; dans ce cas, on regarde tous les étudiants affectés

dans la filière et on élimine le moins bien classé de cette filière. Cet étudiant est éliminé définitivement de la filière en question et affecté provisoirement dans la filière de son second choix (ou troisième s'il était affecté dans la filière de son deuxième choix et ainsi de suite)

4. On itère à partir de l'étape 1 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'élève sans option

On répète l'étape 1 jusqu'à ne plus trouver d'élève sans filière attribuée. C'est à dire lorsque tous les élèves ont été affectés. Il reprend l'idée du 1er Algorithme : ***"Affection au fur et à mesure"*** mais cette fois les affectations sont provisoires et ainsi à chaque tour on converge vers une solution optimale.

Cet algorithme est désormais la référence en termes d'affectation des élèves. Il est largement utilisé et adapté à des besoins spécifiques. Prenons le cas de Parcoursup et Affelnet.

Cas Parcoursup :

L'algorithme de Gale et Shapley est l'algorithme utilisé par Parcoursup depuis 2018 pour les choix de parcours post bac. Cet algorithme n'intègre aucun facteur aléatoire, c'est ce que nous recherchons. Voici son fonctionnement :

1. Chaque étudiant commence par sélectionner les vœux qui l'intéresse.
2. Chaque formation évalue les candidatures des étudiants selon leurs critères d'admission.
3. Dans un premier temps, la formation offre une admission aux premiers étudiants classés.
4. Si un étudiant est admis à plusieurs formations, il accepte (provisoirement) son vœu préféré et rejette les autres.
5. Si une formation a encore des places libres, elle fait une deuxième phase d'admission et propose à nouveau des places aux étudiants les mieux classés. Et ainsi de suite.
6. Le processus continue jusqu'à ce que tous les étudiants soient affectés à une formation et que toutes les formations soient complètes.

Ici Parcoursup utilise différemment l'algorithme de Gale et Shapley. En effet, d'une part les formations ont chacune des critères différents donc ont des listes de préférences différentes contrairement à notre problème. D'autre part, Parcoursup inverse les rôles des choisisseurs et des prétendants, ici les élèves choisissent et les formations prétendent. Gale et Shapley ont montré que cette situation favorise les prétendants plutôt que les choisisseurs.

Cas Affelnet :

Affelnet est un algorithme développé par le ministère de l'Éducation Nationale et de la Jeunesse. Il est utilisé pour l'affectation des collégiens dans leur futur lycée, une fois le passage en classe de Seconde approuvé. L'algorithme prend en compte plusieurs critères pour l'affectation des futurs lycéens. Voici les principaux critères :

1. Le domicile de l'élève est un critère de proximité pour déterminer les établissements scolaires disponibles.
2. Le classement des vœux de l'élève : Chaque élève émet une liste de vœux, hiérarchisés, pour les établissements dans lesquels il souhaite être affecté. Un bonus de point est accordé au premier lycée choisi par l'élève.
3. Les capacités d'accueil des établissements : L'algorithme prend en compte le nombre de places disponibles dans chaque établissement afin d'optimiser les affectations.
4. Les résultats académiques : De bons à très bons résultats lors des évaluations périodiques de la classe de 3ème permettent à l'élève d'avoir plus de chances d'obtenir le lycée qu'il souhaite.
5. Critères spécifiques de certains établissements comme la situation familiale de l'élève par exemple.
6. L'Indice de Positionnement Social (IPS) : Ce bonus vise à favoriser les élèves issus de milieux sociaux défavorisés en leur accordant des places prioritaires dans les meilleurs lycées. En fonction de l'IPS de l'établissement de l'élève, un bonus de 0, 600 ou 1200 points lui est accordé. Ce "bonus" peut faire toute la différence pour les lycées de métropole, tels que les lycées parisiens.

Enfin, ces différents critères sont triés et calculés sur un système de points. Chaque critère est plus ou moins pondéré en fonction de l'académie.

Ici, Affelnet combine le 1er Algorithme : ***"Affection au fur et à mesure"*** et l'algorithme de ***Gale et Shapley***. En effet, la liste de préférence des établissements est influencé par la position de l'établissement dans la liste de préférence de l'élève. Les deux listes de préférences sont dépendantes. Ainsi le processus est manipulable.

D - Synthèse de notre recherche

Le problème des mariages stables, qui consiste à former des couples entre hommes et femmes de manière à obtenir une solution stable, où aucun couple n'a d'incitation à se séparer. Dans notre contexte, les hommes représentent les élèves et les femmes les options disponibles pour eux. Une particularité de notre problème est son caractère dissymétrique : les élèves font des demandes tandis que les options choisissent, ce qui influence la solution stable. Dans notre

cas, les options ont la même liste de préférence en classant les élèves selon leur moyenne générale, mais cela pourrait différer dans d'autres contextes.

Deux algorithmes ont été étudiés pour résoudre ce problème. Le premier, "Affectation au fur et à mesure", classe les élèves en fonction de leurs choix et moyennes, mais peut aboutir à des situations instables où des élèves moins bien classés sont sélectionnés au détriment de ceux mieux classés. Le second, développé par Gale et Shapley, utilise un processus itératif pour attribuer provisoirement les options aux élèves en fonction de leurs préférences. Il permet d'aboutir à une des solutions stables existantes. Ce dernier algorithme est désormais la norme pour l'affectation des élèves, et il est largement utilisé dans des applications telles que Parcoursup et Affelnet.

La solution va dépendre d'une part des critères de sélection qui aboutissent à la liste de préférence des formations, ces critères peuvent dépendre des listes de préférences des élèves et donc aboutir à un processus manipulable comme pour Affelnet. D'autre part il dépend de la façon dont l'algorithme de Gale et Shapley est utilisé, car les rôles des prétendants et des choisisseurs ont un impact sur la solution finale comme pour Parcoursup.

IV – Cahier des charges

A – Introduction

Objectif : Développer une application d'orientation des élèves permettant l'affectation automatique des options en fonction de leur liste de vœux classé par préférence, de leur filière et d'un critère spécifié par l'administrateur permettant une relation d'ordre entre les élèves (dans notre cas particulier la moyenne générale).

B - Fonctionnalités principales

- Système d'affectation automatisé des élèves dans les options en fonction d'un critère sélectif (dans notre cas la moyenne générale).
- Gestion des formations par l'administrateur : ajout, suppression, modification des formations avec des places limitées et des critères d'éligibilités (CLASS vœux).
- Importation des données depuis un fichier JSON contenant les moyennes et les filières pour éviter la saisie manuelle.
- Permettre aux élèves de saisir leur liste de préférence contenant auxquelles ils sont éligibles.

C – Interface administrateur

- Ajout, suppression, et modification des formations et de leurs critères de sélection.
- Activation/désactivation de l'option de remplissage des fiches de vœux des élèves.
- Lancement de l'opération d'orientation.

D – Interface élève

- Consultation des options disponibles selon l'éligibilité de l'élève.
- Remplissage et confirmation des fiches de vœux triées par ordre de préférence.
- Consultation des résultats d'orientation (option retenue, options non retenues).

E - Contraintes et fonctionnalités spécifiques

- Tous les élèves doivent classer tous les vœux disponibles afin d'éviter un mécanisme de choix par défaut
- Gestion des élèves à 3 niveaux : école, filière (donnant droit à des vœux(=option) spécifiques) et l'individu (l'élève).
- La somme des places disponibles dans les filières est égale au nombre d'élèves, ainsi pas d'élève sans vœux à la fin du processus, car les élèves ont classé TOUS les vœux.
- Une instance de la classe 'vœux' n'est disponible que pour une filière. Si l'administrateur souhaite qu'une option soit disponible pour plusieurs filières, il créera un vœu identique pour chaque filière. Permettant ainsi d'avoir un nombre de place disponible PAR filière car la sélectivité se fait intra-filière et non inter-filière.

F - Visualisation des statistiques

- Affichage d'histogrammes pour visualiser les options les plus demandées.
- Affichage des pourcentages d'élèves ayant obtenu leur premier choix, deuxième choix, ou dernier choix.

G - Exigences techniques

- Développement d'une application flexible et adaptable.
- Utilisation de technologies adaptées pour le stockage et la manipulation des données

H - Contraintes de développement

- Respect des délais.
- Sécurité des données et respect de la confidentialité des informations des élèves.
- Optimiser la complexité de nos algorithmes

I - Critères de validation

- Réalisation des tests de performance et de sécurité.
- Approbation finale par le responsable des orientations.

V - Solution Conceptuelle

A – Modèle utilisé : “Algorithme de Gale et Shapley dans un cas particulier des mariages stables”

Cet algorithme tient compte des particularités de notre problème. Puisque dans notre cas les listes de préférences des options sont les mêmes : classement décroissant des élèves suivant leur moyenne générale. Alors nous avons simplifié l’algorithme de Gale et Shapley en préservant la stabilité de la solution et la non manipulabilité du processus. Permettant d’aboutir au même résultat que Gale et Shapley avec une complexité moindre.

Voici l’algorithme que nous avons élaboré :

1. On classe les étudiants dans l’ordre décroissant par rapport à leur moyenne générale.
2. On prend le 1er candidat de la liste triée.
3. On affecte le candidat au premier vœu de sa liste ayant une place disponible, on décrémente le nombre de place disponible pour ce vœu et on enlève ce candidat de la liste triée.
4. On réitère à partir de l’étape 2 jusqu’à ce qu’il n’y ait plus d’élève sans option.

Puisque la liste de préférence des options est la même pour chaque option, on peut donc classer les étudiants, en réalité on classe les listes de préférences de chaque étudiant. **Ainsi on simplifie l’algorithme de Gale et Shapley car au lieu de commencer par tirer aléatoirement un étudiant sans filière, on tire à chaque tour le meilleur élève n’ayant pas encore été affecté à une filière. Ainsi on sait qu’il ne remplacera personne car c’est le moins bon des élèves ayant déjà été affecté. De ce fait on réduit considérablement la complexité de notre algorithme.**

Démonstration :

Appliquons l’algorithme de Gale-Shapley où on remplace l’étape 1 par “1. On prend le meilleur étudiant (au sens du critère) qui n’a pas de filière”.

1. On prend le meilleur étudiant (au sens du critère) qui n’a pas de filière.
2. On affecte provisoirement cet élève dans la filière qu’il préfère

3. On recommence l'étape 1 avec un autre étudiant jusqu'à ce qu'il y ait un conflit (plus assez de place dans la filière choisie) ; dans ce cas, on regarde tous les étudiants affectés dans la filière et on élimine le moins bien classé de cette filière. Cet étudiant est éliminé définitivement de la filière en question et affecté provisoirement dans la filière de son second choix (ou troisième s'il était affecté dans la filière de son deuxième choix et ainsi de suite)
4. On itère à partir de l'étape 1 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'élève sans option

Ainsi, l'étape 1 revient à :

- “1. On classe les étudiants dans l'ordre décroissant par rapport à leur moyenne générale.*
- 2. On prend le 1er candidat de la liste triée.”*

Dans l'étape 2, on place définitivement l'élève s'il y a de place car on sait que les élèves suivants auront une moyenne générale inférieure donc on n'aura pas de remplacement.

Dans l'étape 3, S'il n'y a plus de place, inutile d'aller vérifier s'il y a des élèves ayant une moyenne inférieure car les élèves déjà affectés étaient avant dans la liste ce qui veut dire qu'ils avaient une meilleure moyenne donc pas de remplacement à nouveau. Donc on peut affecter l'élève en question au prochain vœu de sa liste ayant une place disponible.

Ce qui donne :

- “3. On affecte le candidat au premier vœu de sa liste ayant une place disponible, on décrémente le nombre de place disponible pour ce vœu et on enlève ce candidat de la liste triée.*
- 4. On réitère à partir de l'étape 2 jusqu'à ce qu'il n'y ait plus d'élève sans option.”*

La complexité de cet algorithme est $\Theta(n(\log(n)+m))$. En effet, la meilleure complexité du tri des candidats est celle d'un tri fusion ou du tri rapide, à savoir $\Theta(n \log(n))$. La complexité du parcours de la liste des vœux pour chaque candidat est $\Theta(n \cdot m)$ (avec n candidats et m vœux). Contrairement à l'algorithme de Gale et Shapley qui est en $O(n^2)$.

B - Diagramme d'activités

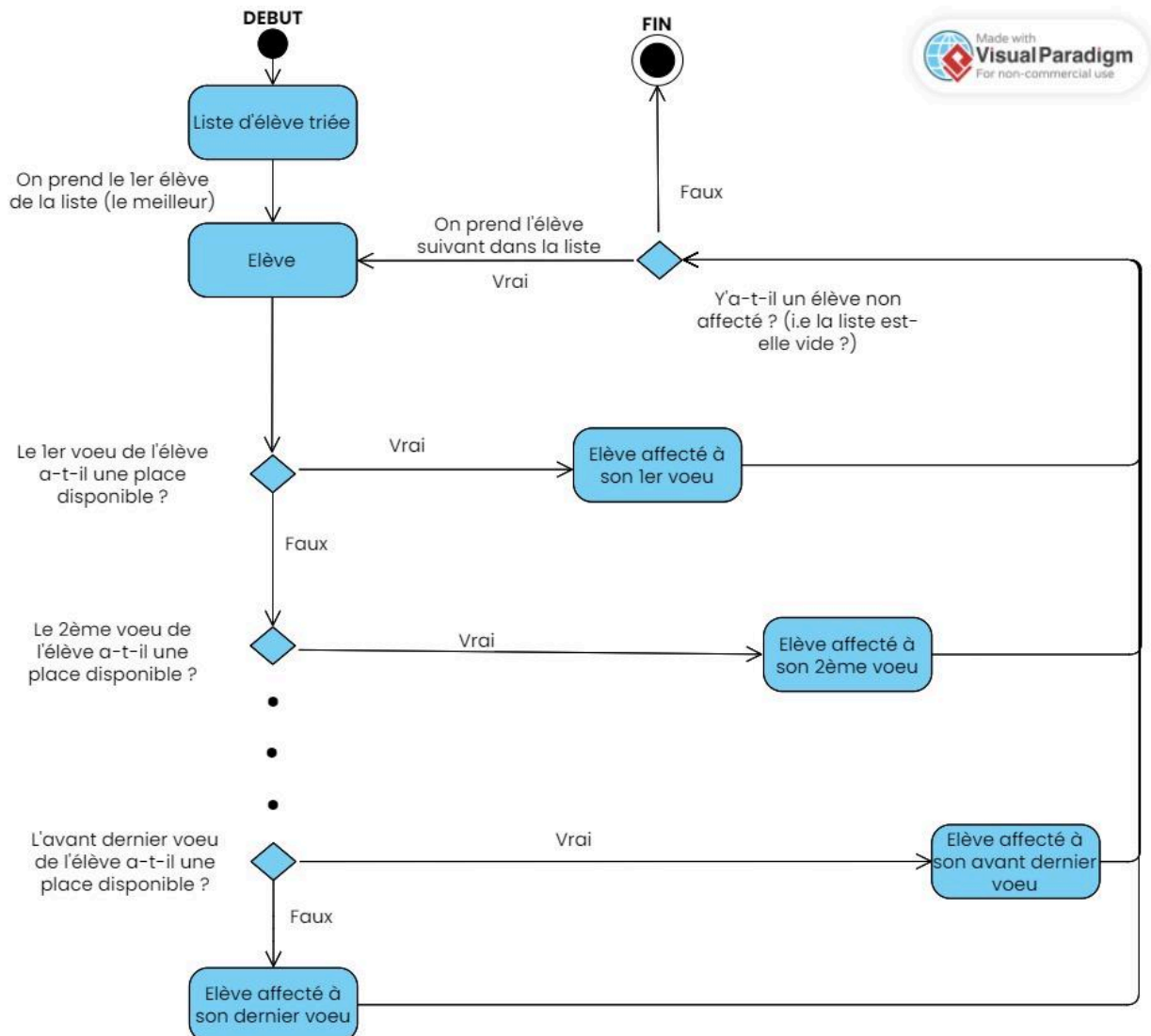


Diagramme d'activité de notre algorithme

Quelques précisions sur ce diagramme, les 3 points symbolise le fait que le processus est répété à chaque vœux tant qu'on ne trouve pas une place. Pour le dernier vœu inutile de regarder s'il y a de la place car on sait que chaque élève à une place (i.e. pas d'élève sans option à la fin de l'orientation).

C - Contrainte/Solution : Voir le cahier des charges page10

VI – Bibliographie

- Problème des mariages stables :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Probl%C3%A8me_des_mariages_stables
- Résolution du problème des mariages stables :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_de_Gale_et_Shapley
- Problème adapté au cas des affectations universitaires :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Algorithme_d%27affectation_de_candidats_apr%C3%A8s_concours_multiples
- Algorithme d'affectation avec liste de préférence unique des élèves et des formations :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Amphith%C3%A9%C3%A2tre_de_garnison
- <https://le-m-verbatem.fr/les-algorithmes-au-service-de-lorientation/#:~:text=Cet%20algorithme%20a%20%C3%A9t%C3%A9%20con%C3%A7u,en%20reformer%20un%20plus%20optimal.>
- Histoire des algorithmes d'affectations :
<https://www.youtube.com/watch?v=dO1pLi2Dedw>
- Cas ParcourSup : <https://www.lemonde.fr/blog/binaire/lalgorithme-de-gale-shapley/>
- Cas ParcourSup : <https://blog.generationzebree.fr/blog/algorithme-parcoursup-vrai-ou-faux/>
- Problème des colocataires :
https://fr.wikipedia.org/wiki/Probl%C3%A8me_des_colocataires
- Algo Mariages stables : <https://datascientest.com/mariages-stables-parcoursup>
- Algo Affelnet : <https://www.ipesup.fr/blog/2024/03/21/affelnet-comment-fonctionne-lalgorithme-d'affectation-des-collegiens/#:~:text=Affelnet%2C%20acronyme%20de%20%C2%AB%20Affectation%20des,en%20classe%20de%20Seconde%20approuv%C3%A9.>