



N° Réf :.....

Centre Universitaire Abdelhafid Boussouf Mila

Institut des Sciences et Technologies

Département de Mathématiques et Informatique

Mémoire préparé en vue de l'obtention du diplôme de Master

En : Informatique

Spécialité : Sciences et Technologies de l'information et de Communication (STIC)

Conception et réalisation d'un système de gestion et d'aide à la décision pour un établissement d'enseignement privé.

Préparé par :

Zouaghi Antar

Boufes Noufel

Soutenue devant le jury :

Président	: Mr BESSOUF Hakim	Grade : M.A.A
Examineur	: Mr MERABET Adil	Grade : M.A.A
Encadreur	: Mme ZEKIOUK Mounira	Grade : M.A.A

Année Universitaire : 2022/2023

Remerciement :

En préambule à ce mémoire nous souhaitons adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apportées leurs aides et qui ont contribué à l'élaboration ainsi qu'à la réussite de cette année universitaire.

Nous tenons à remercier sincèrement **Mme Zekiouk Mounira**, qui en tant qu'encadreur, s'est toujours montrée à l'écoute et très disponible tout au long de la rédaction, sans oublier les membres du jury qui évaluera notre travail: **Mr BESSOUF Hakim et Mr MERABET Adil**. Ainsi que les enseignants qui ont contribué à notre formation et appuyés notre cursus universitaire, et le personnel administratif du département d'informatique.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à nos familles et ami(e)s, pour leur soutien et encouragements tout au long de la réalisation de ce projet car ils nous ont toujours supportés moralement et financièrement pendant toutes nos années d'études.

Merci à tous et à toutes

Résumé :

Les nouvelles technologies ont eu un impact significatif sur les entreprises en transformant leur façon de communiquer, de travailler, de gérer les données et de s'adapter à l'environnement économique. Les entreprises ont adopté ces technologies modernes pour transformer leurs systèmes de gestion classiques en des systèmes d'aide à la décision plus efficaces.

L'Intelligence Artificielle, l'apprentissage automatique ainsi que les méthodes d'optimisation et d'analyse de données sont quelques-unes des technologies qui ont transformé les systèmes de gestion classiques des entreprises.

Notre projet vise à développer un système de gestion renforcé par des fonctionnalités d'aide à la décision pour les établissements d'enseignement privé, en utilisant des méthodes d'apprentissage automatique et d'optimisation. Trois fonctionnalités sont au cœur de notre travail : le regroupement des élèves par clustering, la prédiction des performances et l'optimisation des itinéraires de ramassage.

Pour concevoir notre solution, nous avons adopté une approche de développement multiprocessus basée sur trois processus issus de trois domaines différents : *UP*, *CRISP* et *PGO*. Les algorithmes de clustering, de classification et d'optimisation sont au cœur de notre application. L'implémentation des fonctionnalités de notre système repose sur une gamme variée de langages de programmation et d'outils de développement tels que Laravel, Python, MySQL ainsi que des APIs de cartographie.

Mots clés : établissement d'enseignement, aide à la décision, apprentissage automatique, clustering, classification, UP, CRISP, PGO, Laravel, Python.

Abstract:

New technologies have had a significant impact on businesses by transforming their way of communicating, working, managing data, and adapting to the economic environment. Companies have adopted these modern technologies to transform their classical management systems into more efficient decision-making systems.

Artificial Intelligence, machine learning, as well as optimization and data analysis methods are some of the technologies that have transformed classical management systems of companies.

Our project aims to develop a management system reinforced by decision-making functionalities for private educational institutions, using machine learning and optimization methods. Three key features are at the core of our work: student clustering, performance prediction, and route optimization for pickup.

To design our solution, we have adopted a multiprocess development approach based on three processes from three different domains: UP, CRISP, and PGO. Clustering, classification, and optimization algorithms are at the heart of our application. The implementation of our system's functionalities relies on a variety of programming languages and development tools such as Laravel, Python, MySQL, as well as mapping APIs, and is reinforced by efficient operators to improve its performance and functionalities.

Keywords: educational institution, decision-making support, machine learning, clustering, classification, UP, CRISP, PGO, Laravel, Pyth

Table des matières :

Table des matières.....	IV
Liste des figures	VIII
Liste des tableaux	XII
Liste des Acronymes	XIV
Introduction générale.....	1

Chapitre1 : Les établissements d'enseignement : Entre la simple gestion et l'aide à la décision

1. Introduction.....	4
2. Les établissements d'enseignement.....	4
2.1. Définition	4
2.2. Missions des établissements d'enseignement.....	4
2.3. Types d'établissements d'enseignement	4
3. Tâches administratives dans un établissement d'enseignement	5
4. L'informatisation des tâches dans les établissements d'enseignement	5
4.1. Gestion non informatisée	5
4.2. Gestion basée sur les tableaux simples	6
4.3. Gestion basée sur des modules de stockage et de visualisation	6
4.4. Gestion basée sur des modules évolués d'aide à la décision	6
4.5. L'intégration des nouvelles technologies dans la gestion des établissements d'enseignement	6
4.5.1. L'intégration de l'apprentissage automatique dans les établissements d'enseignement	7
4.5.2. L'intégration des techniques d'optimisation dans les établissements d'enseignement.....	8
5. L'informatique dans les établissements d'enseignement Algériens.....	8
5.1. État actuel de l'informatisation au sein des écoles en Algérie	9
5.2. Les projets à venir pour l'informatisation des écoles en Algérie.....	9
5.2.1. Projet national de numérisation	9
5.2.2. Projet national de modernisation à base de technologies récentes	10
6. Conclusion.....	10

Chapitre2 : Présentation du projet : Objectifs, Frontières et Processus du développement

1. Introduction.....	12
2. Objectif principal du projet.....	12
3. Frontières fonctionnelles du projet.....	12
3.1. Besoins liés à l'aide à la décision.....	12
3.1.1. La formation des groupes d'élèves basée sur les similarités.....	12
3.1.2. La prédiction de performances des élèves.....	12
3.1.3. L'optimisation de tournées de ramassage.....	13
3.2. Besoins liés à la gestion classique.....	13
4. Formes d'aide à la décision envisagées.....	14
5. Processus de développement adopté.....	14
5.1. Processus UP simplifié.....	15
5.2. Le processus CRISP.....	16
5.3. Processus générique d'optimisation.....	18
6. Conclusion.....	18

Chapitre3 : Du besoin à la conception

1. Introduction.....	21
2. Spécification des exigences d'après les cas d'utilisations.....	21
2.1. Identification des acteurs.....	21
2.2. Identification des cas d'utilisation par acteur.....	21
2.3. Affinement du diagramme de cas d'utilisation.....	25
3. Spécification détaillée des exigences.....	28
3.1. Description textuelle.....	28
4. Réalisation des cas d'utilisation.....	53
4.1. Identification des classes du domaine.....	53
4.2. Diagramme de classes participantes.....	56
5. Conception objet.....	61

5.1. Diagramme de séquence détaillé.....	61
5.2. Diagramme de classes global.....	69
5.3. Passage vers le relationnel	71
5.3.1. Règle de passage.....	71
5.3.2. Modèle relationnel.....	71
6. Conclusion.....	72

Chapitre 4 : Préparation des modules d'aide à la décision : Clustering, Classification et Optimisation

1. Introduction.....	75
2. La formation de groupes d'élèves par similarité.....	75
2.1. Compréhension du problème.....	75
2.2. Compréhension des données.....	75
2.3. Préparation des données.....	75
2.4. Modélisation.....	76
3. La prédiction de la performance des élèves.....	77
3.1. Compréhension du problème.....	79
3.2. Compréhension des données.....	79
3.3. Préparation des données.....	80
3.4. Modélisation.....	82
4. La génération des tournées de ramassage.....	83
4.1. Définition du problème.....	88
4.2. Modélisation.....	88
4.3. Choix et adaptation des méthodes de résolution.....	89
4.4. Implémentation et récupération de la matrice de distance.....	90
4.5. Vérification et évaluation.....	93
5. Conclusion.....	93

Chapitre 5 : Implémentation des interfaces et intégration des modules d'aide à la décision

1. Introduction.....	95
2. Langages de programmation et outils de développement utilisés.....	95

2.1. HTML.....	95
2.2. JavaScript.....	95
2.3. PHP.....	95
2.4. Python.....	96
2.5. MySQL.....	96
2.6. Bootstrap.....	97
2.7. Laravel.....	97
2.8. WampServer.....	97
2.9. Geoapify Location Platform.....	98
3. Intégration des modules d'aide à la décision.....	98
3.1. Le clustering.....	98
3.2. Prédiction des performances.....	101
3.3. Génération des chemins de ramassages.....	105
4. Conclusion.....	109
Conclusion général.....	110
Référence bibliographiques.....	112
Index.....	114

Liste des figures :

Figure 2-1 : Approche de développement multi_ processus.....	15
Figure 2-2 : les étapes du processus UP simplifié.	16
Figure 2-3 : les étapes du processus CRISP.....	17
Figure 2-4 : étapes de processus générique d'optimisation PGM0.....	18
Figure 3.1 : diagramme de cas d'utilisation (partie1).....	25
Figure 3.2 : diagramme de cas d'utilisation (partie2).....	26
Figure 3.3 : diagramme de cas d'utilisation (partie3)	27
Figure 3.4 : diagramme de séquence du cas s'authentifier.....	28
Figure 3.5 : diagramme de séquence du cas consulter information de l'école.....	29
Figure 3.6 : diagramme de séquence du cas consulter les annonces de recrutement.....	30
Figure 3.7 : diagramme de séquence du cas postuler.....	31
Figure 3.8 : diagramme de séquence du cas Faire une préinscription.....	32
Figure 3.9 : diagramme de séquence du cas Gestion des annonces de recrutements.....	33
Figure 3.10 : diagramme de séquence cas ajouter annonce de recrutement.....	34
Figure 3.11 : diagramme de séquence du cas Modifier annonce.....	35
Figure 3.12 : diagramme de séquence du cas supprimer annonce de recrutement.	36
Figure 3.13 : diagramme de séquence du cas Consulter les listes des candidatures.....	37
Figure 3.14 : diagramme de séquence du cas Consulter les listes trier des candidatures.	38
Figure 3.15 : diagramme de séquence du cas répondre (accepter/refuser)	39
Figure 3.16 : diagramme de séquence du cas Consulter les préinscriptions	40
Figure 3.17 : diagramme de séquence du cas réinviter visiteur.....	41
Figure 3.18 : diagramme de séquence du cas faire une inscription finale.....	42
Figure 3.19 : diagramme de séquence du cas consulter le tableau de bord global.....	43
Figure 3.20 : diagramme de séquence du cas Génération des clusters.....	44
Figure 3.21 : diagramme de séquence du cas formation des groupe/clustering.....	45
Figure 3.22 : diagramme de séquence du cas saisir les suivis des élèves.....	46
Figure 3.23 : diagramme de séquence du cas consulter les suivis.....	47

Figure 3.24 : diagramme de séquence du cas prédire la performance.....	48
Figure 3.25 : diagramme de séquence cas signaler l'absence de son enfant.....	49
Figure 3.26 : diagramme de séquence du cas Générer les tournées de ramassages.....	51
Figure 3.27 : diagramme de séquence du cas Consulter son chemin.	52
Figure 3.28 : relation annonce candidature.....	53
Figure 3.29 : relation élèves adresse.	53
Figure 3.30 : relation parent élève.....	54
Figure 3.31 : relation élève groupe.....	54
Figure 3.32 : relation absence élèves.	54
Figure 3.33 : relation suivi élève.	55
Figure 3.34 : relation suivi enseignant suivi.....	55
Figure 3.35 : relation séance groupe enseignant module.....	55
Figure 3.36 : relation route adresse.....	56
Figure 3.37 : diagramme de classes participantes du cas consulter annonce.....	56
Figure 3.38 : diagramme de classes participantes du cas gestion des annonces de	57
Figure 3.39 : diagramme de classes participantes du cas consulter préinscriptions.....	57
Figure 3.40 : diagramme de classes participantes du cas consulter tableau de bord.....	58
Figure 3.41 : diagramme de classes participantes du cas consulter préinscriptions	58
Figure 3.42 : diagramme de classes participantes du cas saisir suivi.....	59
Figure 3.43 : diagramme de classes participantes du cas générer chemin du ramassage.....	59
Figure 3.44 : diagramme de classes participantes du cas prédire performance.....	60
Figure 3.45 : diagramme de classes participantes du cas générer cluster.....	60
Figure 3.46 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter annonces.....	61
Figure 3.47 : diagramme de séquence détaillé du cas postuler.....	61
Figure 3.48 : diagramme de séquence détaillé du cas gestion des annonces.....	62
Figure 3.49 : diagramme de séquence détaillé du cas ajouter annonce.....	62
Figure 3.50 : diagramme de séquence détaillé du cas modifier annonce.....	63
Figure 3.51 : diagramme de séquence détaillé du cas supprimer annonce.....	63
Figure 3.52 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter candidature.....	64
Figure 3.53 : diagramme de séquence détaillé du cas trier candidature.....	65

Figure 3.54 : diagramme de séquence détaillé du cas réponse- email.....	65
Figure 3.55 : diagramme de séquence détaillé du cas télécharger CV.....	65
Figure 3.56 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter tableau de bord.....	66
Figure 5.57 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter préinscription	66
Figure 3.58 : diagramme de séquence détaillé du cas réinvité visiteur.....	67
Figure 3.59 : diagramme de séquence détaillé du cas générer cluster.....	67
Figure 3.60 : diagramme de séquence détaillé du cas former les groupe	68
Figure 3.61 : diagramme de séquence détaillé du cas prédire performance.....	68
Figure 3.62 : diagramme de séquence détaillé du cas générer les chemins du ramassage.....	69
Figure 3.63 : Diagramme de classe globale à base de classes de conception.....	70
Figure 4.1 : extrait de dataset de clustering.....	77
Figure 4.2 : encodé de dataset de clustering.....	77
Figure 4.3 : code d'importation des bibliothèques des algorithmes DBSCAN et KMEANS	78
Figure 4.4 : code d'instanciation et lancement de clustering.....	78
Figure 4.5 : résultat de clustering des deux algorithmes.....	79
Figure 4.6 : dataset utilisé.....	81
Figure 4.7 : code de codage des données vers numérique.....	82
Figure 4.8 : code de génération des données d'entraînement et de test.....	83
Figure 4.9 : Importation des bibliothèques en python.....	83
Figure 4.10 : Code d'instancier les modèles.....	84
Figure 4.11 : Code d'entraînement et prédiction en utilise Régression Logistique.....	84
Figure 4.12 : Code d'entraînement et prédiction en utilise L'arbre de décision.....	84
Figure 4.13 : Code d'entraînement et prédiction en utilise Random Forest Classifier.....	85
Figure 4.14 : Code d'entraînement et prédiction en utilise GaussienNB.....	85
Figure 4.15 : Code d'entraînement et prédiction en utilise SVC.....	85
Figure 4.16 : Code d'entraînement et prédiction en utilise GBC.....	86
Figure 4.17 : code de calcul des Accuracy des modèles.....	86
Figure 4.18 : Sauvegarder les modèles (exportation Modèles)	87
Figure 4.19 : Préparation des données pour test.....	87
Figure 4.20 : Résultat du test en utilise deux modèles déferents.....	88

Figure 4.21 : schéma illustratif du problème de ramassage.....	88
Figure 4.22 : schéma de la recherche locale itérative.....	90
Figure 4.23 : La matrice de distances du Geoapify API.....	91
Figure 4.24 : Récupération de la matrice de distances envoyée par l'API Geoapify.....	91
Figure 5.1 : HTML logo.....	95
Figure 5.2 : JavaScript logo.....	95
Figure 5.3 : PHP logo.....	95
Figure 5.4 : Python logo.....	96
Figure 5.5 : MySQL logo.....	96
Figure 5.6 : Bootstrap logo.....	97
Figure 5.7 : Laravel Framework logo.....	97
Figure 5.8 : WampServer logo.....	97
Figure 5.9 : Geoapify Map service.....	98
Figure 5.10 : Schéma d'intégration du module de clustering.....	99
Figure 5.11 : Interface des compétences des élèves.....	99
Figure 5.12 : Interface du filtre de clustering.....	100
Figure 5.13 : Code de récupération des données et appel de module de clustering.....	100
Figure 5.14 : Interface résultat de clustering.....	101
Figure 5.15 : Schéma d'intégration du module de prédiction.....	101
Figure 5.16 : Interface de formulaire du suivi élèves.....	102
Figure 5.17 : Code du Chargement du modèle de prédiction et récupération des résultats...	102
Figure 5.18 : résultat de prédiction.....	103
Figure 5.19 : Schéma d'intégration du module d'optimisation.....	103
Figure 5.20 : Interface d'enregistrement des coordonnées cartographiques des adresses...	104
Figure 5.21 : code de récupération de la matrice de distance.....	104
Figure 5.22 : affichage textuel de la solution.....	105
Figure 5.23 : affichage des tournées de ramassage sur geoapify MAP.....	105
Figure 5.24 : interface chauffeur : liste des élèves dans sa route et le chemin sur le MAP...	106
Figure 5.25 : interface des préinscriptions.....	106
Figure 5.26 : interface des annonces de recrutement.....	107

Figure 5.27 : interface des Candidatures de recrutement.....	107
Figure 5.28 : interface Dashboard du Directeur.....	108
Figure 5.29 : interface Emploi de temps d'enfant du parent.....	108
Figure 5.30 : interface gestion du compte pour l'administrateur.....	109

Liste des tableaux :

Tableau 2-1 : récapitulation des fonctionnalités d'aide à la décision.....	14
Tableau 3.1 : Cas d'utilisateur du visiteur.....	22
Tableau 3.2 : Cas d'utilisation du responsable de recrutement.....	22
Tableau 3.3 : Cas d'utilisation du directeur.....	22
Tableau 3.4 : Cas d'utilisation du secrétaire.....	22
Tableau 3.5 : cas d'utilisation du responsable pédagogique.....	23
Tableau 3.6 : Cas d'utilisation de l'enseignant.....	23
Tableau 3.7 : cas d'utilisation du conseiller d'orientation.....	23
Tableau 3.8 : cas d'utilisation des parents.....	24
Tableau 3.9 : cas d'utilisation du responsable de transport.....	24
Tableau 3.10 : cas d'utilisation du chauffeur.....	24
Tableau 3.11 : cas d'utilisation de l'administrateur.....	24
Tableau 3.12 : description textuelle du cas s'authentifier.....	28
Tableau 3.13 : description textuelle du cas consulter information de l'école.....	29
Tableau 3.14 : description textuelle du cas consulter les annonces de recrutement.....	30
Tableau 3.15 : description textuelle du cas Postuler.....	31
Tableau 3.16 : description textuelle du cas Faire une préinscription.....	32
Tableau 3.17 : description textuelle du cas Gestion des annonces de recrutements.....	33
Tableau 3.18 : description textuelle du cas ajouter annonce de recrutement	34
Tableau 3.19 : description textuelle du cas Modifier annonce.....	35
Tableau 3.20 : description textuelle du cas supprimer annonce de recrutement.....	36
Tableau 3.21 : description textuelle du cas Consulter les listes des candidatures.....	37
Tableau 3.22 : description textuelle du cas Consulter les listes trier des candidatures.....	38
Tableau 3.23 : description textuelle du cas répondre (accepter/refuser).....	39
Tableau 3.24 : description textuelle du cas Consulter les préinscriptions	40
Tableau 3.25 : description textuelle du cas réinviter visiteur.....	41
Tableau 3.26 : description textuelle du cas faire une inscription finale.....	42
Tableau 3.27 : description textuelle du cas consulter le tableau de bord global.....	43
Tableau 3.28 : description textuelle du cas Génération des clusters.....	44

Tableau 3.29 : description textuelle du cas formation des	45
Tableau 3.30 : description textuelle du cas saisir les suivis des élèves.....	46
Tableau 3.31 : description textuelle du cas consulter les suivis.....	47
Tableau 3.32 : description textuelle du cas prédire la performance.....	48
Tableau 3.33 : description textuelle du cas signaler l'absence de son enfant.....	49
Tableau 3.34 : description textuelle du cas Générer les tournées de ramassages.....	50
Tableau 3.35 : description textuelle du cas Consulter son chemin.....	51
Tableau 4.1 : liste des attributs sélectionnés pour le clustering.....	75
Tableau 4.2 : les attributs du dataset utilisé.....	80
Tableau 4.3 : Tableau des attributs sélectionné.....	81
Tableau 4.4 : Résultat d'exemple exécution.....	92

Liste des Acronymes :

CRISP	Cross Industry Standard Process for data mining
UP	Unified process
PGO	Processus générale d'optimisation
DBSCAN	Density-Based Spatial Clustering of Applications with Noise
LR	Logistic Regression
DTC	Data tree décision
RFC	Random Forest Classifier
GNB	Gaussian Naive Bayes,
SVC	Support Vector Classifier

Introduction générale

La technologie a eu un impact considérable sur la vie humaine et sur les entreprises ces dernières décennies. Elle a révolutionné la manière dont nous communiquons, travaillons, apprenons, divertissons et même dont nous interagissons avec le monde qui nous entoure. En somme, la technologie a transformé la manière dont nous vivons, et son impact s'étend à tous les domaines de la vie humaine, des sciences et de l'industrie à la médecine et à l'éducation, en passant par l'agriculture, la finance, les transports et l'environnement. La technologie a permis des avancées considérables dans ces domaines, en permettant des pratiques plus efficaces, plus rapides et plus précises.

De nombreuses entreprises ont pris conscience de l'importance de la technologie pour améliorer leurs systèmes de gestion classiques. Ainsi, elles ont commencé à intégrer des outils technologiques modernes tels que les modules de prédiction et de traitement des données basés sur les techniques d'apprentissage automatique, les plateformes de gestion basées sur les techniques de cloud computing ou de blockchain, ainsi que les outils d'analyse de données basés sur les techniques d'optimisation, entre autres.

Le domaine de l'éducation, en général, et les établissements d'enseignement, en particulier, sont parmi les entreprises qui cherchent à profiter des avantages des nouvelles technologies pour moderniser leurs systèmes de gestion classique. Ces établissements utilisent de plus en plus les technologies de l'IA et de l'apprentissage automatique, ainsi que les méthodes d'optimisation et d'analyse de données, pour améliorer leurs tâches de gestion, afin d'assurer une meilleure expérience d'apprentissage aux élèves. Dans ce contexte, on peut dire que les établissements d'enseignement tendent vers la transformation de leur système de gestion classique vers des systèmes plus modernes basés sur des fonctionnalités d'aide à la décision plus efficace.

Tout comme de nombreux pays à travers le monde, le gouvernement algérien a également lancé des projets visant à améliorer le secteur de l'éducation et de l'enseignement. Ces initiatives ont pour objectif d'inviter tous les acteurs du domaine à collaborer en vue d'améliorer les méthodes de gestion des administrations des établissements scolaire en intégrant au maximum les technologies et les techniques efficaces. Notre objectif s'intègre dans cette démarche globale menée autour de l'amélioration du secteur de l'éducation et de l'enseignement algérien.

Notre projet vise à développer un système de gestion consolidé par des fonctionnalités d'aide à la décision pour les établissements d'enseignement privé en utilisant les nouvelles technologies telles que les méthodes d'apprentissage automatique et d'optimisation. Étant donné le grand nombre de fonctionnalités qui nécessitent des modules d'aide à la décision dans les établissements d'enseignement, nous avons décidé de nous concentrer sur un nombre réduit de fonctionnalités, en plus des fonctionnalités de gestion classiques : le clustering des étudiants, la prédiction de performance et l'optimisation des chemins de ramassage.

Ce mémoire est organisé en cinq chapitres comme suit :

- **Chapitre1 : les établissements d'enseignement :** Ce chapitre se concentre sur les établissements scolaires, en explorant différents aspects clés tels que leur définition, leurs missions et l'historique de l'informatisation des tâches administratives dans les administrations scolaires
- **Chapitre2 : « Présentation du projet »** Ce chapitre est consacré à la présentation des objectifs et des frontières fonctionnelles de notre système, ainsi qu'à l'exposition de l'approche de développement multiprocessus adoptée pour la modélisation du système
- **Chapitre3 : « Du besoin à la conception »** Ce chapitre présente les différentes étapes de modélisation de notre application en utilisant le processus UP simplifié et les modèles d'UML.
- **Chapitre4 : « Préparation des modules d'aide à la décision »** Ce chapitre explore les algorithmes clés et les datasets utilisés pour implémenter les fonctionnalités d'aide à la décision de notre système,
- **Chapitre5 : « implémentation »** présente les outils et les langages de programmation utilisés pour la réalisation de notre application.
- **Index :** l'index résume le fonctionnement des algorithmes utilisés dans le projet.

Chapitre1 :

Les établissements d'enseignement :

Entre la simple gestion et l'aide à la
décision

1. Introduction

Ce chapitre se concentre sur les établissements d'enseignement, en explorant différents aspects clés tels que leur définition, leurs missions et l'historique de l'informatisation des tâches administratives dans les administrations d'enseignement. Nous examinerons également comment les nouvelles technologies ont été intégrées dans les systèmes de gestion des établissements d'enseignement. En outre, nous nous pencherons sur l'état actuel des applications de gestion de ces établissements en Algérie, en mettant en évidence les initiatives futures lancées par l'état pour moderniser la gestion des écoles.

2. Les établissements d'enseignement

2.1.Définition

Un établissement scolaire est une structure organisée où se déroule l'enseignement et l'apprentissage. C'est un lieu physique où les élèves se rendent régulièrement pour suivre des cours dispensés par des enseignants.[1] Ces établissements peuvent varier en taille, en niveau d'enseignement et en organisation, mais leur objectif principal est de fournir une éducation formelle aux étudiants.[2]

2.2.Missions des établissements d'enseignement

L'école possède 3 missions principales [3] :

- ✓ **instruire** : faire acquérir des connaissances et des méthodes de travail.
- ✓ **former** : préparer les enfants à leur vie d'adulte, faire acquérir des savoirs, savoir-faire et savoir-être, notamment grâce au socle commun
- ✓ **éduquer** : transmettre et faire vivre les valeurs de solidarité, démocratie, entraide, coopération, respect mutuel, la responsabilité pour préparer l'enfant à sa vie de citoyen.

2.3.Type des établissements d'enseignement

Les établissements scolaires peuvent être classés selon différents critères, tels que le niveau d'enseignement et la structure organisationnelle. Pour le niveau d'enseignement nous distinguons [4] :

- ✓ **établissements maternelles** : Elles accueillent les enfants de 3 à 6 ans pour une initiation précoce à l'éducation.
- ✓ **Etablissement primaires** : Elles comprennent les classes de Cours Préparatoire jusqu'au Cours Moyen et dispensent un enseignement de base dans différentes matières.
- ✓ **Collèges** : Ils regroupent les classes avancées et offrent un enseignement plus approfondi et diversifié.
- ✓ **Lycées** : Ils proposent des filières générales, technologiques ou professionnelles. Les lycées généraux préparent les élèves au baccalauréat, tandis que les lycées technologiques et professionnels se concentrent sur des domaines spécifiques.

- ✓ **Établissements d'enseignement spécialisés** : Ils accueillent des élèves ayant des besoins éducatifs particuliers, tels que les écoles pour les élèves en situation de handicap ou les établissements pour les élèves à haut potentiel.

Pour la structure organisationnelle nous distinguons [5] :

- ✓ **établissement scolaire public** : est une institution éducative financée et gérée par l'État ou les autorités publiques. Ces écoles sont ouvertes à tous les élèves sans distinction et leur mission principale est de fournir une éducation de qualité et accessible à tous.
- ✓ **Établissement privé** : Ils sont gérés par des entités privées et proposent des programmes éducatifs moyennant des frais de scolarité. Ils peuvent couvrir différents niveaux d'enseignement, du primaire à l'université.

3. Tâches administratives dans un établissement d'enseignement

L'administration d'un établissement scolaire est responsable d'un large éventail de tâches administratives visant à soutenir le bon fonctionnement de l'école. Cela comprend [6] :

- ✓ la gestion des inscriptions des élèves, la tenue des dossiers et des données administratives des élèves et enseignants,
- ✓ la coordination des emplois du temps des enseignants et des étudiants,
- ✓ la gestion des ressources matérielles et financières
- ✓ la communication avec les parents et les autorités scolaires,
- ✓ la planification des événements scolaires et de recrutement des employés.

De plus, l'administration gère les ressources liées au transport scolaire et à la cantine, en veillant à l'efficacité des itinéraires, à la sécurité des élèves et à la fourniture de repas sains

4. L'informatisation des tâches dans les établissements scolaires

Au fil des années, les établissements scolaires ont connu une évolution significative dans leurs outils de gestion. De la gestion manuelle et non automatisée à l'utilisation d'applications et de systèmes de gestion avancés, les établissements scolaires ont cherché à améliorer leur efficacité et leur productivité.[7]

Dans cette section, nous explorerons cette transition, en examinant les défis auxquels les établissements scolaires étaient confrontés avec la gestion manuelle, ainsi que les avantages apportés par l'introduction de technologies et d'outils informatisés.

4.1. Gestion non informatisée

Au début, la gestion des établissements scolaires était largement manuelle et non informatisée. Les tâches administratives telles que la gestion des inscriptions, des emplois du temps, des notes et des dossiers des élèves étaient principalement effectuées à l'aide de documents papier et de registres manuels. Cela impliquait un processus fastidieux avec des risques d'erreurs et de pertes de données.[7]

4.2.Gestion basée sur les tableaux simples

Dans les premiers stades de l'informatisation des établissements scolaires, certains outils simples tels que Excel, Access, FileMaker Pro et OpenOffice ont été largement utilisés pour améliorer la gestion administrative. Ces logiciels offraient une interface conviviale et une flexibilité dans la manipulation des données, ce qui les rendait attrayants pour les établissements scolaires. Cependant, leur utilisation était souvent limitée à des utilisateurs spécifiques possédant des compétences en informatique, et la collaboration entre les différents membres du personnel était parfois complexe.[8]

4.3.Gestion basée sur des modules de stockage et de visualisation

Au fil du temps, les premières véritables applications dédiées à la gestion des écoles ont été développées, offrant des fonctionnalités plus avancées et une approche intégrée de la gestion administrative. Ces applications ont introduit de nouveaux composants de stockage et de visualisation des données, permettant aux établissements scolaires de mieux comprendre et d'exploiter les informations relatives aux élèves, aux enseignants et aux ressources. Ces logiciels de gestion scolaire ont fourni des tableaux de bord intuitifs qui regroupaient les données dans des graphiques et des rapports interactifs.[7]

4.4.Gestion basée sur des modules évolués d'aide à la décision

Avec l'avènement de la technologie à grande échelle, les établissements scolaires d'aujourd'hui se tournent vers des systèmes d'aide à la décision qui vont bien au-delà de la simple gestion des données. Ces systèmes intègrent des fonctionnalités avancées d'analyse, de prédiction, de traitement et de visualisation, repoussant ainsi les limites en termes de stockage et d'affichage. Ils exploitent des modules d'optimisation, de segmentation, de classification, de composition et de sécurisation des données pour améliorer l'efficacité de la gestion des diverses tâches administratives. Cette nouvelle génération de systèmes de gestion et d'aide à la décision est renforcée par l'utilisation de nouvelles technologies.

4.5.l'intégration des nouvelles technologies dans la gestion des établissements scolaire

Les systèmes de gestion et d'aide à la décision utilisés dans les établissements scolaires actuels s'appuient sur les nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle, le cloud computing, la blockchain, l'apprentissage automatique ainsi que sur des techniques d'optimisation et de planification, parmi d'autres. L'objectif de l'intégration de ces technologies avancées est d'améliorer l'efficacité, la précision et la pertinence des processus administratifs et des prises de décision dans le domaine de l'éducation.[9]

Sachant que notre application propose une aide à la décision sous forme de modules d'optimisation et d'apprentissage automatique, nous discutons dans les sections suivantes de l'intégration de ces techniques avancées dans les systèmes de gestion des établissements scolaires

4.5.1. L'intégration de l'apprentissage automatique dans les établissements d'enseignement

L'introduction de l'apprentissage automatique dans la gestion des établissements scolaires offre de nombreuses opportunités pour améliorer l'efficacité, la prise de décision et l'expérience des élèves et du personnel éducatif. En exploitant les données disponibles dans les systèmes de gestion scolaire, l'apprentissage automatique permet d'extraire des informations précieuses, de détecter des modèles et de prendre des décisions éclairées.[10]

L'apprentissage automatique peut être utilisé de nombreuses façons dans la gestion des établissements scolaires. Voici les principales possibilités à l'heure actuelle :

- **Groupement des élèves basé sur les similarités**

La formation de groupes d'élèves basée sur les similarités est une pratique couramment utilisée dans de nombreux établissements d'enseignement à travers le monde. L'objectif de ce groupement est de fournir un enseignement adaptatif, c'est-à-dire de répondre aux besoins de chaque groupe d'élèves en créant des groupes homogènes en termes de compétences et d'aptitudes.[11]

L'apprentissage automatique offre une gamme complète de méthodes de regroupement (ou clustering en anglais) pour réaliser ce type de tâche, telles que Le k-means, Le regroupement hiérarchique, Le DBSCAN, Le modèle de mélange gaussien ..etc.

- **Prédiction de la performance des élèves :**

Le Machine Learning permet de prédire la performance d'un étudiant dans un cours en particulier ou sur l'ensemble des matières. Un système entraîné sur les données des précédents élèves peut déterminer si un élève risque d'échouer ou s'il a toutes ses chances de réussir.

La prédiction de la performance peut aider à identifier les élèves qui sont susceptibles de rencontrer des difficultés ou qui pourraient avoir besoin d'un soutien supplémentaire. En identifiant ces élèves à un stade précoce, les enseignants et les établissements scolaires peuvent mettre en place des interventions ciblées et adaptées pour les aider à réussir.[12]

- **Recommandation de ressources éducatives :**

La recommandation des ressources éducatives pour les élèves fait référence au processus par lequel des suggestions personnalisées sont fournies aux élèves pour les aider à trouver des ressources d'apprentissage pertinentes et adaptées à leurs besoins éducatifs. Ces ressources peuvent inclure des livres, des cours en ligne, des tutoriels vidéo, des exercices interactifs, des applications éducatives, des articles, des sites web éducatifs et bien plus encore.[14]

Les modules de recommandation utilisent des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser les caractéristiques de chaque élève, telles que les préférences d'apprentissage, les

performances passées, les intérêts déclarés, les interactions précédentes avec les ressources, et d'autres informations pertinentes.

- **Orientation intelligente des élèves :**

Les systèmes d'orientation classiques se concentrent principalement sur les performances académiques des élèves, en utilisant souvent des critères tels que les notes obtenues dans différentes matières pour déterminer leur orientation future. Cependant, les systèmes d'orientation intelligents vont au-delà de cette approche simpliste en intégrant une variété de paramètres supplémentaires et en utilisant des modèles d'apprentissage automatique pour analyser ces données de manière plus approfondie. [15]

4.5.2. l'intégration des techniques d'optimisation dans les établissements d'enseignement

Les établissements d'enseignement requièrent une utilisation massive des techniques d'optimisation pour gérer efficacement différentes tâches. Les techniques d'optimisation offrent des solutions précieuses pour résoudre des tâches complexes de manière efficiente et optimale.

En effet, plusieurs aspects de l'administration des établissements scolaires peuvent être formulés comme des problèmes d'optimisation.

- **La planification des horaires :**

L'élaboration des emplois du temps des enseignants et des élèves peut être considérée comme un problème d'optimisation où l'objectif est de maximiser l'utilisation des ressources (salles de classe, enseignants, etc.) tout en respectant les contraintes de disponibilité, les préférences des enseignants et des élèves [16]

- **L'ordonnancement des examens :**

La planification d'un calendrier d'examens sans conflits, en prenant en compte la disponibilité des salles, les contraintes de temps et les préférences des étudiants, peut être envisagée comme un problème d'optimisation visant à réduire les chevauchements d'examens et à maximiser l'efficacité de leur déroulement.[18]

- **La gestion du transport scolaire :**

La gestion optimale des itinéraires de transport scolaire peut être considérée comme un défi d'optimisation. L'objectif consiste à minimiser les distances parcourues, les temps de trajet et les coûts, tout en maximisant l'efficacité du service de transport pour les élèves.

5. l'informatique dans les établissements d'enseignements Algériens

Comme de nombreux secteurs qui cherchent à numériser et à utiliser les différentes technologies, le secteur de l'enseignement algérien souhaite également suivre cette voie.

Dans les deux sections suivantes, nous examinerons la situation actuelle de la numérisation et l'utilisation des nouvelles technologies dans les établissements algériens, ainsi que les différents projets lancés par le gouvernement pour encourager les acteurs du domaine à utiliser des techniques et des technologies efficaces afin d'assurer une expérience optimale pour tous les utilisateurs.

5.1.état actuel de l'informatisation au sein des écoles en Algérie

Selon les enquêtes réalisées par les spécialistes du domaine, il apparaît que les établissements algériens sont encore loin d'utiliser efficacement les technologies informatiques. En ce qui concerne la gestion administrative des établissements scolaires, quelques progrès ont été réalisés dans la numérisation des processus. Certaines écoles ont mis en place des systèmes informatisés pour gérer les emplois du temps, les notes des examens et la gestion des élèves. Cependant, il reste encore certaines tâches qui ne sont pas encore numérisées [18] :

- ✓ La gestion des absences est souvent effectuée manuellement par un agent qui doit faire le tour de toutes les classes pour les compter.
- ✓ Le suivi des élèves est généralement réalisé manuellement et sur papier par les enseignants.
- ✓ Les préinscriptions et les inscriptions finales sont toujours réalisées en présence physique de l'élève.
- ✓ La majorité des tâches d'optimisation et d'affectation des ressources sont encore réalisées à l'aide de tableaux Excel.

L'intégration des nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle, les techniques d'apprentissage automatique, le cloud computing, la blockchain, ainsi que les logiciels d'analyse et d'optimisation, dans les systèmes de gestion des établissements est encore largement en retard. Contrairement à de nombreux établissements scolaires à travers le monde qui progressent vers une gestion efficace et intelligente, les établissements en Algérie ont encore du chemin à parcourir dans ce domaine..[17]

5.2. Les projets à venir pour l'informatisation des écoles en Algérie

Pour atteindre le niveau des pays développés en termes d'utilisation des différentes technologies dans les établissements scolaires, le gouvernement algérien a lancé plusieurs programmes dans ce domaine.

5.2.1. Projet national de numérisation

Le Projet national de numérisation des administrations des établissements scolaires algériens vise à moderniser et améliorer l'efficacité des processus administratifs dans les établissements du pays. En adoptant des technologies numériques avancées, ce projet vise à faciliter la gestion des dossiers, la communication entre les différentes parties prenantes, et à simplifier les procédures administratives. L'objectif est de rendre les administrations scolaires plus efficaces, transparentes et accessibles, tout en réduisant la paperasse et les délais. Grâce à cette initiative, les établissements algériens pourront améliorer leur infrastructure informatique, former

leur personnel aux outils numériques et offrir une meilleure expérience aux étudiants, aux enseignants et aux parents [19]

5.2.2. Projet national de modernisation à base de technologies récentes

Le Projet national de modernisation à base de technologies dans les administrations des établissements d'enseignement est la deuxième phase du processus de transformation après la finalisation réussie du projet national de numérisation. Ayant atteint les objectifs initiaux de numérisation, ce nouveau projet vise à aller encore plus loin en introduisant des solutions technologiques avancées pour améliorer davantage les pratiques administratives dans les établissements d'enseignement. [18]

En combinant efficacement les nouvelles technologies telles que l'intelligence artificielle, l'apprentissage automatique, le cloud computing, la blockchain et les techniques d'analyse et d'optimisation des données, l'objectif principal de ce projet est de remplacer les anciens modules informatiques utilisés dans les administrations des établissements scolaires par des modules plus performants, intelligents et optimisés. [20]

6. Conclusion

En conclusion, ce chapitre a exploré en détail le concept des établissements scolaires, en mettant en évidence leur définition, leurs missions et l'incorporation croissante des nouvelles technologies dans leur gestion. Nous avons examiné comment l'informatisation des tâches administratives a pris de l'ampleur dans les établissements scolaires. Nous avons également porté notre attention sur l'état actuel des applications de gestion des établissements d'enseignement en Algérie.

Chapitre2 :

Présentation du projet :

Objectifs, Frontières et Processus du
développement

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les objectifs et les frontières de notre projet, qui vise à proposer une forme spécifique d'aide à la décision pour les écoles privées. Nous allons également décrire les processus et les méthodes de développement que nous allons utiliser pour construire notre système.

2. Objectif principal du projet

L'objectif de notre travail est de répondre aux besoins spécifiques des écoles privées en se concentrant sur les cas d'utilisation et les fonctionnalités de gestion qui nécessitent une aide à la décision informatisée.

Le choix des écoles privées comme champ d'application de notre système est motivé par la concurrence croissante des écoles privées en matière d'adoption d'objectifs de numérisation et de développement du secteur de l'éducation, initiée par le gouvernement. Pour ce faire, nous avons effectué des visites auprès de quelques écoles privées pour comprendre comment les systèmes existants sont utilisés et pour identifier les tâches où une aide à la décision est nécessaire.

3. Frontières fonctionnelles du projet

Notre projet ne prétend pas répondre à tous les besoins des écoles privées, car chaque école a des besoins et des priorités uniques. Cependant, nous nous sommes concentrés sur un ensemble spécifique de fonctionnalités que nous considérons comme essentielles pour les écoles privées.

3.1. Besoins liés à l'aide à la décision

Nos visites aux écoles privées et nos discussions avec les responsables nous ont permis d'identifier plusieurs besoins et tâches qui nécessitaient une aide à la décision informatisée. Dans le cadre de notre travail, nous allons concentrer nos efforts sur trois besoins spécifiques qui étaient particulièrement importants pour les écoles privées :

3.1.1. La formation des groupes d'élèves basée sur les similarités

- **Description :** La formation de groupes d'élèves basée sur les similarités est une pratique courante dans les écoles du monde entier. Cette méthode consiste à regrouper les élèves en fonction de leurs caractéristiques communes, telles que leur niveau en matières. En utilisant cette méthode, les enseignants peuvent mieux décider et adapter leur enseignement à chaque groupe d'élèves.
- **En pratique :** D'après nos observations dans les écoles que nous avons visitées, la formation des groupes d'élèves est généralement effectuée manuellement par un responsable pédagogique, en se basant sur des informations générales de niveaux et les caractéristiques

personnelles des élèves. Cependant, ce processus manuel peut parfois être sujet à des erreurs et à des biais, en particulier lorsque les informations utilisées sont limitées ou incomplètes.

3.1.2. La prédiction de performances des élèves

- **Description** : La prédiction de la performance des élèves revêt une importance cruciale dans les écoles privées, car elle permet de prévenir les échecs potentiels. En effet, les échecs des élèves peuvent avoir des répercussions négatives sur la réputation de l'école. Grâce à la prédiction précoce de la performance des élèves, les enseignants sont en mesure de prendre des décisions éclairées concernant l'orientation et l'aide nécessaires pour chaque étudiant avant les périodes des examens.
- **En pratique** : D'après nos visites dans les écoles privées, nous avons constaté que la prédiction de la performance des élèves est souvent réalisée de manière manuelle, lors de discussions et de réunions entre les enseignants et les responsables pédagogiques. Les enseignants évaluent les performances des élèves en fonction de plusieurs critères, tels que leur comportement, leurs participations et activités en classe. Ils partagent ensuite ces informations avec les responsables pédagogiques pour élaborer des plans d'action pour aider les élèves qui ont besoin d'un soutien supplémentaire. Cependant, ce processus manuel peut parfois être fastidieux et sujet à des erreurs, en particulier lorsque le nombre de matières et d'élèves est grand.

3.1.3. L'optimisation de tournées de ramassage

- **Description** : L'organisation des tournées de ramassage des élèves est un défi important pour les écoles qui offrent un service de transport scolaire. L'objectif est de minimiser les coûts de transport tout en offrant un service de qualité aux élèves.
- **En pratique** : Dans les écoles privées, nous avons constaté que l'optimisation des tournées de ramassage des élèves est généralement basée sur la connaissance approfondie du chauffeur des chemins à prendre pour chaque trajet. Cependant, cette méthode peut être limitée en termes d'efficacité et de précision.

Il existe également des écoles qui utilisent des outils de logistique et d'optimisation qui peuvent aider les écoles à planifier les itinéraires de ramassage des élèves de manière plus efficace. Cependant, dans certains cas, ces outils ne sont pas compatibles avec la base de données de l'école, ce qui peut rendre leur utilisation difficile.

3.2. Besoins liés à la gestion classique

En plus des fonctionnalités liées à l'aide à la décision, nous avons également identifié d'autres fonctionnalités classiques qui sont en relation directe avec les fonctionnalités d'aide à la décision :

- La gestion des préinscriptions/ inscriptions.

- La gestion des d'élèves/enseignant.
- La planification des emplois du temps.
- Le suivi des élèves.
- La gestion des recrutements.
- Gestion des communications parent/école et signalisation des absences.

Nous avons décidé d'implémenter ces fonctionnalités en leur apportant une touche moderne en utilisant des tableaux de bord interactifs

4. Formes d'aide à la décision envisagées

Après avoir identifié les besoins qui requièrent une assistance informatisée à la prise de décision dans les écoles, nous avons dressé dans le tableau ci-dessous une interprétation des problèmes à résoudre, ainsi que des exemples d'algorithmes utilisés pour résoudre chaque type de problème.

Les détails de résolution de chaque problème sont présentés dans le chapitre 4.

Besoin	Type de problème à résoudre	Exemples de méthodes de résolution
Formation de groupe d'élève	Segmentation (Apprentissage automatique non supervisé.)	Algorithme de clustering
Prédiction de la performance des élèves	Classification (Apprentissage automatique supervisé)	Algorithme de classification
Génération des tournées de ramassage	Optimisation (Vehicle Routing Problem)	algorithme d'optimisation

Tableau 2-1 : récapitulation des fonctionnalités d'aide à la décision

5. Processus de développement adopté

Compte tenu de la diversité des fonctionnalités de notre système, qui vont de la gestion simple à des fonctionnalités basées sur des techniques d'apprentissage automatique et d'optimisation, nous avons adopté une approche multiprocessus pour la modélisation et le traitement de ces fonctionnalités, afin de garantir une implémentation correcte et efficace de chacune d'elles.

Ainsi, pour répondre aux besoins de notre système, nous avons choisi d'utiliser trois processus différents, illustrés dans la figure suivante : pour la gestion classique, nous avons opté pour un processus simplifié du génie logiciel basé sur le processus **UP**, pour les fonctionnalités d'apprentissage automatique et surtout pour la prédiction de la performance des élèves, nous

allons adopter un processus lié au domaine du data science, **CRISP-DM**. Enfin, pour l'optimisation des tournées, nous avons opté pour le processus générique d'optimisation **PGO**.

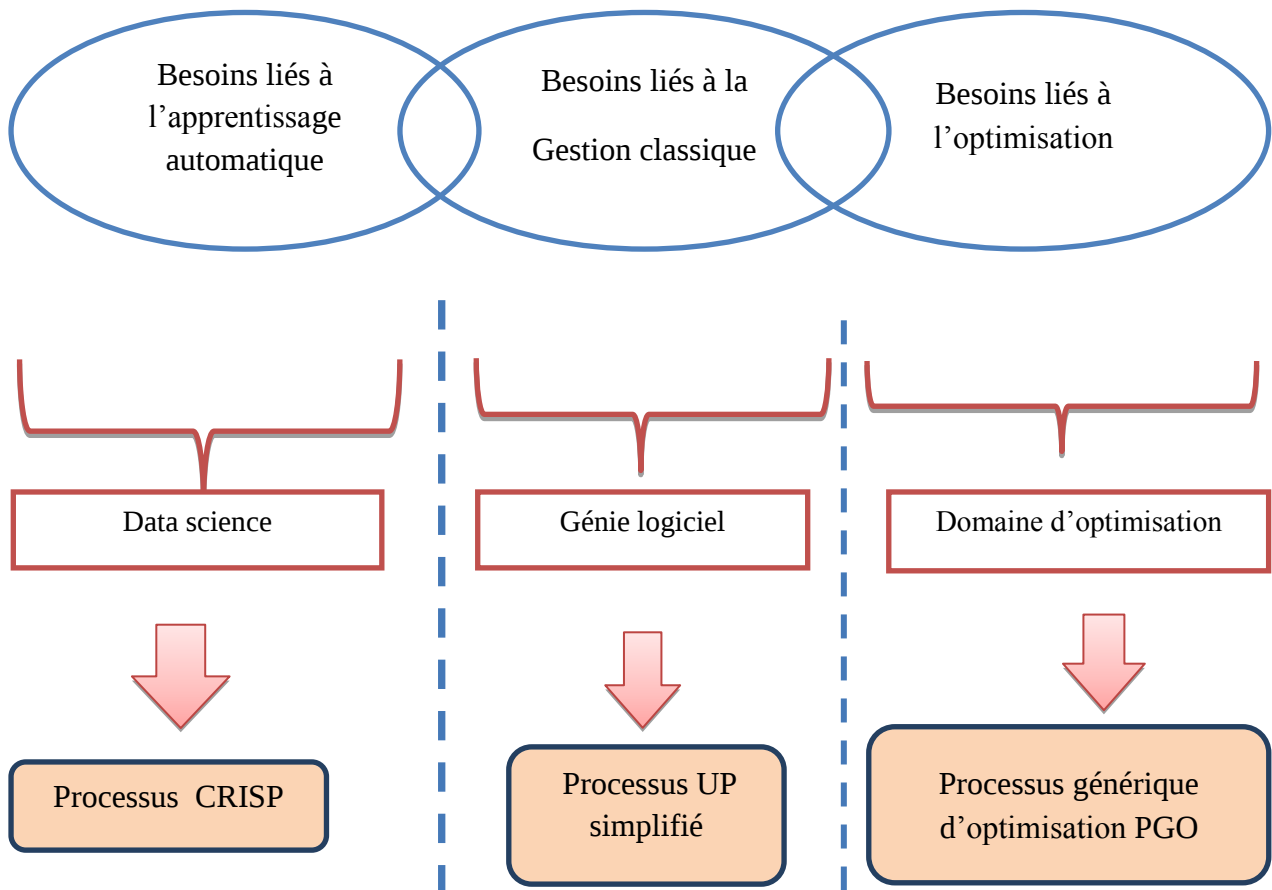
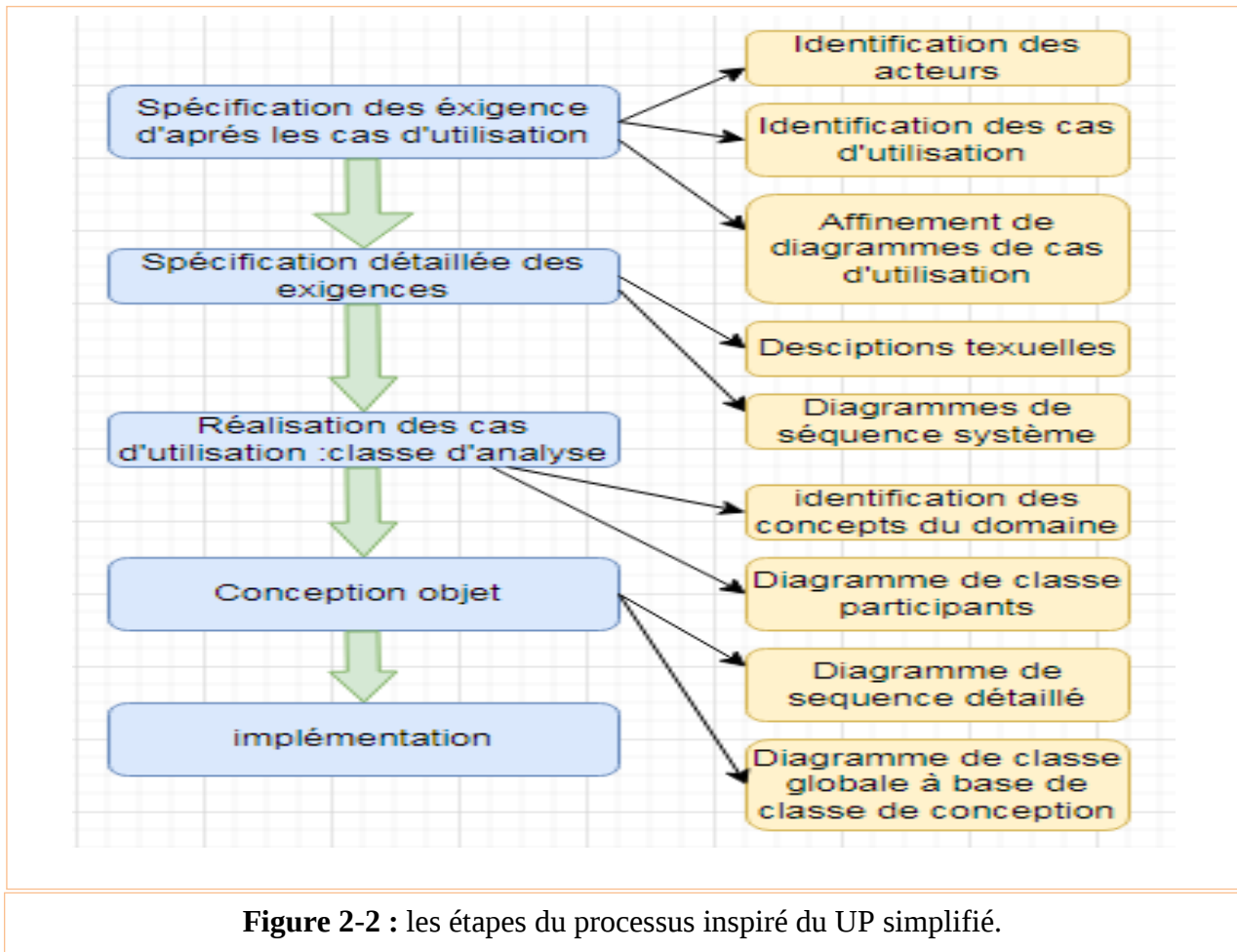


Figure 2-1 : Approche de développement multi_processus

5.1. Processus UP simplifié

Notre approche de modélisation s'inspire de la démarche proposée par Rock Pascal dans son ouvrage UML2 [23], qui s'appuie sur les caractéristiques du processus UP. Selon la description du livre, cette approche est basée sur les cas d'utilisation, comme UP et repose sur l'utilisation d'un sous-ensemble nécessaire et suffisant du langage UML

La figure ci-dessous illustre les différentes étapes de notre processus de modélisation ainsi que les diagrammes à élaborer pour chaque étape.



5.2. Le processus CRISP

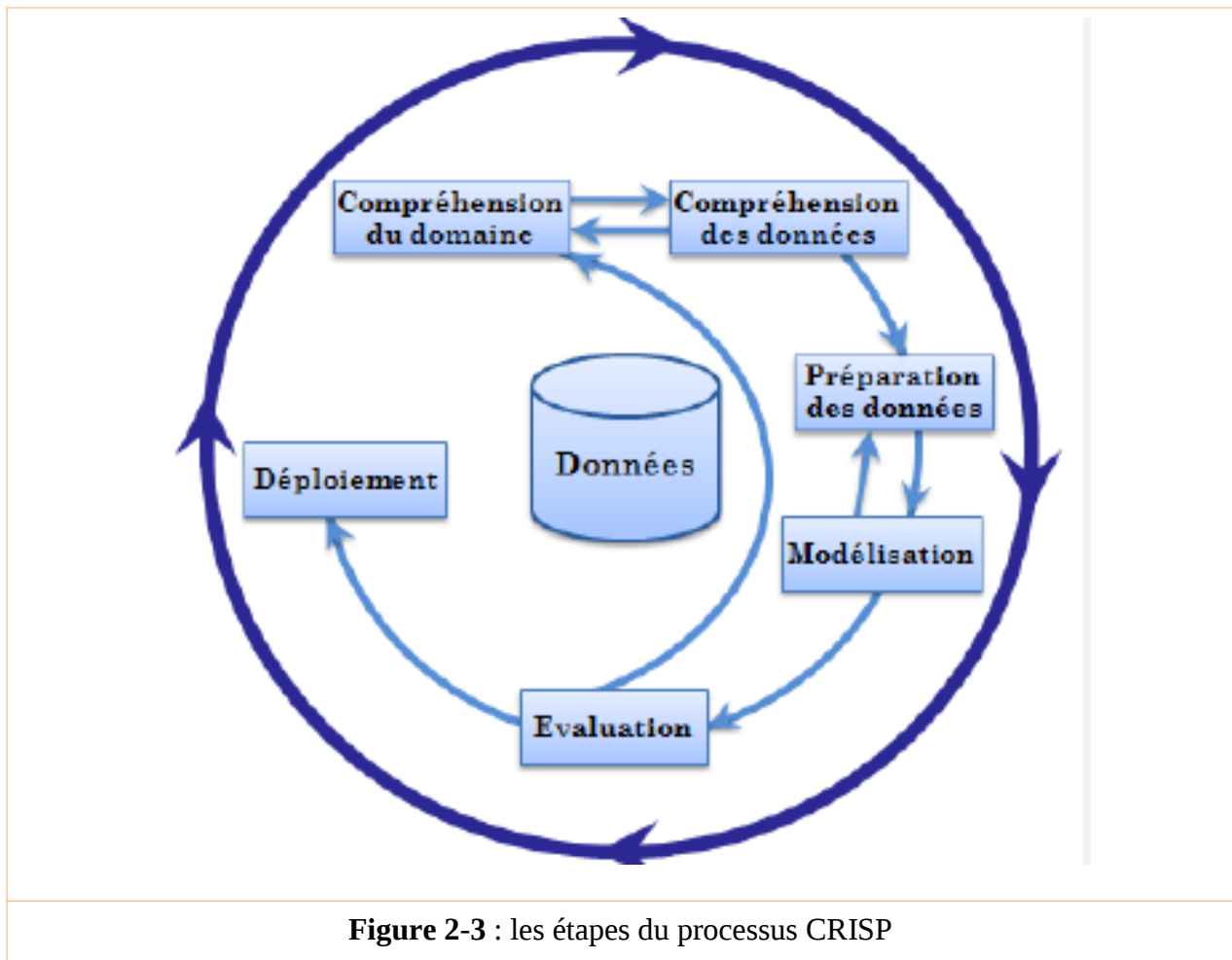
5.2.1. Définition

Comme tout projet d'informatique, les projets du data Science (apprentissage automatique) ont besoin d'un cadre. Cependant, les méthodologies et les processus classiques du génie logiciel ne s'appliquent pas ou très mal adapté à la Data Science. Parmi les méthodologies existantes dans ce domaine, CRISP est la plus couramment utilisée [21]

La méthode CRISP (initialement connue comme CRISP-DM (Cross Industry Standard Process for data mining) a été au départ développée par IBM dans les années 60 pour réaliser les projets Datamining. Elle reste aujourd'hui la seule méthode utilisable efficacement pour tous les projets Data Science.[22]

5.2.2. Etapes

La **méthode CRISP** se décompose en 6 étapes allant de la compréhension du problème au déploiement et la mise en production.[21]



- **La compréhension du domaine (problème):** La première étape consiste à bien comprendre les éléments métiers et la problématiques que la Data science vise à résoudre ou à améliorer.
- **La compréhension des données :** Cette phase a pour objectif de déterminer et de sélectionner avec précision les attributs et les données du problème, ainsi que d'établir le lien entre ces attributs et le problème à résoudre.
- **La préparation des données :** Cette phase de préparation des données regroupe les activités liées à la construction du data set. Elle inclut ainsi le nettoyage des données, et surtout leur encodage pour les rendre compatibles avec les algorithmes qui seront utilisés.
- **La modélisation:** C'est la phase de l'apprentissage automatique proprement dite. La modélisation comprend le choix, le paramétrage et le test de différents algorithmes ainsi que leur enchaînement, qui constitue un modèle.
- **L'évaluation :** L'évaluation vise à vérifier et comparer les modèles obtenus afin de s'assurer qu'ils répondent aux objectifs formulés au début du processus. Elle contribue aussi à la décision de déploiement du meilleur modèle en fonction de plusieurs paramètres.
- **Le déploiement (intégration) :** Il s'agit de l'étape finale du processus. Elle consiste en une mise en production pour les utilisateurs finaux des modèles obtenus.

5.3. Processus générique d'optimisation

Pour la résolution du problème de ramassage d'élèves, nous avons décidé de suivre les étapes du processus d'optimisation générique PGO, composé des six étapes suivantes [24] :

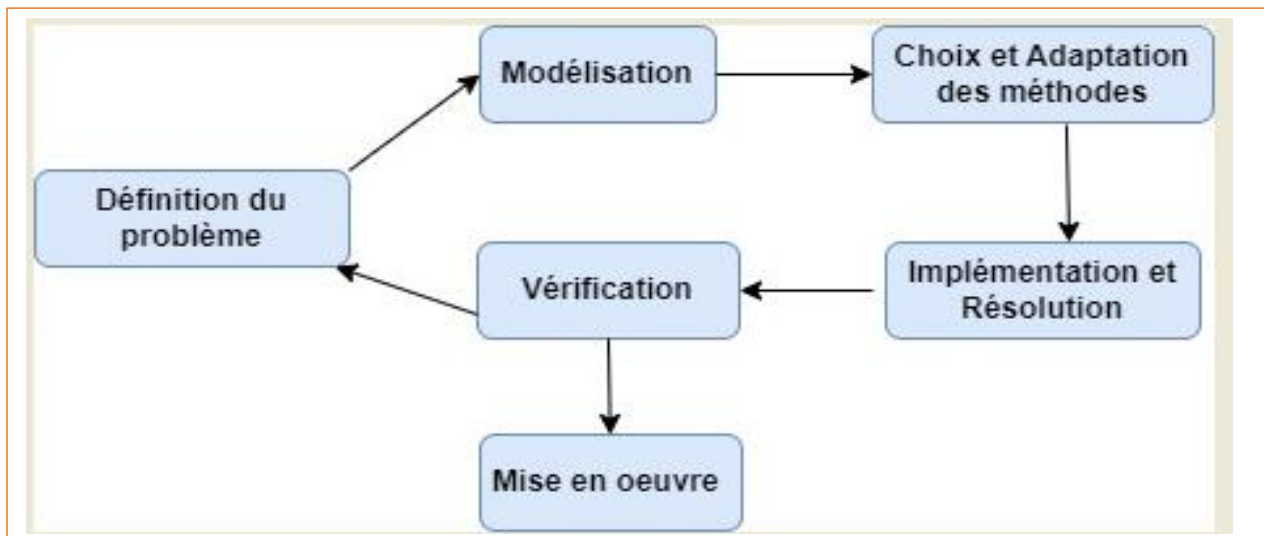


Figure 2-4 : étapes de processus générique d'optimisation PGO

- **Définition du problème** : Cette étape consiste à comprendre le problème à résoudre et à définir clairement les objectifs à atteindre.
- **Modélisation** : À cette étape, le problème est formulé mathématiquement en une fonction d'objectif à maximiser ou minimiser, tout en définissant les contraintes à respecter.
- **Choix et adaptation des méthodes de résolution** : Il existe plusieurs méthodes pour résoudre un problème d'optimisation, et cette étape consiste à choisir la méthode la plus adaptée au problème en question.
- **Implémentation et résolution** : Cette étape implique l'utilisation de la méthode d'optimisation choisie pour trouver la solution optimale.
- **Vérification** : À cette étape, la solution trouvée est vérifiée pour s'assurer qu'elle est effectivement bonne et répond aux contraintes du problème initial.
- **Mise en œuvre (intégration)** : La dernière étape consiste à mettre en place la solution optimale dans le contexte réel du problème, afin de résoudre le problème d'origine.

6. Conclusion

Ce chapitre a présenté les objectifs et les frontières de notre projet visant à proposer une forme spécifique d'aide à la décision pour les écoles privées. Nous avons également décrit l'approche multiprocessus que nous allons utiliser pour construire notre système.

Le prochain chapitre sera consacré aux différentes étapes du processus UP simplifié que nous allons suivre pour développer notre système. Nous allons décrire en détail les activités et les tâches à réaliser pour chaque phase de développement.

Chapitre3 :

Du besoin à la conception

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter les différentes étapes de modélisation de notre application en utilisant le processus UP simplifié. Bien que notre application comporte un grand nombre de cas d'utilisation, nous ne pourrions pas présenter tous les diagrammes, en particulier pour les cas d'utilisation ayant des scénarios similaires. Cependant, notre objectif est de fournir une vue d'ensemble complète et cohérente de la modélisation de notre système, afin de mieux comprendre les différentes fonctionnalités.

2. Spécification des exigences d'après les cas d'utilisations

2.1. Identification des acteurs

Un acteur représente l'abstraction d'un rôle joué par des entités externes (Utilisateur, dispositifs matériels ou autre système) qui interagit directement avec le système étudié. Les acteurs de notre système sont les suivants :

- **Visiteur** : personne qui consulte le site de l'établissement pour obtenir des informations, effectuer des préinscriptions et consulter différents types d'annonces.
- **Responsable de recrutement** : Personne chargée de la sélection et de l'embauche de nouveaux employés pour l'établissement.
- **Secrétaire** : Personne qui assure la gestion administrative de l'établissement, notamment la planification des rendez-vous, la gestion des dossiers des élèves, des inscriptions et des enseignants.
- **Directeur de l'école** : Personne chargée de la gestion globale de l'établissement.
- **Responsable pédagogique** : Personne chargée de la supervision des programmes d'enseignement, des emplois du temps et de la gestion des groupes d'élèves.
- **Enseignants** : Personnes chargées d'enseigner les élèves de l'établissement.
- **Conseiller d'orientation** : Personne chargée d'aider les élèves de l'école ainsi que de fournir un soutien pour les élèves en risque d'échec.
- **Parent** : Les parents des élèves de l'école privée sont des acteurs importants, car ils sont impliqués dans la vie scolaire de leurs enfants.
- **Responsable de transport** : Personne chargée de la gestion du transport des élèves de l'établissement, y compris la planification des tournées de ramassage.
- **Chauffeur** : Personne chargée de conduire le véhicule qui assure le ramassage des élèves.
- **Administrateur** : Administrateur de système, chargé de la configuration et de la maintenance de l'application, ainsi que de la gestion du contenu de l'application et de la gestion des comptes clés.

2.2. Identification des cas d'utilisation par acteur

Les tableaux suivants résument les cas d'utilisation pour chaque acteur

visiteur	
Cas d'utilisation	Description
Consulter les informations / publications de l'école	Le visiteur peut consulter les informations de l'école : contacts, localisation et description.
Consulter les annonces de recrutement	le visiteur peut rechercher et examiner les annonces d'emploi disponible
postuler	Le visiteur peut postuler pour un poste de travail dans l'établissement.
Faire une préinscription d'un élève	Le visiteur peut soumettre des demandes de préinscription pour ses enfants.

Tableau 3.1 : Cas d'utilisateur du visiteur

Responsable de recrutement	
Cas d'utilisation	Description
Gestion des annonces de recrutement	Le responsable de recrutement est chargé de gérer les informations relatives aux annonces de recrutement et de les publier sur le site de l'établissement.
Consulter la liste des candidatures	Le responsable de recrutement peut consulter les listes de candidatures pour effectuer des tris et des sélections.

Tableau 3.2. : Cas d'utilisation du responsable de recrutement

Directeur	
Cas d'utilisation	Description
Consulter les demandes de préinscription	Le directeur peut consulter les demandes de préinscription pour effectuer des tris et envoyer des réponses aux demandes.
Consulter le tableau de bord global	Le directeur peut consulter tous les paramètres de l'école, y compris la liste des élèves, des enseignants et les suivis associés.

Tableau 3.3 : Cas d'utilisation du directeur

Secrétaire	
Cas d'utilisation	Description
Consulter les préinscriptions non confirmées.	La secrétaire peut consulter les préinscriptions non confirmées pour les réinviter à la confirmation.
Faire une inscription finale	La secrétaire peut faire l'inscription d'un nouvel élève.

Gestion générale (parent, enfant, enseignant)	La secrétaire peut gérer les informations des élèves, parents et enseignants
---	--

Tableau 3.4 : Cas d'utilisation du secrétaire

Responsable pédagogique	
Cas d'utilisation	Description
Génération des clusters d'élèves	Le responsable pédagogique peut grouper les élèves similaires dans des clusters.
Formation des groupes à partir des clusters	Le responsable de recrutement peut former les groupes en utilisant les résultats du clustering.
Gestion classique des groupes	Le responsable pédagogique peut supprimer et affecter les élèves aux groupes
Gestion des emplois du temps	le responsable pédagogique peut créer et gérer les horaires des élèves et des enseignants.

Tableau 3.5 : cas d'utilisation du responsable pédagogique

Enseignant	
Cas d'utilisation	Description
Consulter son emploi du temps	L'enseignant peut voir son emploi du temps personnel.
Saisir les suivis des élèves	L'enseignant peut saisir les suivis des élèves (participation, absences, devoir...)
Consulter messagerie des parents	L'enseignant peut communiquer avec les parents par messagerie

Tableau 3.6 : Cas d'utilisation de l'enseignant

Conseiller d'orientation	
Cas d'utilisation	Description
Consulter les suivis des élèves	le conseiller d'orientation peut consulter les suivis élèves
Prédiction de la performance des élèves	Le conseiller d'orientation peut prédire la performance des élèves .
Convoquer parents	Le conseiller peut convoquer les parents en cas de problème.

Tableau 3.7 : cas d'utilisation du conseiller d'orientation

Parent	
Cas d'utilisation	Description
Consulter l'emploi du temps de son enfant	Le parent peut voir l'emploi du temps de ses enfants.
Signaler l'absence de son enfant	Le parent peut signaler l'absence de ses enfants.
Consulter le suivi de son enfant	Le parent peut consulter les suivis de ses enfants
Consulter la messagerie	Le parent peut consulter sa messagerie

Tableau 3.8 : cas d'utilisation des parents

Responsable de transport	
Cas d'utilisation	Description
Consulter la liste des absences	Le responsable de transport peut voir toutes les absences des élèves.
Générer les chemins de ramassage	Le responsable de transport peut planifier les chemins de ramassage pour les élèves.

Tableau 3.9 : cas d'utilisation du responsable de transport

Chauffeur	
Cas d'utilisation	Description
Consulter son chemin	le chauffeur peut voir les itinéraires de ramassage personnel pour une journée.
Envoyer réclamation	Le chauffeur peut envoyer une réclamation au responsable de transport.

Tableau 3.10 : cas d'utilisation du chauffeur

Administrateur	
Cas d'utilisation	Description
Gestion du contenu de l'application	L'administrateur peut changer les informations du site de l'établissement et modifier son contenu.
Gestion des comptes clés	L'administrateur peut créer des comptes clés (pour les postes clés : directeur et les différents responsables)."

Tableau 3.11 : cas d'utilisation de l'administrateur

2.3. Affinement du diagramme de cas d'utilisation

La figure suivante présente le diagramme de cas d'utilisation global dans lequel nous allons mettre en évidence les fonctionnalités offerts par notre application. Pour des raisons d'organisation du diagramme et pour éviter sa surcharge due aux flux d'inclusion avec le cas « s'authentifier », ce dernier a été supprimé et remplacé par l'indication suivante : Tous les cas d'utilisation principaux du diagramme de cas d'utilisation sont liés au cas d'utilisation « s'authentifier » par une relation d'inclusion, à l'exception des cas d'utilisation du visiteur. Aussi une relation de généralisation existe entre l'acteur utilisateur et tous les autres acteurs sauf le visiteur.

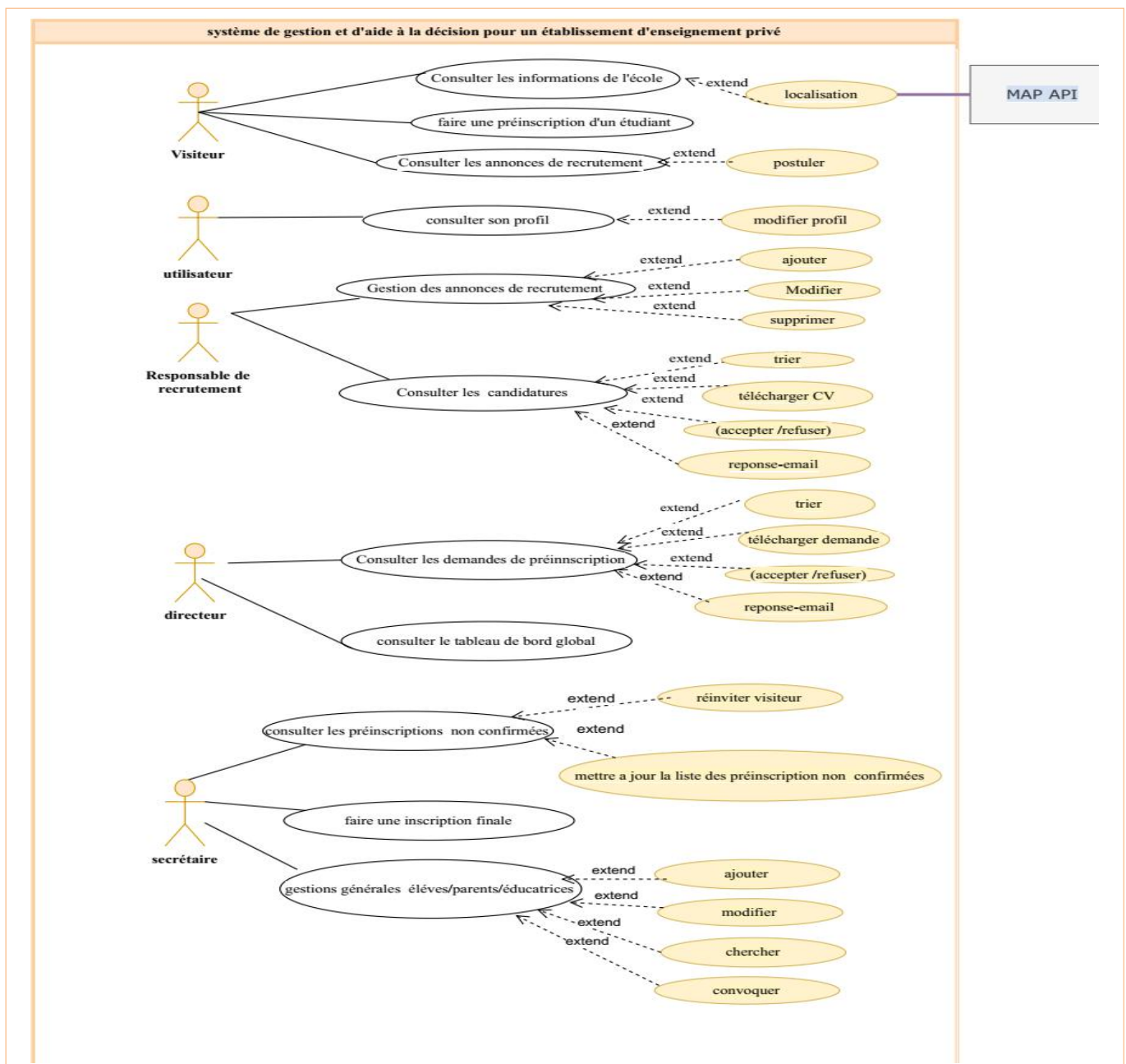
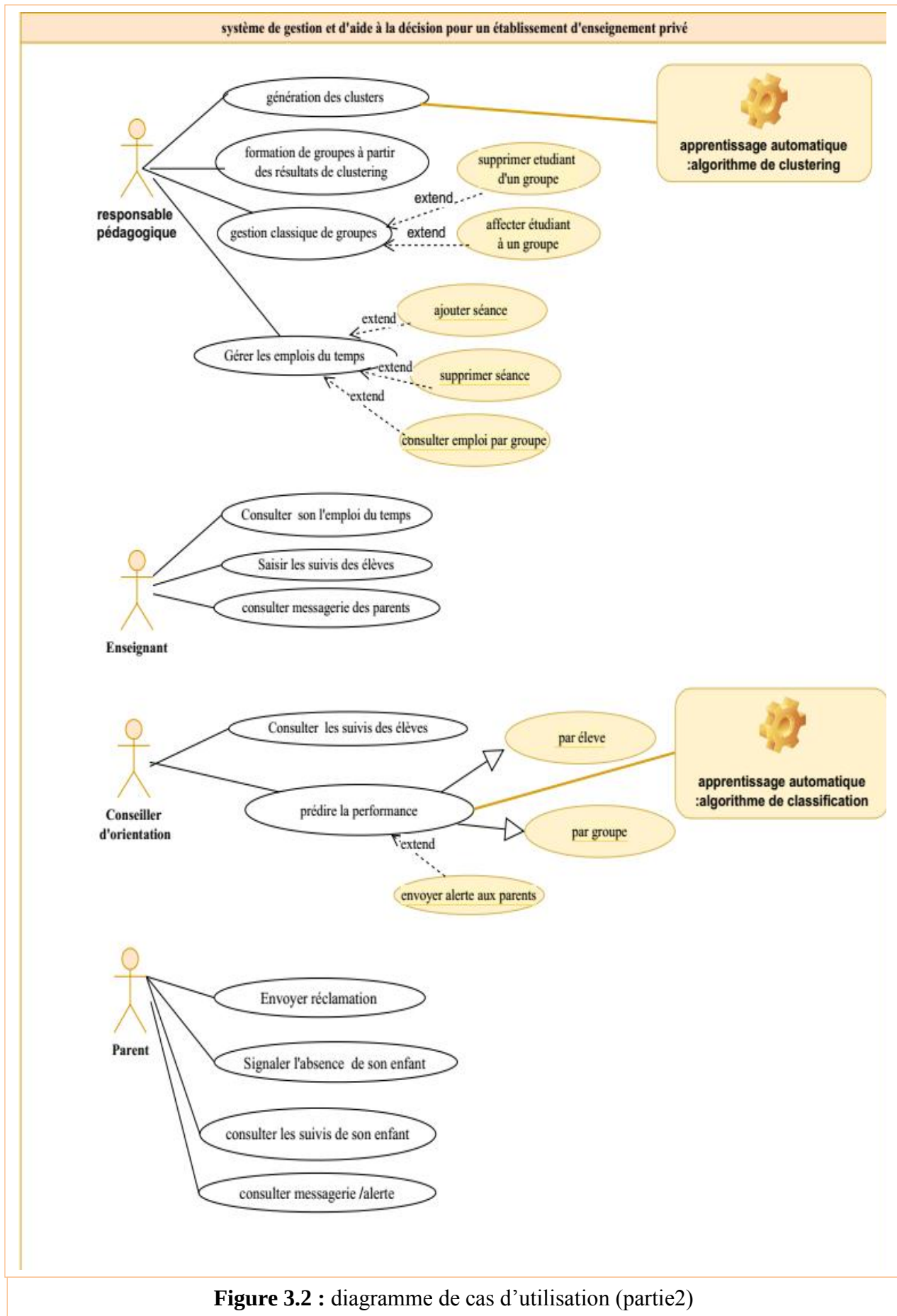


Figure 3.1 : diagramme de cas d'utilisation (partie1)



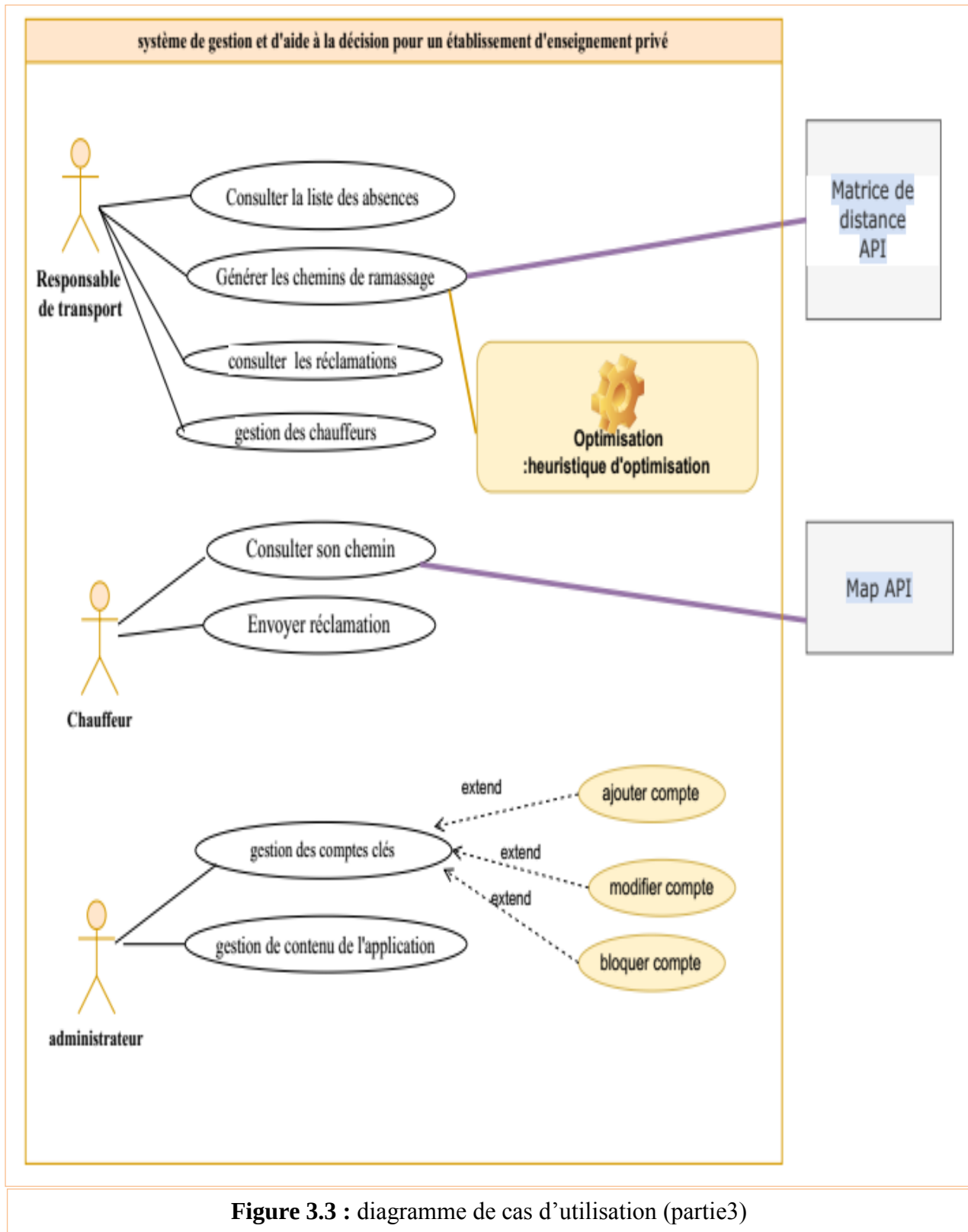


Figure 3.3 : diagramme de cas d'utilisation (partie3)

3. Spécification détaillée des exigences

- Cas d'utilisation -S's'authentifier -

Cas d'utilisation	S's'authentifier
Acteur principal	Les utilisateurs de système (secrétaire, responsable de recrutement, directeur, responsable pédagogique, responsable de transport, parent, enseignant, conseiller d'orientation)
Acteur secondaire	/
Objectif	Ce cas permet à l'utilisateur d'accéder à son espace
Pré-condition	L'utilisateur possède un compte
Post-condition	L'utilisateur a accédé à son espace avec succès
Scenario normal	1. L'utilisateur demande la page d'authentification 2. Le système affiche la page d'authentification 3. L'utilisateur saisi le nom d'utilisateur et le mot de passe 4. Système vérifie le nom d'utilisateur et le mot de passe affiche l'espace demandé par l'utilisateur
Scenario alternatif	4-a le système affiche un message d'erreur.

Tableau 3.12 : description textuelle du cas s's'authentifier

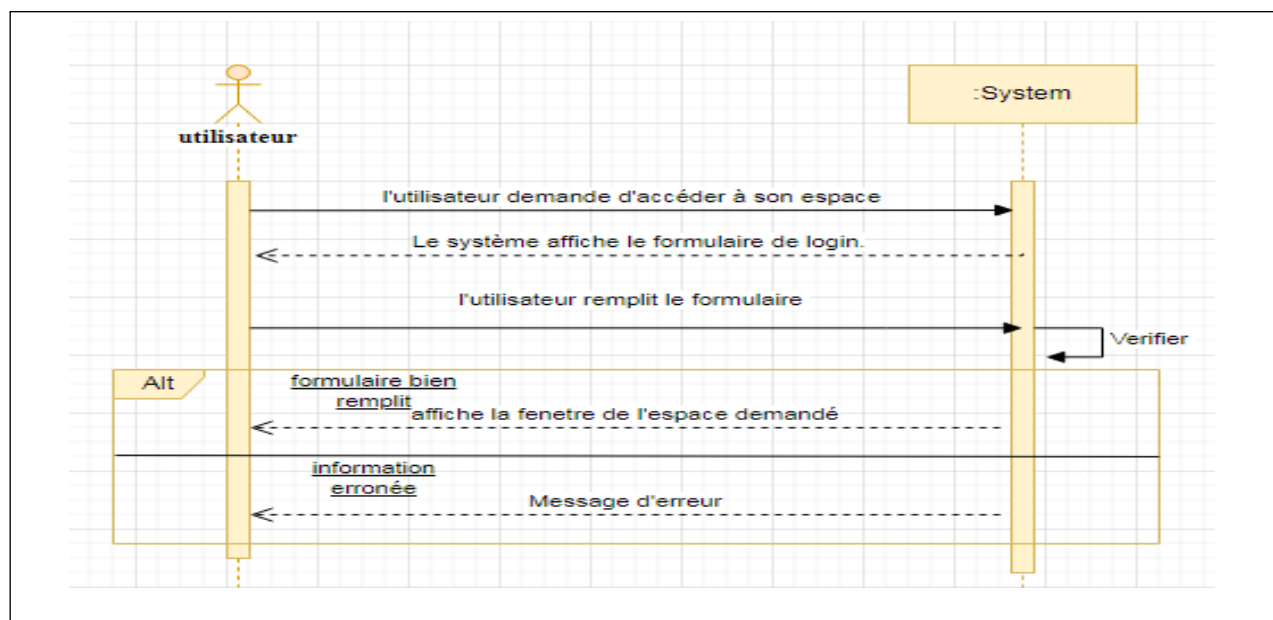


Figure 3.4 : diagramme de séquence du cas s's'authentifier

- Cas d'utilisation- Consulter les informations de l'école -

Cas d'utilisation	Consulter les informations de l'école
Acteur principal	Visiteur
Acteur secondaire	Map API
Objectif	Permettre au visiteur de consulter les informations générales de l'école (localisation ,description, contacts..etc)
Pré-condition	/
Post-condition	- le visiteur a consulté les informations de l'école avec succès
Scenario normal	1) Le visiteur demande les informations descriptives de l'école. 2) Le système affiche les informations de l'école/le système affiche l'interface MAP

Tableau 3.13 : description textuelle du cas consulter information de l'école

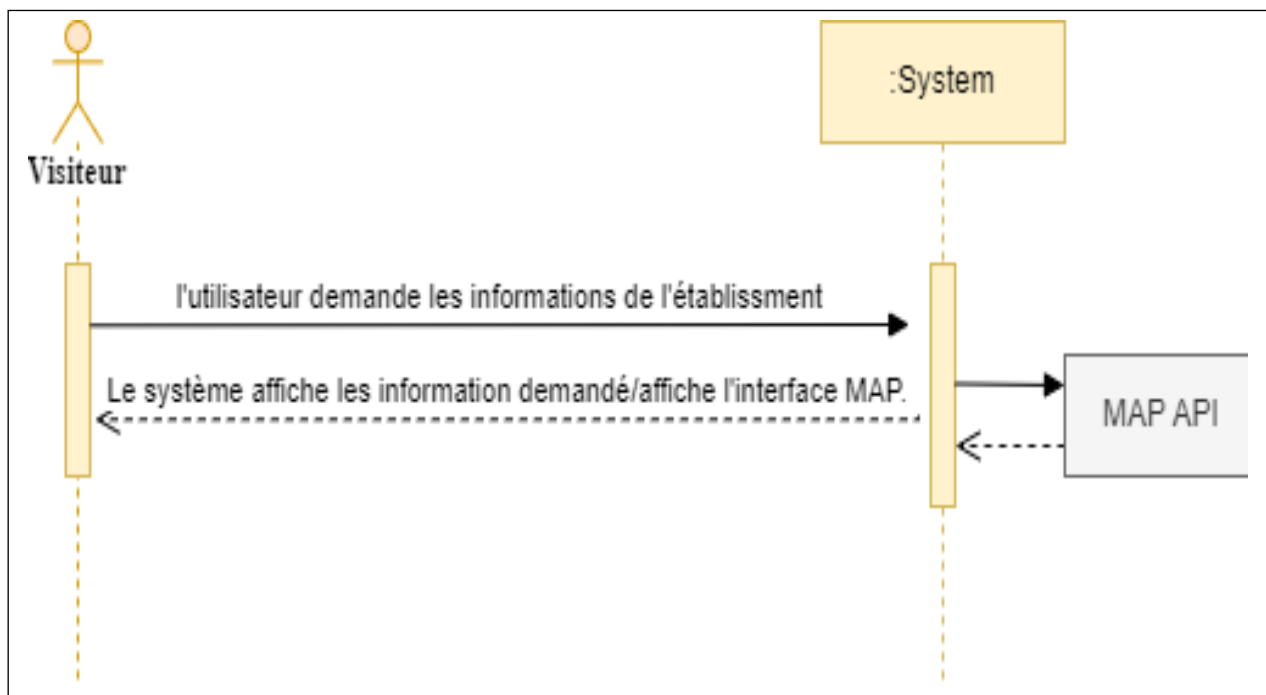


Figure 3.5 : diagramme de séquence du cas consulter information de l'école

• Cas d'utilisation -Consulter les annonces de recrutement -

Cas d'utilisation	Consulter les annonces de recrutement
Acteur principal	Visiteur
Acteur secondaire	/
Objectif	Consulter la liste des annonces de recrutement de l'établissement pour une future candidature
Pré-condition	/
Post-condition	le visiteur a consulté les annonces de avec succès.
Scenario normal	1) L'utilisateur sélectionne l'option "Annonces de recrutement" dans le menu principal du système. 2) Le système affiche une liste des annonces de recrutement disponibles, triées par date de publication. 3) L'utilisateur sélectionne une annonce de recrutement 4) Le système affiche les détails de l'annonce de recrutement sélectionnée 5) L'utilisateur peut choisir de postuler à l'annonce de recrutement <u>(Point d'extension optionnel pour le cas d'utilisation postuler)</u>

Tableau 3.14 : description textuelle du cas consulter les annonces de recrutement.

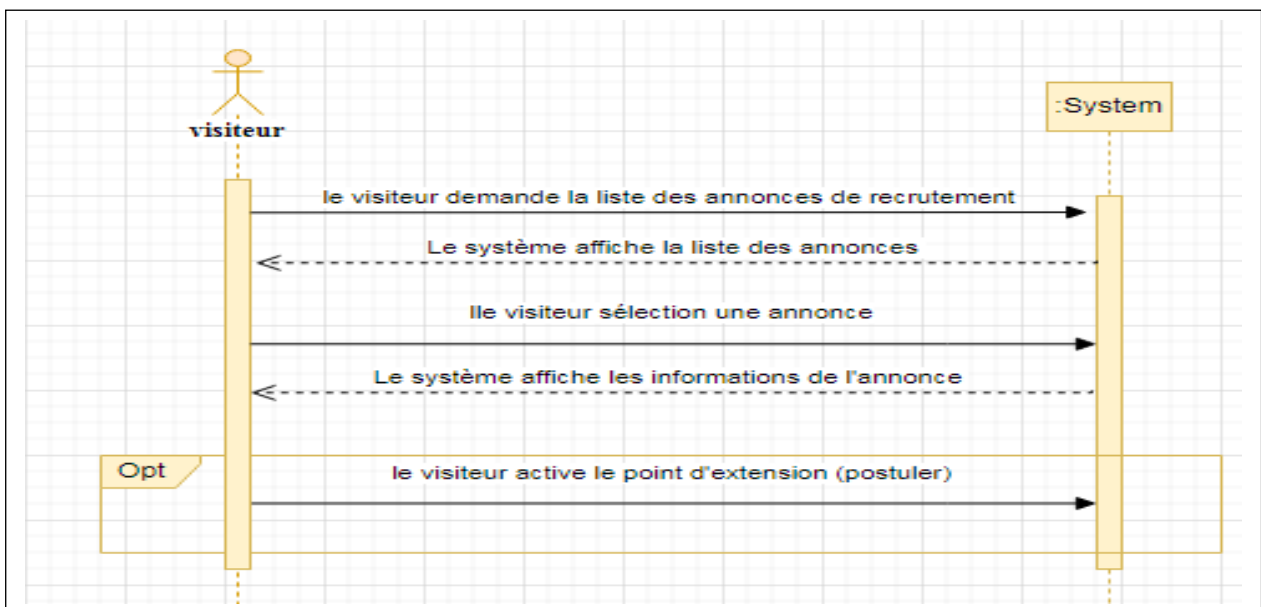


Figure 3.6 : diagramme de séquence du cas consulter les annonces de recrutement

- Cas d'utilisation -postuler –

Cas d'utilisation	Postuler
Acteur principal	Visiteur
Acteur secondaire	/
Objectif	Déposer une candidature pour un poste
Pré-condition	le point d'extension est sélectionné.
Post-condition	- Le candidat a soumis sa candidature avec succès
Scenario normal	1) Le visiteur demande de postuler pour le poste de travail souhaité. 2) Le système affiche le formulaire de candidature. 3) Le visiteur remplit le formulaire avec les informations requises et télécharge les documents requis pour la candidature, tels que son CV. 4) Le système vérifie les informations saisies par le candidat et les documents téléchargés et envoie une notification de confirmation de réception de la candidature au candidat.
Scenario alternatif	4a. Si des informations sont manquantes ou incorrectes, le système affiche un message d'erreur.

Tableau 3.15 : description textuelle du cas Postuler

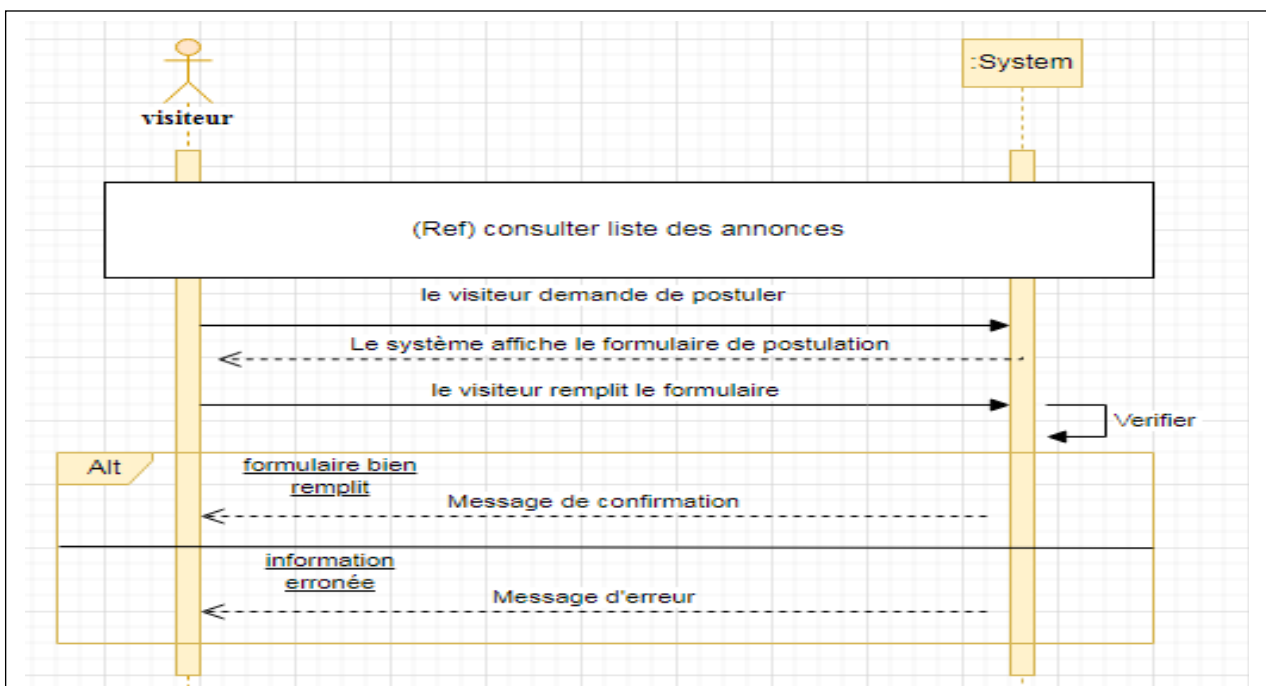


Figure 3.7 : diagramme de séquence du cas postuler

• Cas d'utilisation -Faire une pré-inscription –

Cas d'utilisation	Faire une préinscription
Acteur principal	Visiteur
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de faire une préinscription d'un nouvel élève
Pré-condition	/
Post-condition	La préinscription est enregistrée avec succès
Scenario normal	1) Le visiteur demande de faire une préinscription 2) Le système affiche un formulaire de préinscription 3) Le visiteur fournit les informations demandées 4) Le système vérifie et enregistre la préinscription et affiche un message de confirmation.
Scenario alternatif	5a. Si des informations sont manquantes ou incorrectes, le système affiche un message d'erreur

Tableau 3.16 : description textuelle du cas Faire une préinscription.

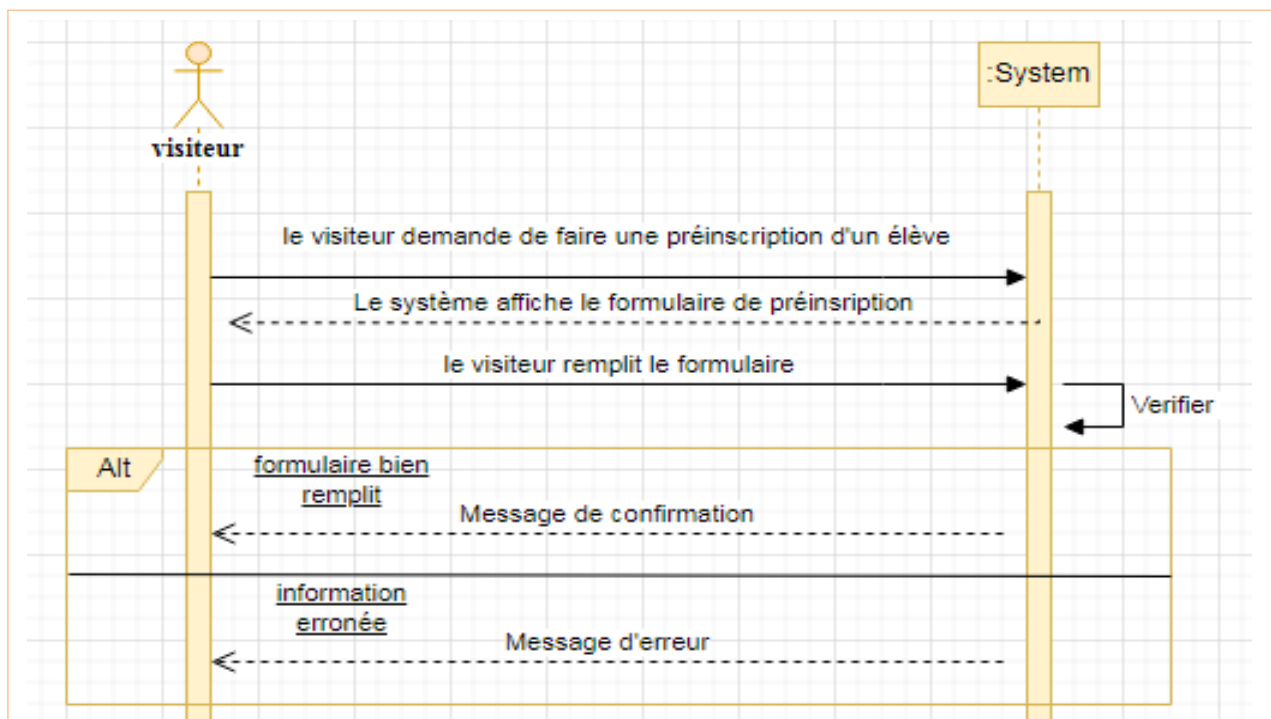


Figure 3.8 : diagramme de séquence du cas Faire une préinscription

- Cas d'utilisation -Gestion des annonces de recrutements-

Le même scénario pour les gestions suivantes : enfants/parents/enseignant / emploi du temps/ comptes / gestion classique des groupes/chauffeur.

Cas d'utilisation	Gestion des annonces de recrutements
Acteur principal	Responsable de recrutement
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de consulter, d'ajouter, modifier ou supprimer une annonce de recrutement
Pré-condition	Le responsable de recrutement doit s'authentifier.
Post-condition	Le responsable de recrutement a créé, modifié ou supprimé avec succès l'annonce de recrutement
Scénario normal	1) Le responsable de recrutement demande la page de la gestion des annonces de recrutements. 2) Le système affiche la liste des annonces de recrutements. 3) Le responsable de recrutement Choisit la fonction voulue (ajouter, modifier, supprimer) d'une annonce (<u>point d'extension pour les cas ajouter annonce, modifier annonce supprimer annonce et trier</u>

Tableau 3.17 : description textuelle du cas Gestion des annonces de recrutements

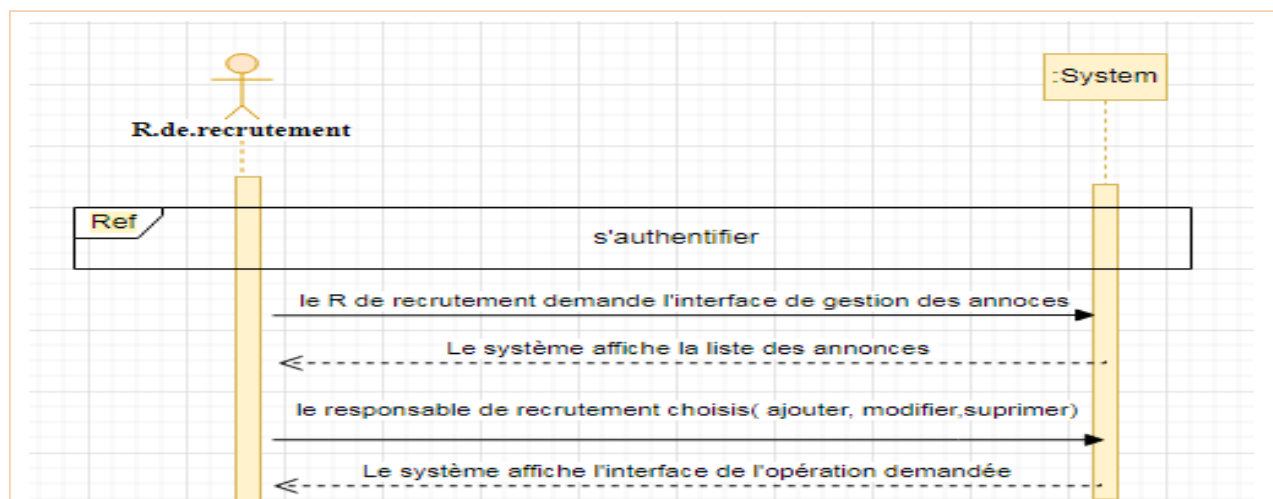


Figure 3.9 : diagramme de séquence du cas Gestion des annonces de recrutements

- Cas d'utilisation ajouter -annonce de recrutement -

Cas d'utilisation	Ajouter annonce
Acteur principal	Responsable de recrutement
Acteur secondaire	/
Objectif	Ajouter une nouvelle annonce
Pré-condition	- le responsable de recrutement doit s'authentifier + le point d'extension est sélectionné
Post-condition	La nouvelle annonce est ajoutée avec succès
Scenario normal	1) Le responsable de recrutement demande l'ajout d'une nouvelle annonce 2) Le système affiche le formulaire d'ajout 3) Le responsable de recrutement remplit le formulaire 4) Le système vérifie les informations et affiche un message de confirmation d'ajout
Scenario alternatif	4a. Si des informations sont manquantes ou incorrectes, le système affiche un message d'erreur.

Tableau 3.18 : description textuelle du cas ajouter annonce de recrutement

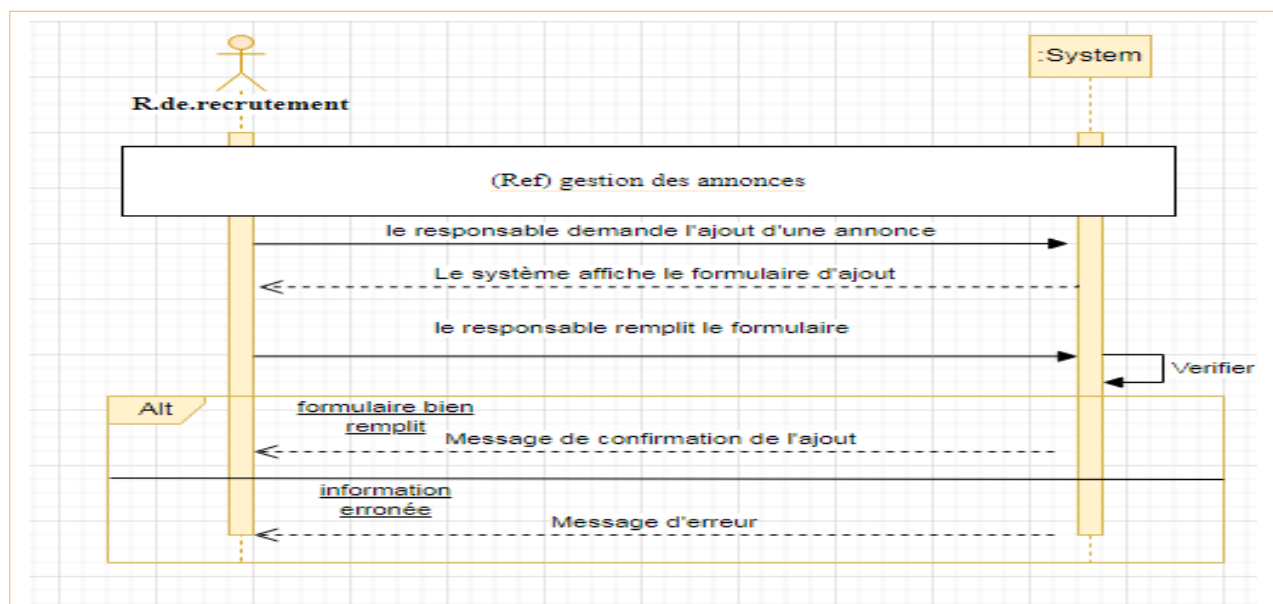


Figure 3.10 : diagramme de séquence cas ajouter annonce de recrutement

- Cas d'utilisation -modifier annonce de recrutement -

Cas d'utilisation	Modifier annonce
Acteur principal	Responsable de recrutement
Acteur secondaire	/
Objectif	Ajouter une nouvelle annonce
Pré-condition	- le responsable de recrutement doit s'authentifier
Post-condition	Les informations de l'annonce sont modifiées avec succès
Scenario normal	5) Le responsable de transport demande la modification d'une annonce 6) Le système affiche le formulaire de modification 7) Le responsable de recrutement remplit le formulaire 8) Le système vérifie les informations et affiche un message de confirmation d'ajout
Scenario alternatif	4a. Si des informations incorrectes, le système affiche un message d'erreur.

Tableau 3.19 : description textuelle du cas Modifier annonce

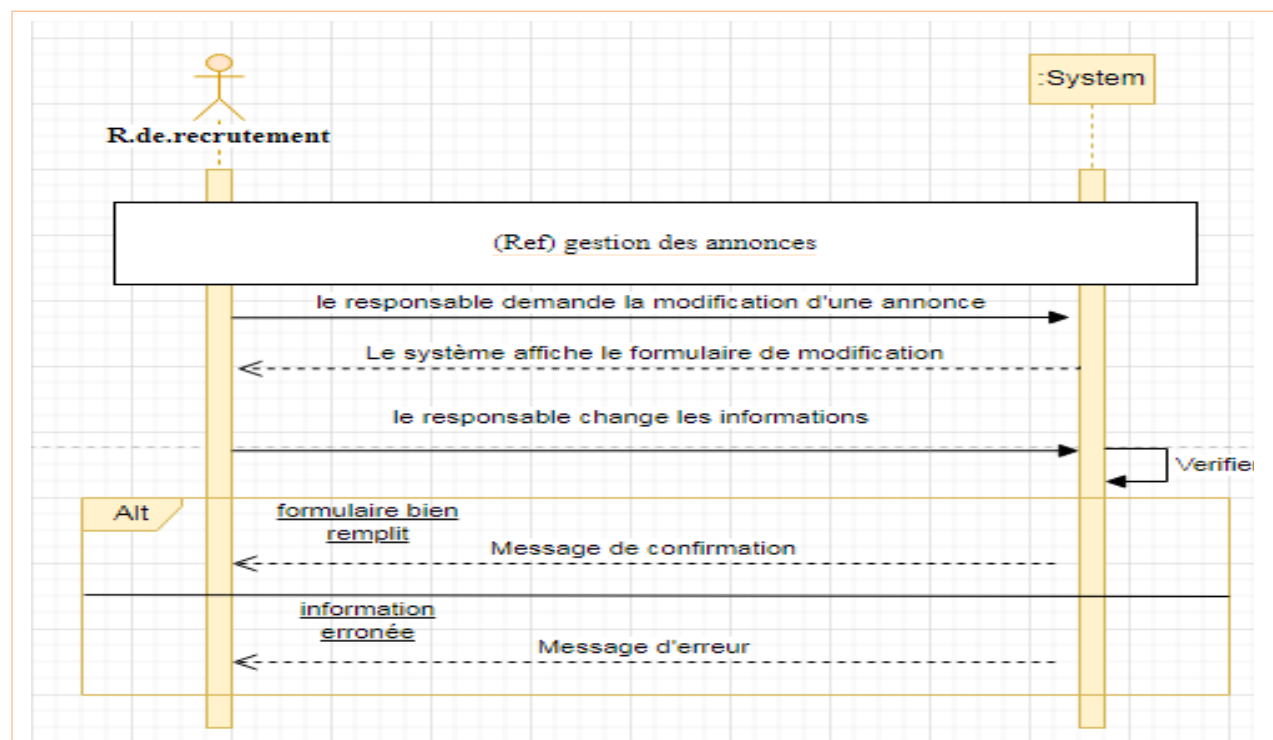


Figure 3.11 : diagramme de séquence du cas Modifier annonce

- Cas d'utilisation -supprimer annonce de recrutement -

Cas d'utilisation	Supprimer
Acteur principal	Responsable de recrutement
Acteur secondaire	/
Objectif	Supprimer une annonce
Pré-condition	- le responsable de recrutement doit s'authentifier
Post-condition	L'annonce est supprimée avec succès
Scenario normal	1) Le responsable de recrutement demande la suppression d'une annonce 2) Le système envoie un message de confirmation de la suppression 3) Le responsable de recrutement valide la suppression 4) Le système affiche un message de confirmation
Scenario alternatif	3.a le responsable de transport abandonne la suppression

Tableau 3.20 : description textuelle du cas supprimer annonce de recrutement.

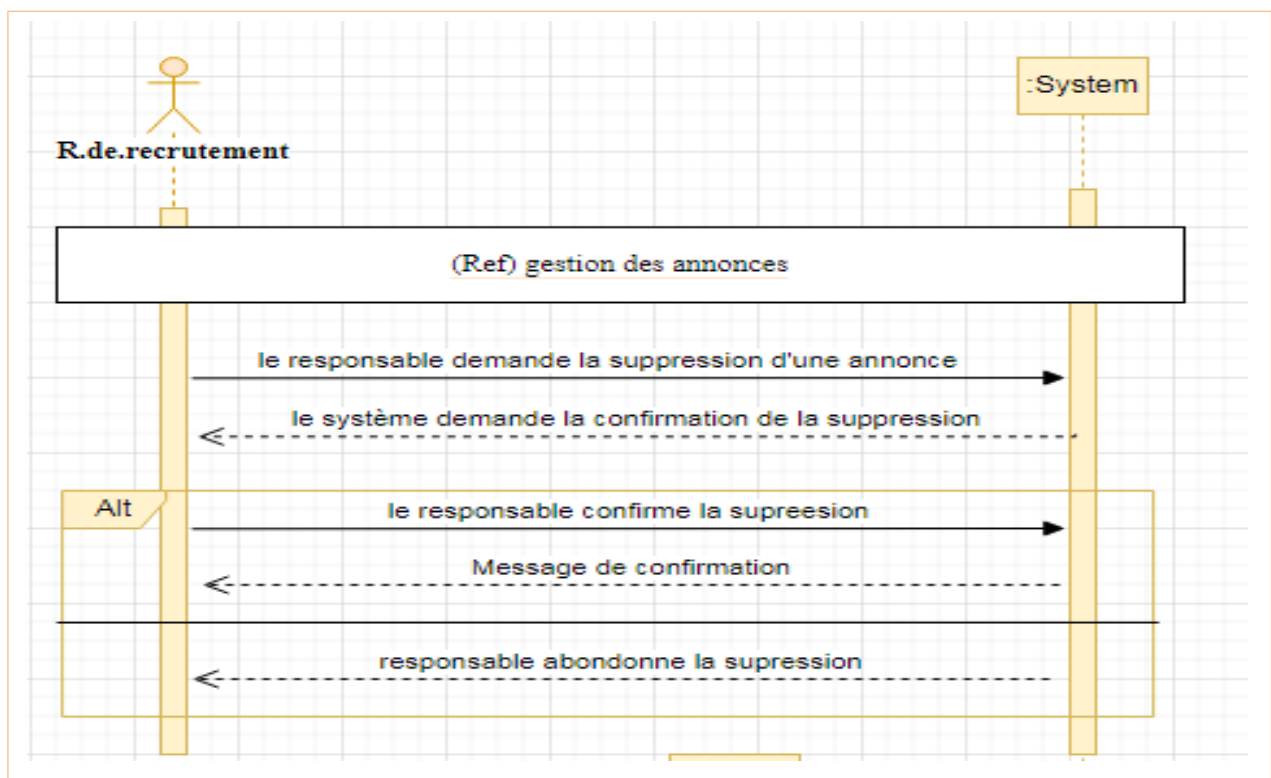


Figure 3.12 : diagramme de séquence du cas supprimer annonce de recrutement.

- Cas d'utilisation -Consulter les listes des candidatures-

Le même scénario pour les cas : consulter les préinscriptions

Cas d'utilisation	Consulter les listes des candidatures
Acteur principal	Responsable de recrutement
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de consulter la liste des candidatures pour une annonce.
Pré-condition	Le responsable de recrutement doit s'authentifier
Post-condition	Le responsable de recrutement a consulté avec succès la liste des candidatures pour une annonce
Scenario normal	1) Le responsable de recrutement demande les listes des candidatures 2) Le système affiche la liste des annonces de recrutement actives. 3) Le responsable de recrutement clique sur l'offre d'emploi pour laquelle il souhaite consulter la liste des candidatures.* 4) Le système affiche la liste des candidatures pour l'offre d'emploi sélectionnée. 5) Le responsable de recrutement Choisit une des fonctions : trier les candidatures, télécharger CV , répondre aux candidatures (<u>point d'extension pour les cas trier, télécharger CV, répondre</u>)

Tableau 3.21 : description textuelle du cas Consulter les listes des candidatures.

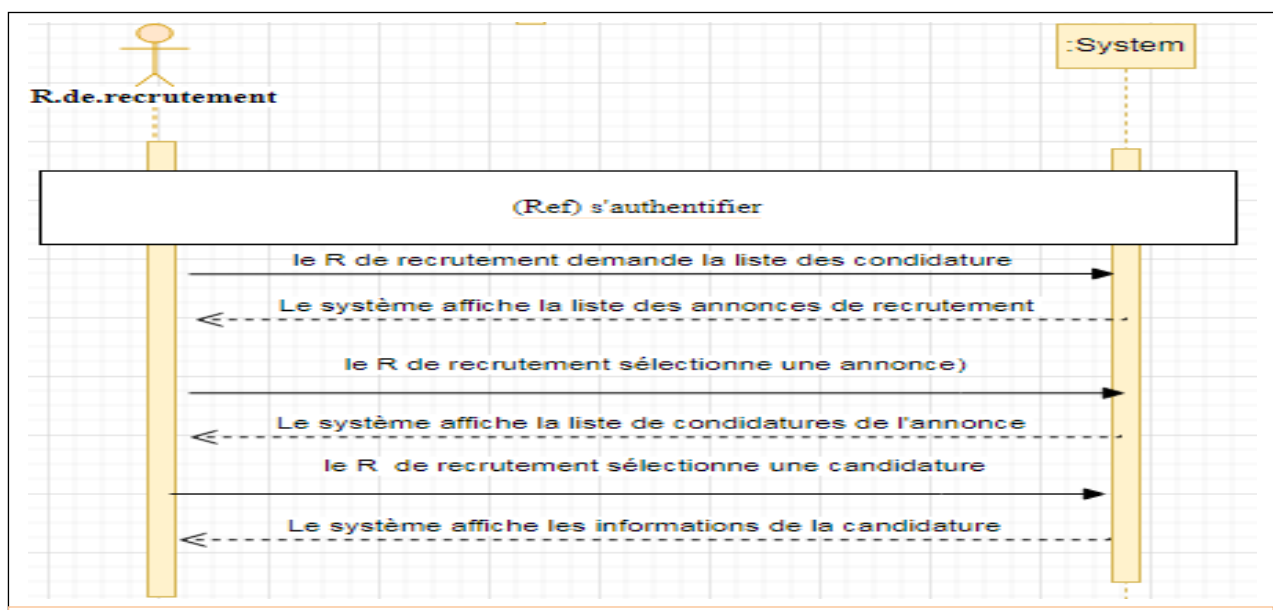


Figure 3.13 : diagramme de séquence du cas Consulter les listes des candidatures

- Cas d'utilisation –trier candidatures-

Le même scénario pour le cas trier préinscription

Cas d'utilisation	Trier candidatures
Acteur principal	Responsable de recrutements
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de trier les candidatures selon plusieurs critères.
Pré-condition	le responsable de recrutement doit s'authentifier + le point d'extension est sélectionné.
Post-condition	La liste des candidatures triée est affichée avec succès
Scénario normal	1) Le Responsable de recrutement sélectionne un critère de tri et demande le résultat. 2) le système lance l'opération de tri et affiche le résultat

Tableau 3.22 : description textuelle du cas trier des candidatures.

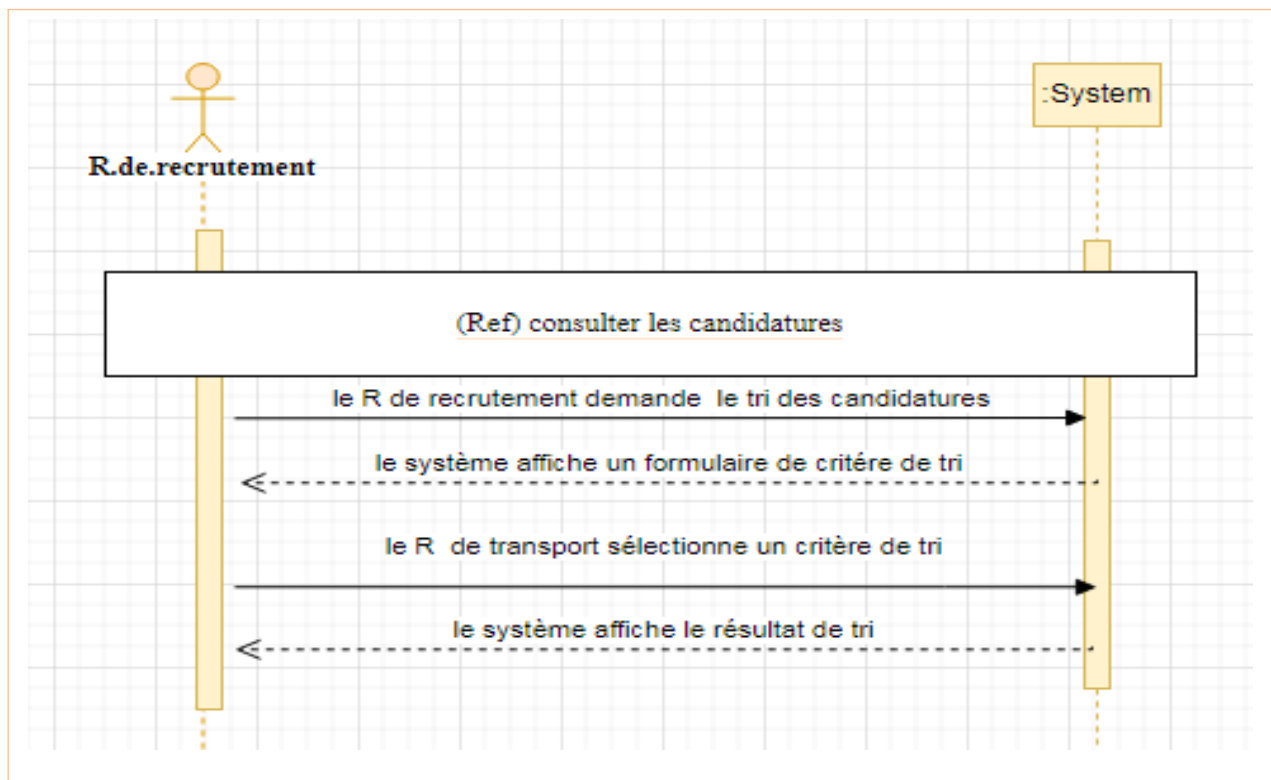


Figure 3.14 : diagramme de séquence du cas trier des candidatures.

- Cas d'utilisation –répondre (accepter/refuser)

Le même scénario pour le cas répondre aux préinscriptions

Cas d'utilisation	Répondre (accepter/ refuser)
Acteur principal	Responsable de recrutements
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet d'envoyer des messages d'acceptation ou de refus d'une candidature.
Pré-condition	le responsable de recrutement doit s'authentifier + le point d'extension est sélectionné.
Post-condition	Les réponses d'acceptation ou de refus sont sauvegardées et envoyer avec succès
Scénario normal	1) le responsable de transport sélectionne le bouton d'acceptation ou de refus et demande l'envoi de la réponse par email 2) le système affiche l'interface email. 3) le responsable de recrutement rédige et envoi le message à l'email de candidat concerné

Tableau 3.23 : description textuelle du cas répondre (accepter/refuser)

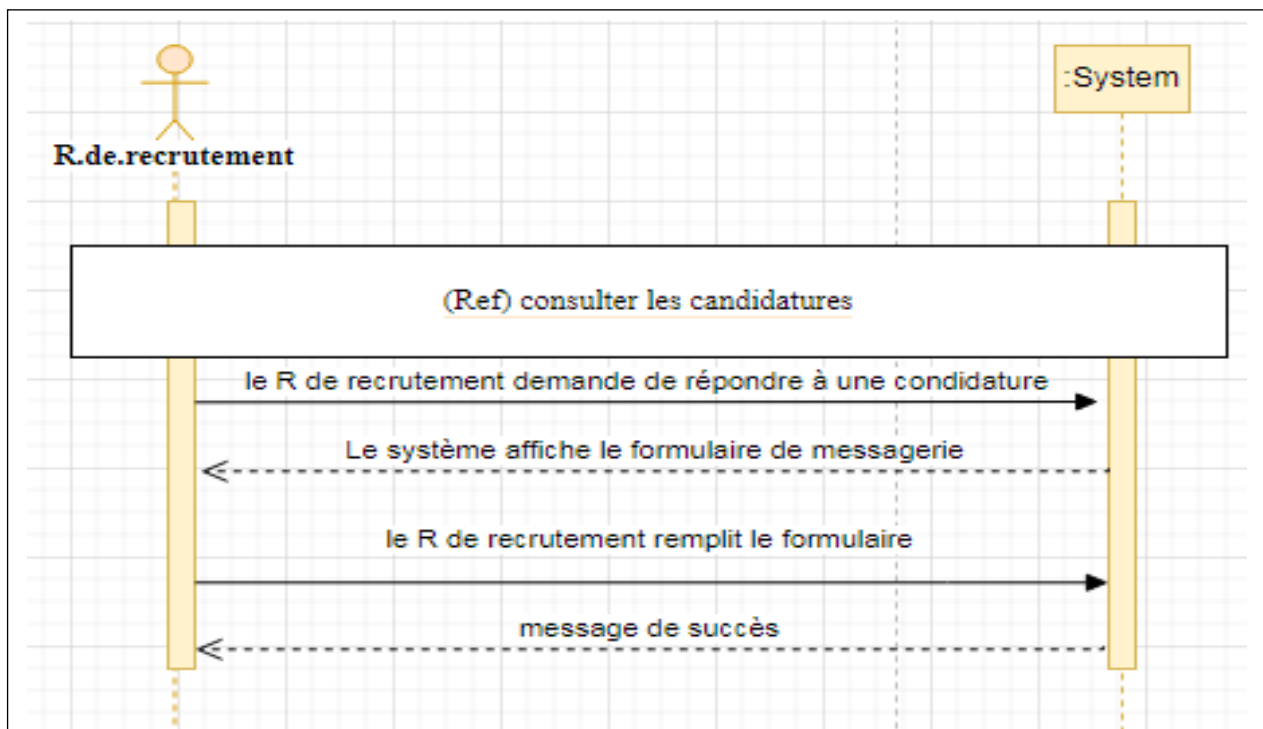


Figure 3.15 : diagramme de séquence du cas répondre (accepter/refuser)

- Consulter les préinscriptions non confirmées

Cas d'utilisation	Consulter les préinscriptions non confirmées
Acteur principal	secrétaire
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de consulter la liste des préinscriptions validées et non finalisées. Après consultation la secrétaire peut réinviter le visiteur concerné par la préinscription à compléter l'opération ou annuler la préinscription
Pré-condition	le responsable de recrutement doit s'authentifier
Post-condition	La liste des préinscriptions non complétées est consultée avec succès.
Scenario normal	1) la secrétaire demande la liste des préinscriptions non complétées 2) le système affiche la liste demandée 3) la secrétaire peut réinviter par message le visiteur concerné par la préinscription ou annule définitivement la préinscription (<u>point d'extension pour les cas réinviter visiteur mettre à jour les préinscriptions non confirmer</u>)

Tableau 3.24 : description textuelle du cas Consulter les préinscriptions non confirmées

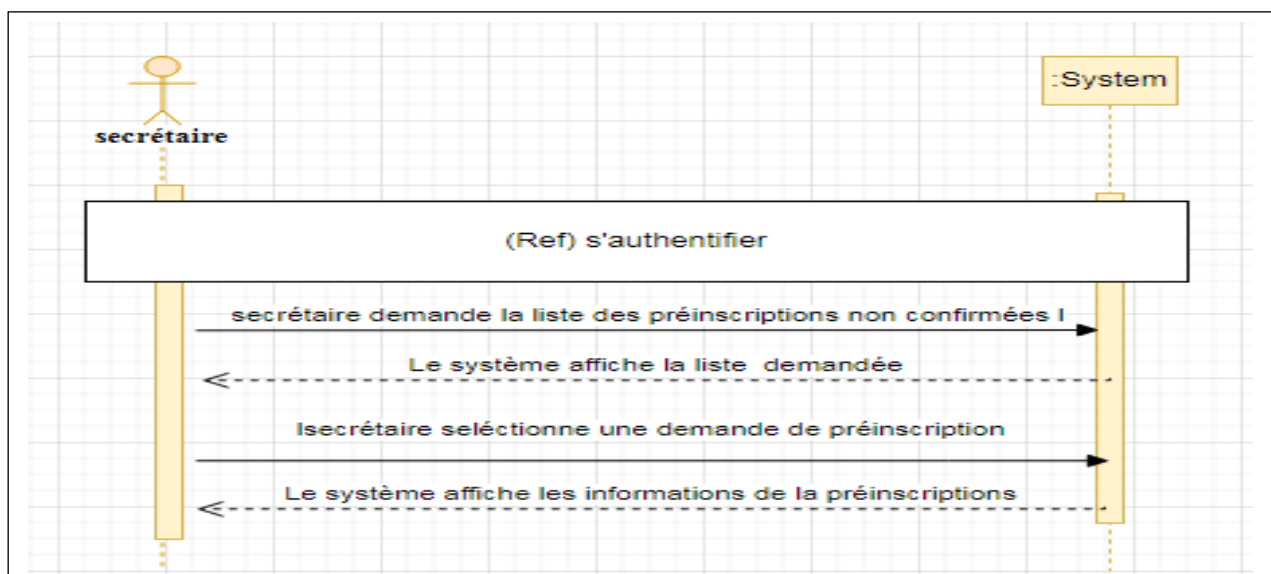
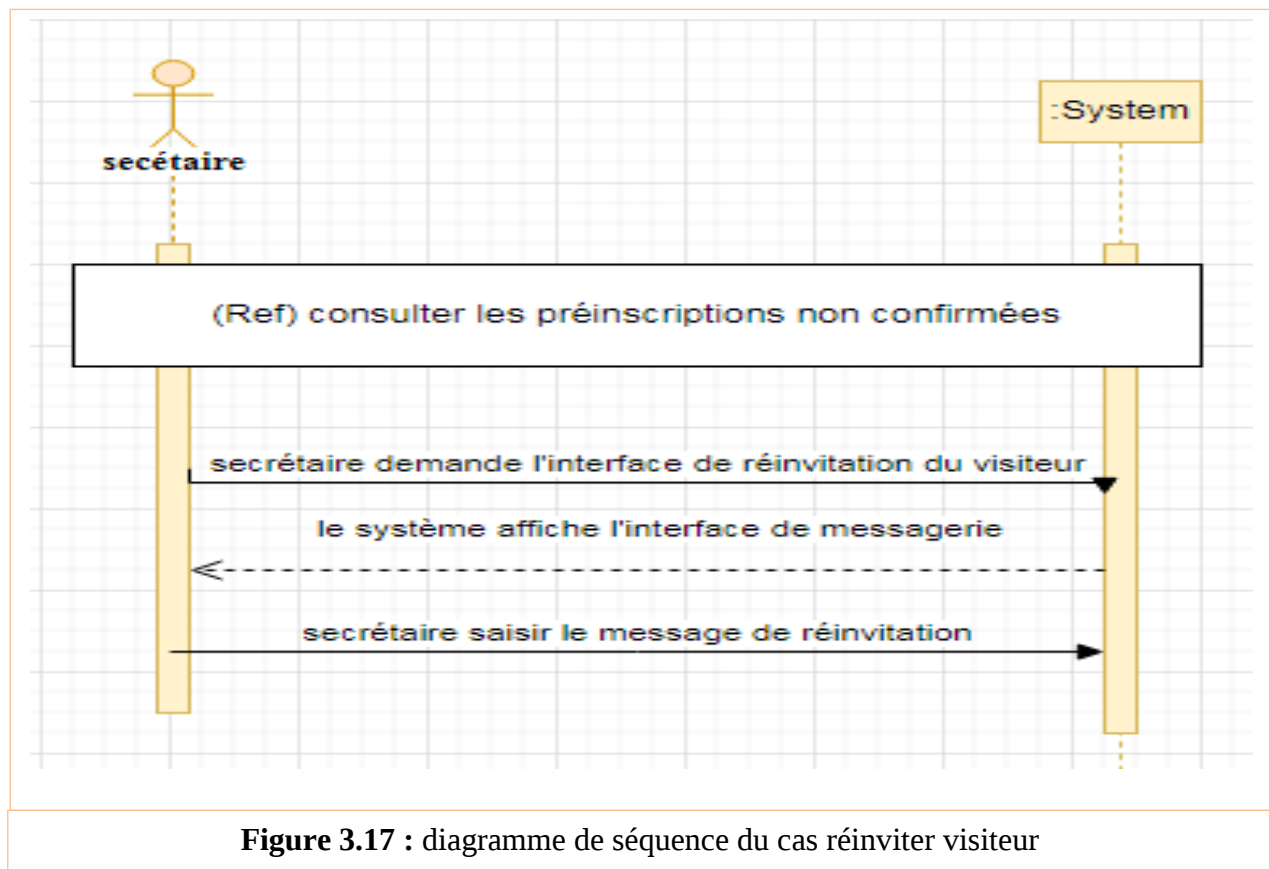


Figure 3.16 : diagramme de séquence du cas Consulter les préinscriptions non confirmées

Cas d'utilisation -réinviter visiteur :

Cas d'utilisation	Réinviter visiteur
Acteur principal	secrétaire
Acteur secondaire	/
Objectif	envoyer un message au visiteur pour qu'il confirme sa préinscription
Pré-condition	Secrétaire doit s'authentifier + le point d'extension est sélectionné.
Post-condition	Le message est envoyé avec succès
Scenario normal	1) la secrétaire demande de réinviter le visiteur par email 2) le système affiche l'interface de messagerie. 3) Secrétaire rédige et envoi le message à l'email du visiteur concerné

Tableau 3.25 : description textuelle du cas réinviter visiteur**Figure 3.17 :** diagramme de séquence du cas réinviter visiteur

- Cas d'utilisation –faire une inscription finale :

Cas d'utilisation	Faire une inscription finale
Acteur principal	secrétaire
Acteur secondaire	MAP
Objectif	Permet d'inscrire un élève
Pré-condition	Secrétaire doit s'authentifier
Post-condition	L'inscription est enregistrée avec succès
Scenario normal	1) La secrétaire demande de faire une inscription 2) Le système affiche un formulaire d'inscription + MAP pour sélectionner l'adresse directement sur la carte. 3) La secrétaire fournit les informations demandées et sélectionne l'adresse sur la carte 4) Le système vérifie et enregistre l'inscription et affiche un message de confirmation.
Scenario alternatif	4a. Si des informations sont manquantes ou incorrectes, le système affiche un message d'erreur

Tableau 3.26 : description textuelle du cas faire une inscription finale

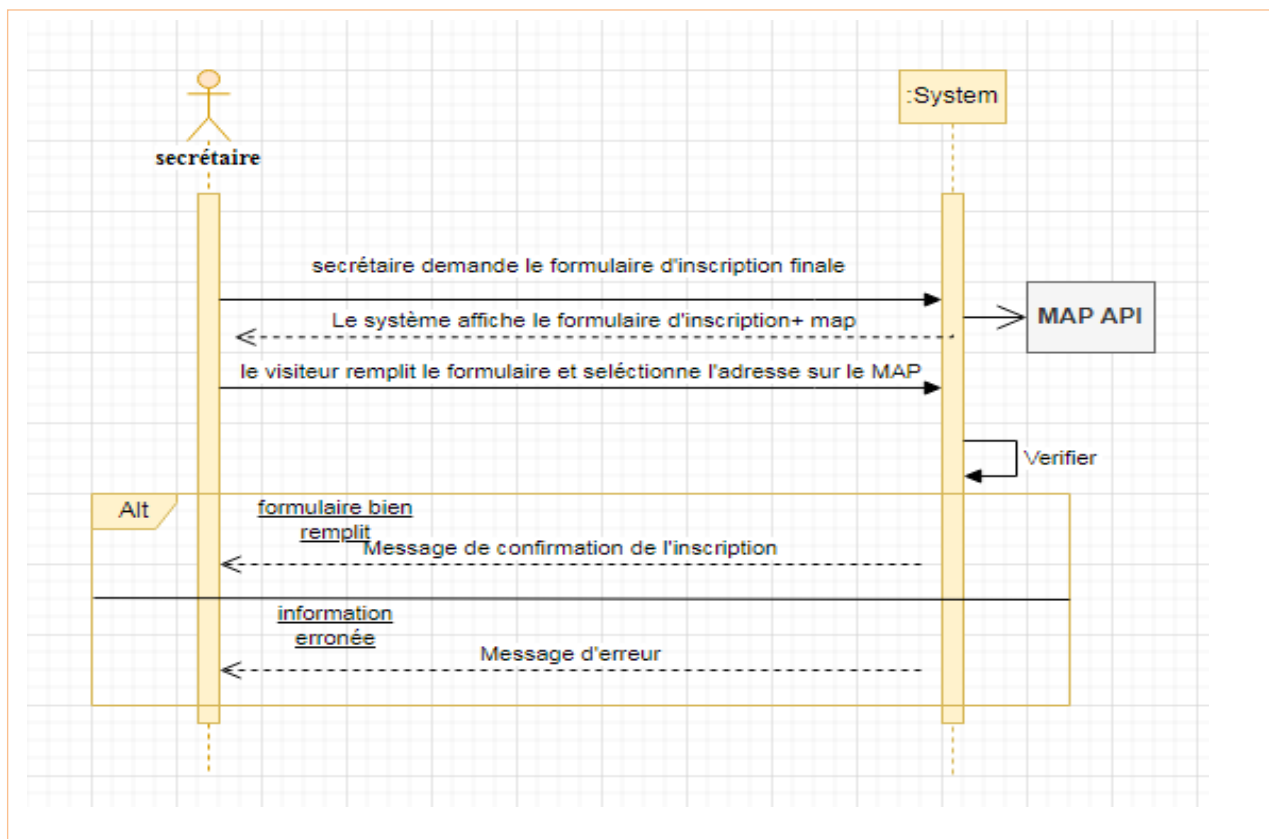


Figure 3.18 : diagramme de séquence du cas faire une inscription finale

- Cas d'utilisation –consulter le tableau de bord global-

Acteur principal	directeur
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet au directeur de consulter les paramètres et les indicateurs de l'école.
Pré-condition	Le directeur doit s'authentifier
Post-condition	Le directeur a consulté les indicateurs résumés dans le tableau de bord
Scenario normal	1) Le directeur demande la consultation du tableau de bord 2) Le système affiche le tableau de bord de l'école, qui contient les informations clés sur les activités et les performances de l'école. 3) Le Directeur peut naviguer dans le tableau de bord pour accéder à différentes sections, y compris les statistiques sur les élèves, les enseignants, etc. 4) Le système affiche les informations de l'indicateur demandé

Tableau 3.27 : description textuelle du cas consulter le tableau de bord global

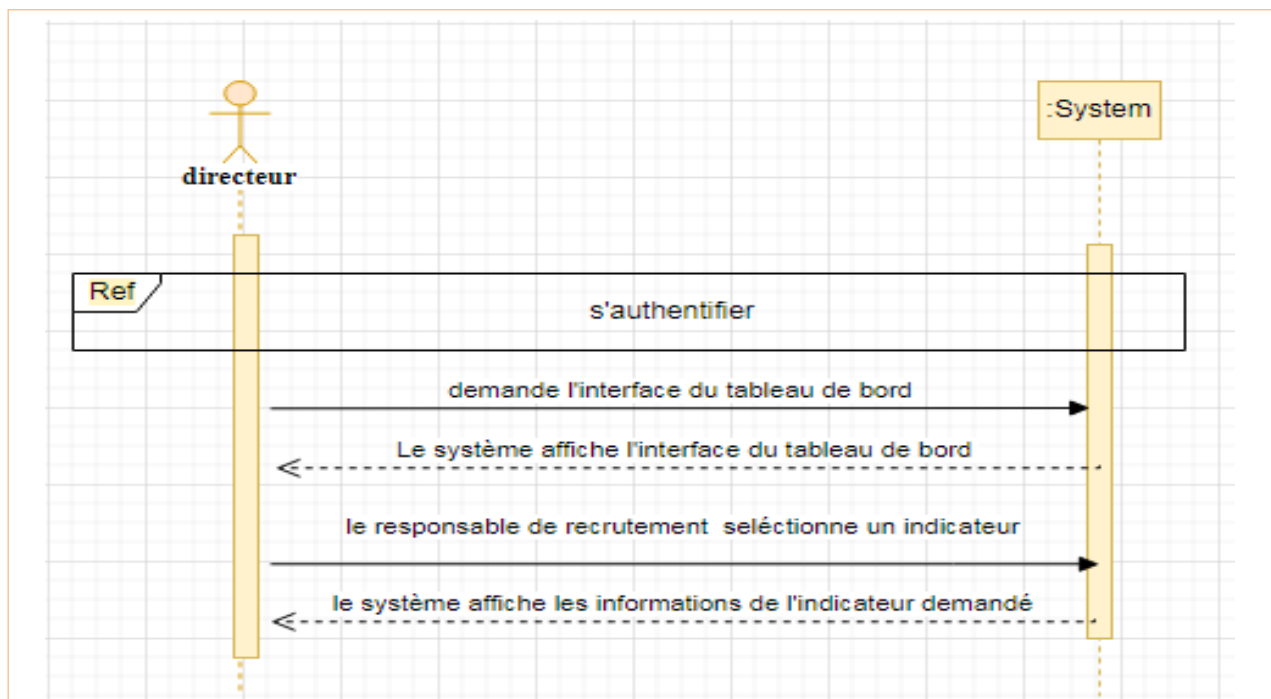


Figure 3.19 : diagramme de séquence du cas consulter le tableau de bord global

• Cas d'utilisation – Génération des clusters -

Cas d'utilisation	Génération des clusters
Acteur principal	Responsable pédagogique.
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de grouper les étudiants dans des clusters selon des critères de similarité.
Pré-condition	Responsable pédagogique doit être connecté au système
Post-condition	Les résultats de clustering sont affichés et le responsable peut former les groupes des élèves à partir des clusters.
Scenario normal	1) Le responsable pédagogique demande la génération des clusters d'un niveau. 2) Le système affiche une liste de critères et des niveaux. 3) Le Responsable pédagogique. sélectionne les critères et le niveau pour former un filtre de clustering. 4) Le système lance l'algorithme de clustering selon le filtre de clustering formé par le responsable et affiche les résultats
Scenario alternatif	4.a le système affiche des erreurs liées aux paramètres de l'algorithme de clustering utilisé (filtre vide, liste des élèves vide..etc)

Tableau 3.28 : description textuelle du cas Génération des clusters.

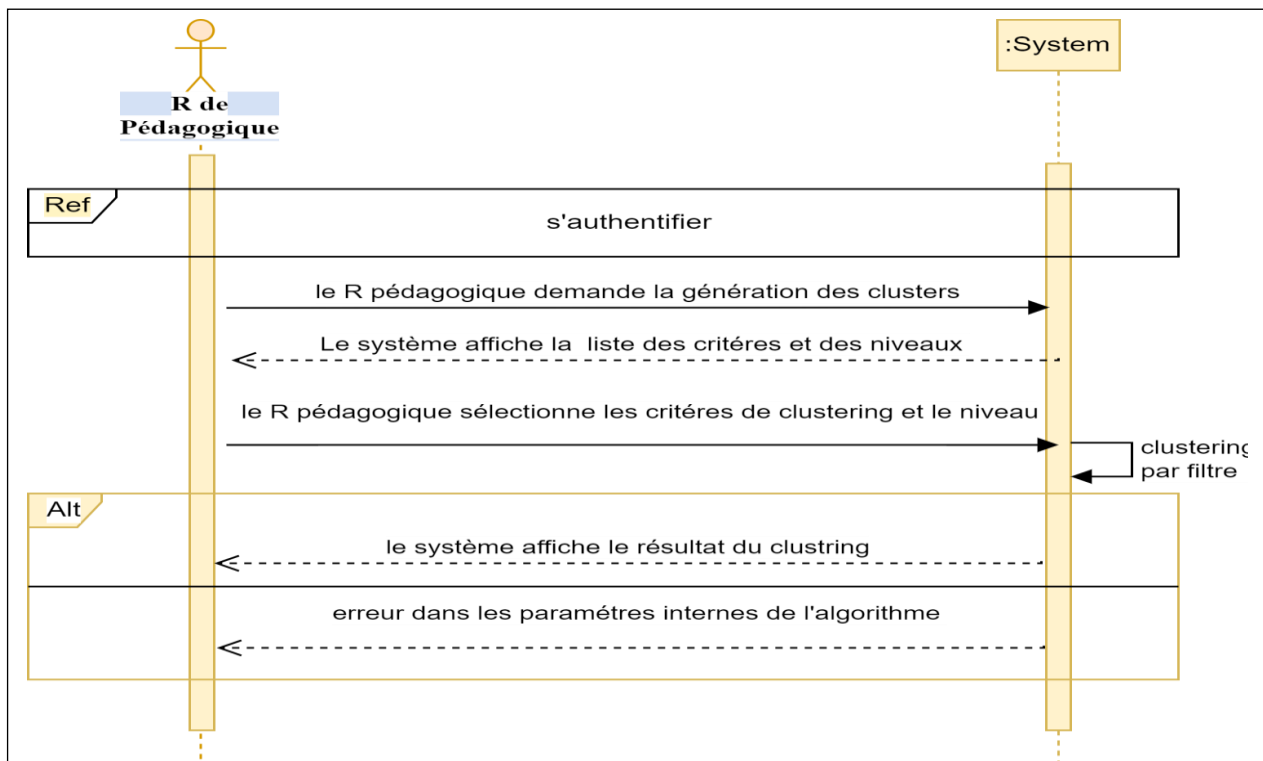


Figure 3.20 : diagramme de séquence du cas Génération des clusters

• Cas d'utilisation – formation des groupes à partir des résultats de clustering -

Cas d'utilisation	formation des groupes à partir des résultats de clustering
Acteur principal	Responsable pédagogique.
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de former les groupes des élèves à partir des différents clustrings réalisés
Pré-condition	Responsable pédagogique doit s'authentifier.
Post-condition	Les groupes des élèves sont formés avec succès.
Scenario normal	1) Le responsable pédagogique demande la formation des groupes des élèves d'un niveau donné 2) Le système affiche les filtres des clusterings déjà réalisés pour le niveau demandé. 3) Le responsable pédagogique sélectionne un filtre 4) Le système affiche les clusters du filtre sélectionné 5) le responsable pédagogique affecte les étudiants aux groupes selon les clusters affichés

Tableau 3.29 : description textuelle du cas formation des groupes à partir des résultats de clustering -

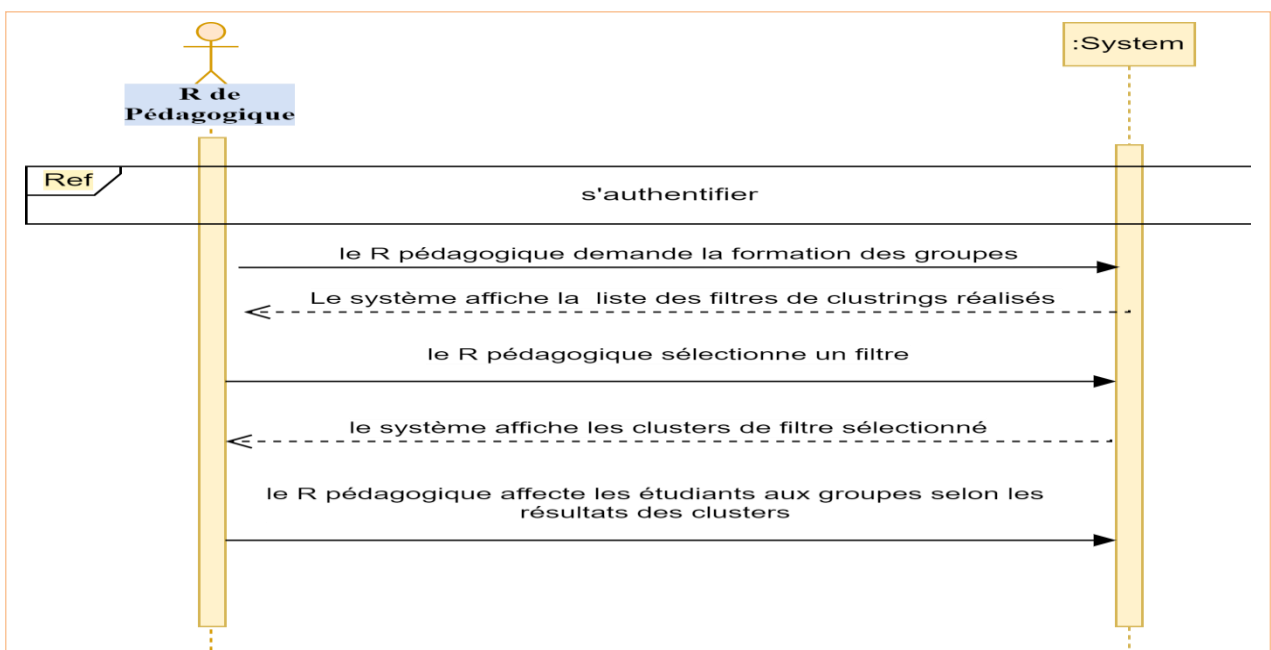


Figure 3.21 : diagramme de séquence du cas formation des groupes à partir des résultats de clustering

- Cas d'utilisation << Saisir les suivis des élèves>> :

Cas d'utilisation	Saisir les suivis des élèves
Acteur principal	Enseignant
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de saisir les suivis des élèves (absence, participation, devoir.... Etc)
Pré-condition	L'enseignant doit être connecté au système.
Post-condition	Le suivi des élèves est saisi avec succès
Scenario normal	1) L'enseignant demande la page du suivi des élèves. 2) Le système affiche la liste de groupes de l'enseignant 3) L'enseignant sélectionne un groupe 4) Le système affiche la liste des élèves du groupe 5) L'enseignant sélectionne un élève dans la liste pour saisir son suivi. 6) Le système affiche un formulaire de saisie pour le suivi de l'élève.

Tableau 3.30 : description textuelle du cas saisir les suivis des élèves

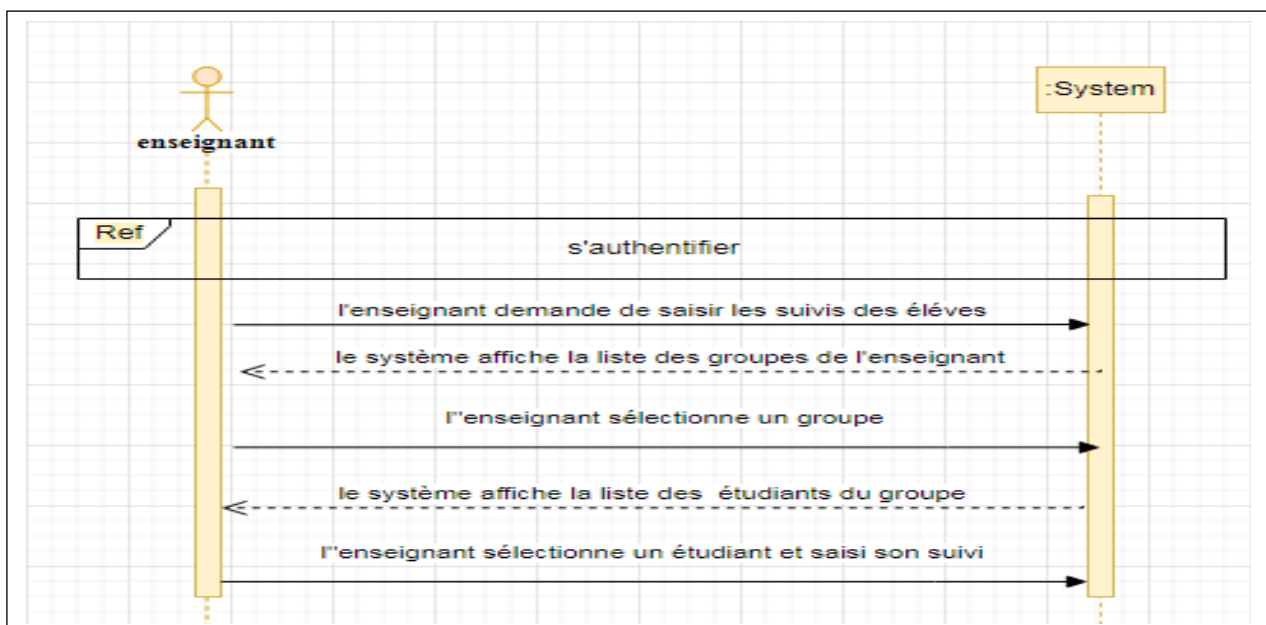


Figure 3.22 : diagramme de séquence du cas saisir les suivis des élèves

- Cas d'utilisation – consulter les suivis –

Cas d'utilisation	Consulter les suivis des élèves
Acteur principal	Conseiller d'orientation
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de consulter les suivis des élèves
Pré-condition	Conseiller d'orientation doit être connecté au système
Post-condition	Le Conseiller d'orientation a consulté les suivis des élèves avec succès.
Scenario normal	1) Le Conseiller demande la consultation des suivis des élèves. 2) Le système affiche la liste des groupes par niveau 3) Le Conseiller d'orientation sélectionne un groupe 4) le système affiche la liste des élèves du groupe 5) le conseiller demande le suivi d'un élève pour un module donné 6) Le système affiche le suivi demandé

Tableau 3.31 : description textuelle du cas consulter les suivis

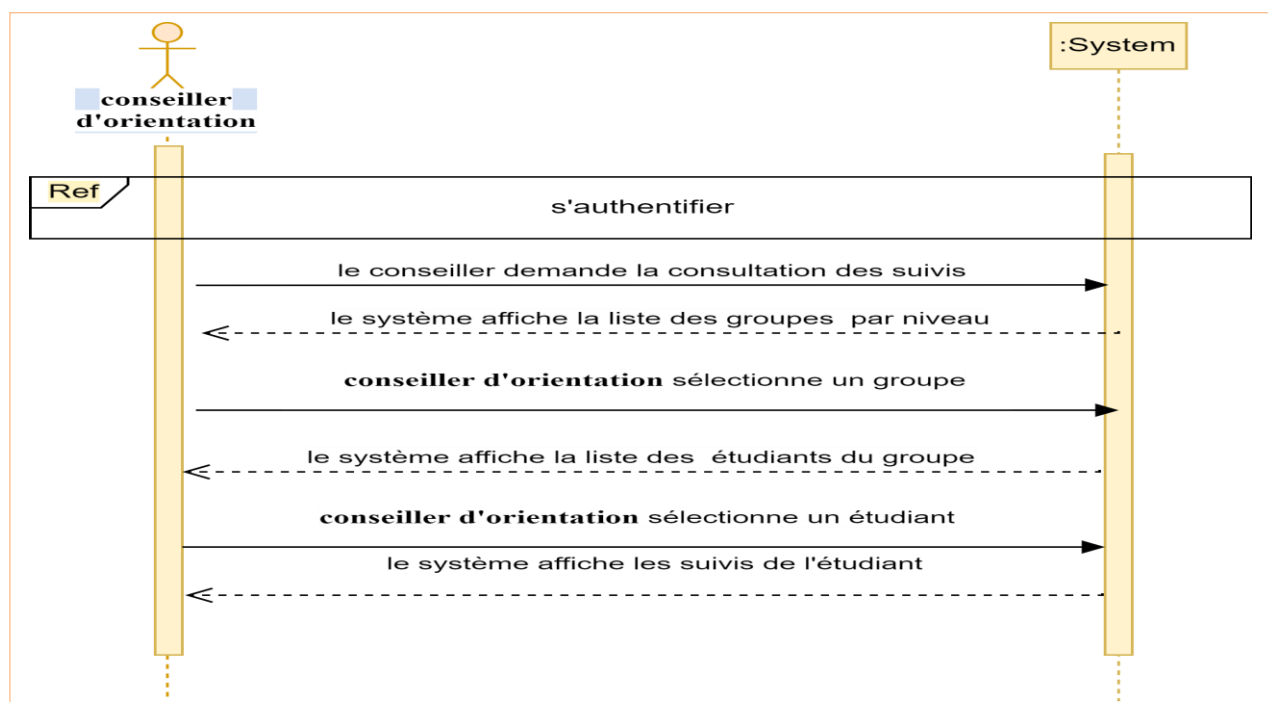


Figure 3.23 : diagramme de séquence du cas consulter les suivis

- Cas d'utilisation -prédire la performance/ par élève

Les autres formes de prédiction sont basées sur ce cas d'utilisation/prédiction par groupe/ par module

Cas d'utilisation	Prédire la performance
Acteur principal	Conseiller d'orientation
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet de prédire la performance de l'élève
Pré-condition	Conseiller d'orientation doit être connecté au système
Post-condition	Prédiction de la performance est calculée avec succès
Scenario normal	1. Le Conseiller d'orientation sélectionne un élève dans la liste pour prédire sa performance. 2. Le système affiche la liste de module 3. Le Conseiller d'orientation sélectionne un module 4. 6. Le système utilise le modèle de prédiction pour prédire la performance de l'élève
Scenario alternatif	Le système affiche des erreurs liées aux paramètres internes de l'algorithme

Tableau 3.32 : description textuelle du cas prédire la performance

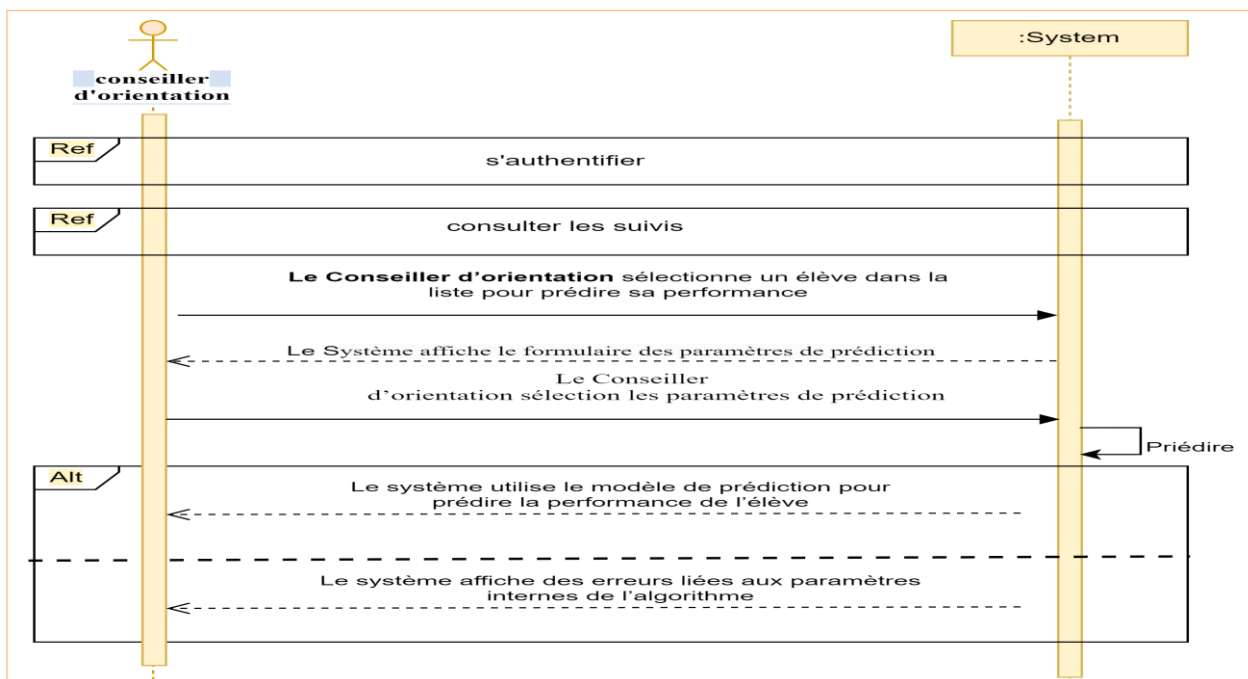


Figure 3.24 : diagramme de séquence du cas prédire la performance

- Cas d'utilisation -signaler l'absence de son enfant-

Cas d'utilisation	Signaler l'absence de son enfant
Acteur principal	Parent
Acteur secondaire	/
Objectif	Permet à un parent de signaler l'absence de son enfant.
Pré-condition	Le parent doit être connecté au système
Post-condition	Le parent a signalé l'absence de son enfant avec succès
Scenario normal	1) Le parent demande la page de signalement d'absence de son enfant. 2) Le système affiche la liste de ses enfants. 3) Le parent sélectionne un enfant. 4) Le système affiche le formulaire d'absence. 5) Le parent sélectionne la date et la période d'absence de son enfant. 6) Le système enregistre l'absence et envoie une confirmation de la prise en compte de l'absence par l'établissement enseignement.
Scenario alternatif	Informations manquantes ou erronées

Tableau 3.33 : description textuelle du cas signaler l'absence de son enfant

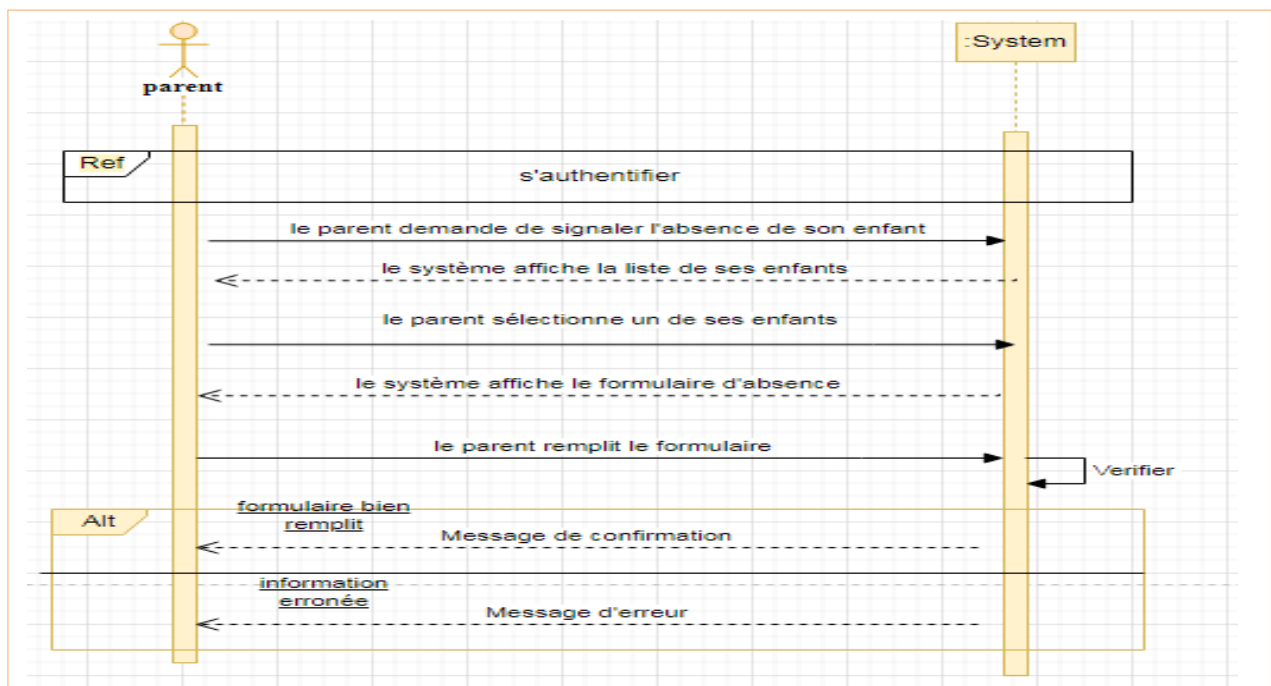
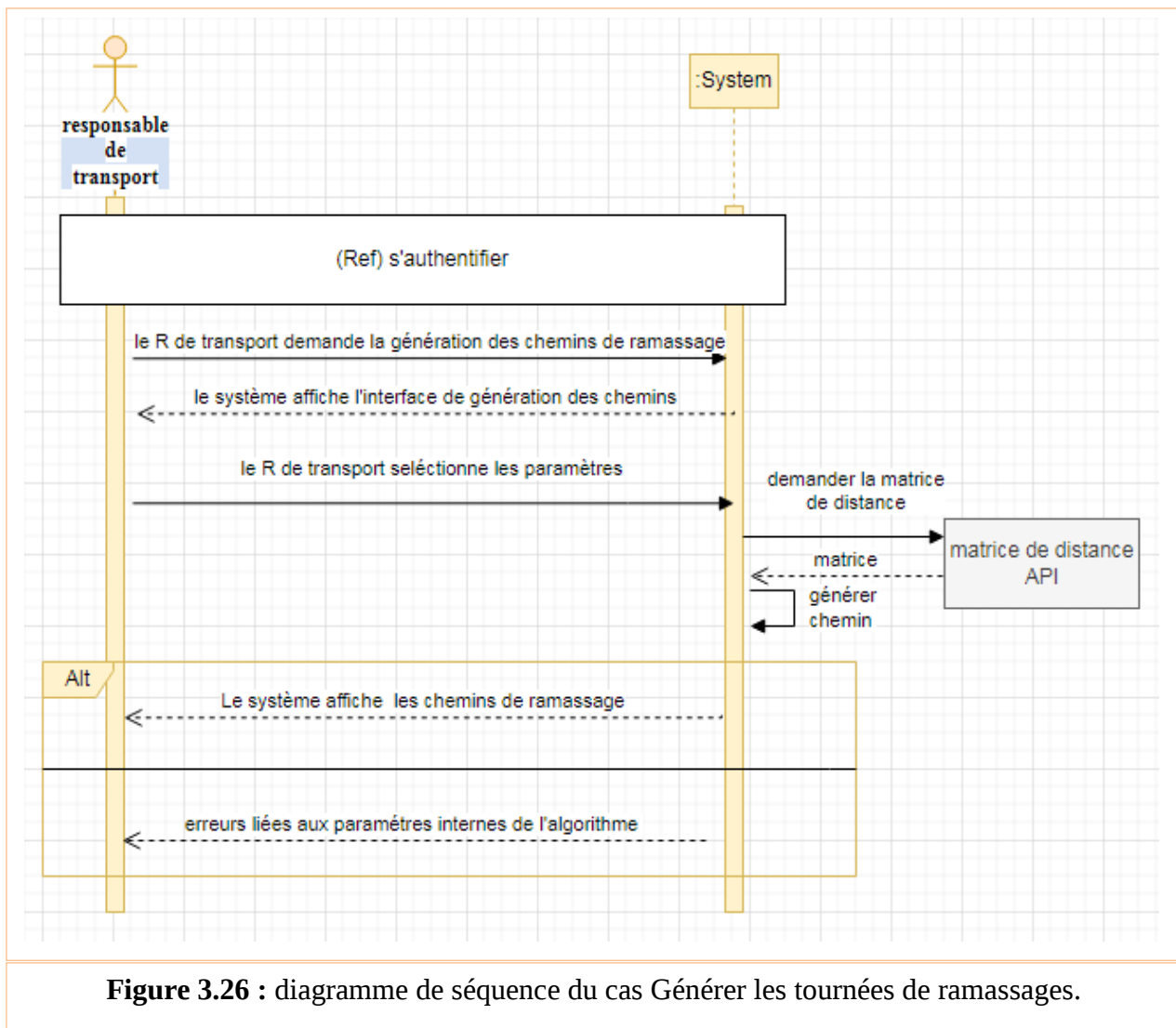


Figure 3.25 : diagramme de séquence cas signaler l'absence de son enfant

• Cas d'utilisation -Générer les tournées de ramassages- :

Cas d'utilisation	Générer les tournées de ramassages
Acteur principal	Le responsable du transport
Acteur secondaire	Matrice de distance API
Objectif	Permet de concevoir des tournées de ramassage optimisées
Pré-condition	Le responsable de transport doit être connecté au système
Post-condition	Les tournées de ramassage sont générées et optimisées avec succès.
Scenario normal	1) Le responsable du transport demande la fonctionnalité "Générer les tournées de ramassage des élèves". 2) Le système affiche l'interface de génération de tournées de ramassages 3) Le responsable du transport le nombre de place pour chaque véhicule 4) Le système récupère la liste des coordonnées des adresses (longitude et latitude) des étudiants concernés par le ramassage et envoi la liste des coordonné a l'API matrice de distance pour récupérer la distance réel entre chaque couple d'adresse 5) Le système lance l'heuristique d'optimisation et génère des tournées de ramassage optimisées pour chaque bus.
Scenario alternatif	5.a erreur dans les paramètres internes de l'algorithme d'optimisation

Tableau 3.34 : description textuelle du cas Générer les tournées de ramassages.



- **Cas d'utilisation - Consulter son chemin-**

Cas d'utilisation	Consulter son chemin
Acteur principal	Chauffeur
Acteur secondaire	MAP API
Objectif	Ce cas permet au chauffeur de Consulter les détails de son chemin.
Pré-condition	S'authentifier
Post-condition	Les informations du chemin sont affichées +le chemin sur MAP
Scenario normal	1. Chauffeur demande la consultation de son chemin 2. Le Système affiche les informations du chemin/affiche l'interface MAP

Tableau 3.35 : description textuelle du cas Consulter son chemin.

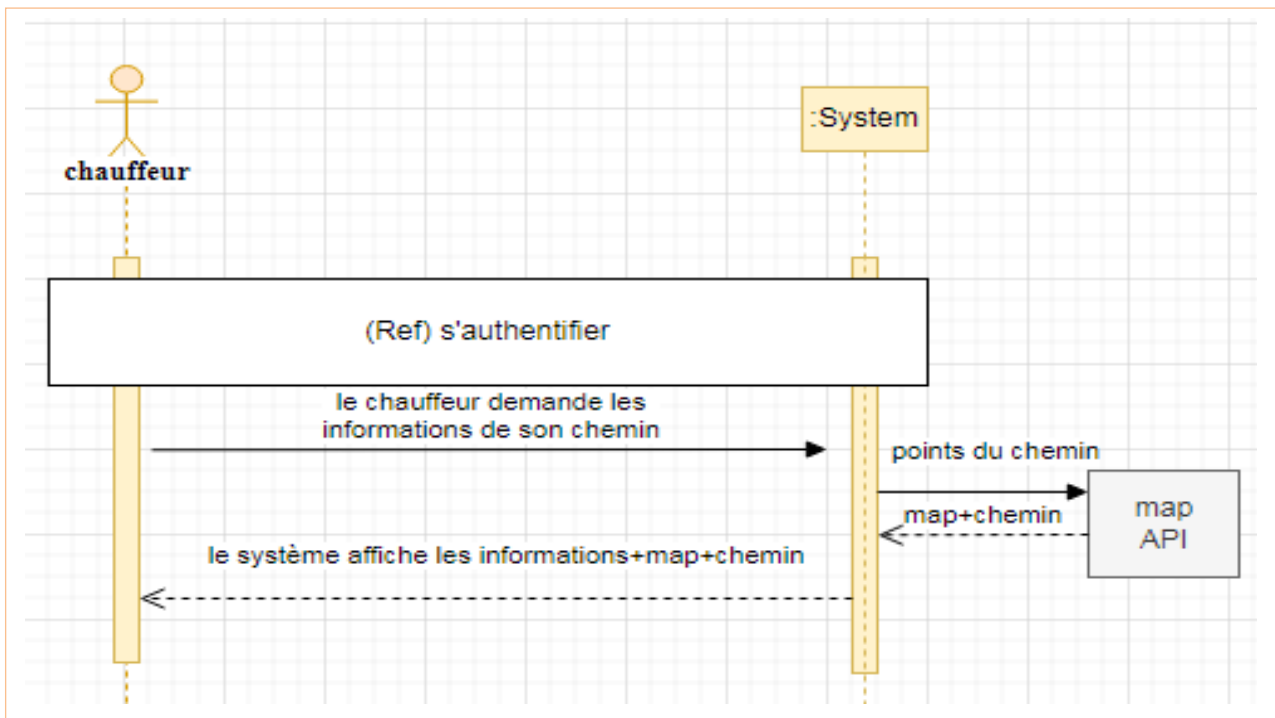


Figure 3.27 : diagramme de séquence du cas Consulter son chemin.

4. Réalisation des cas d'utilisation

4.1. Identification des classes du domaine

Au cours de cette étape, nous allons identifier les classes principales de notre domaine. Nous allons ensuite définir les attributs et les relations principales entre ces classes, ainsi que le rôle de chaque relation dans le système. Il est important de noter que cette liste de classes n'est pas définitive et sera enrichie au fil des étapes suivantes, en fonction des besoins des cas d'utilisation.

- **Classes :** Préinscription, Candidature, Annonce de recrutement, Élève, Adresse, Enseignant, Parent, Groupe, Salle, Séance, Module, Suivi, Absence, Bus, Route, Chauffeur.
- **Attributs et relations entre classes :**

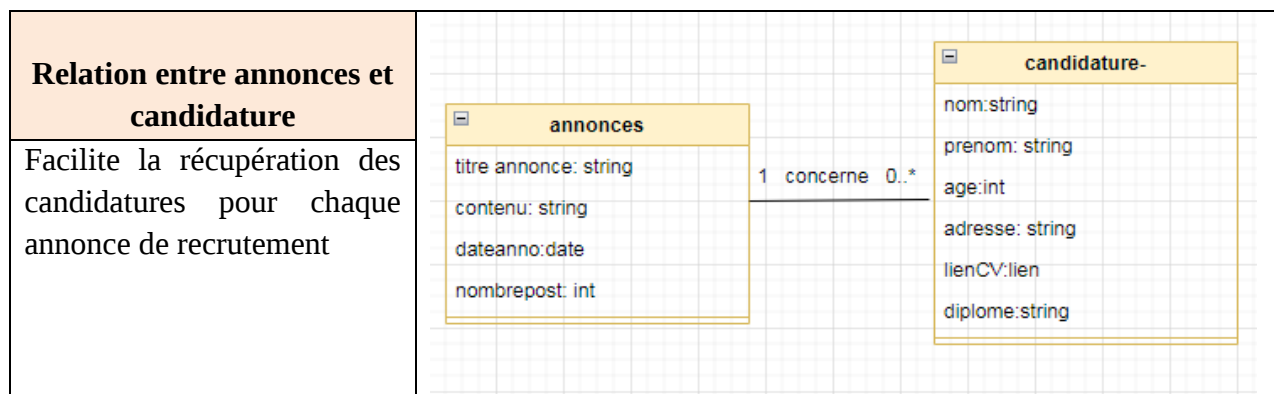


Figure 3.28 : relation annonce candidature

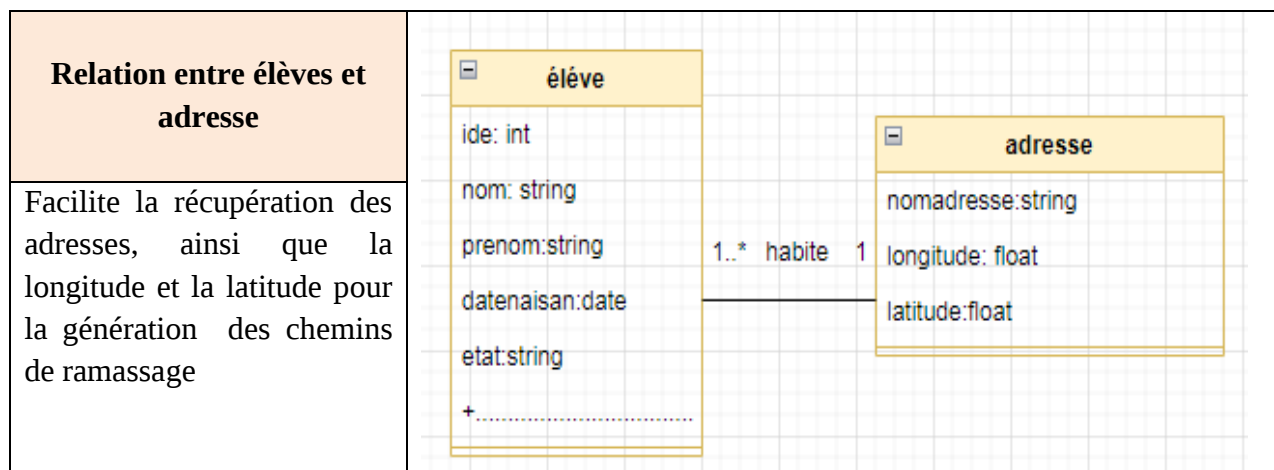


Figure 3.29 : relation élèves adresse.

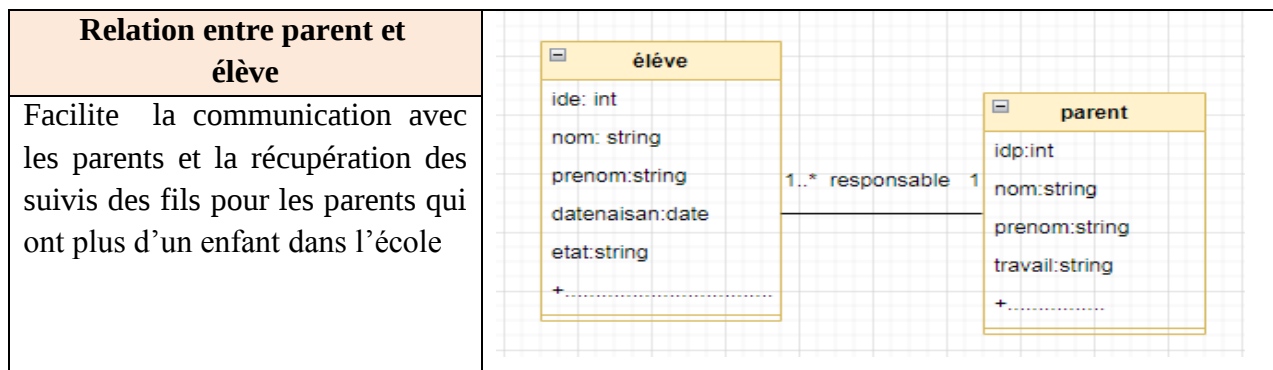


Figure 3.30 : relation parent élève

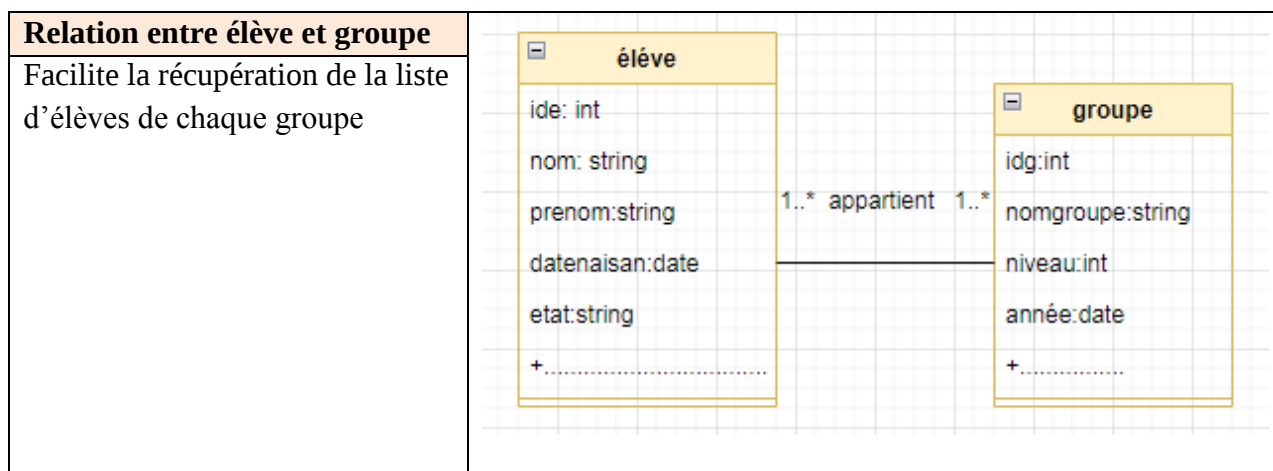


Figure 3.31 : relation élève groupe

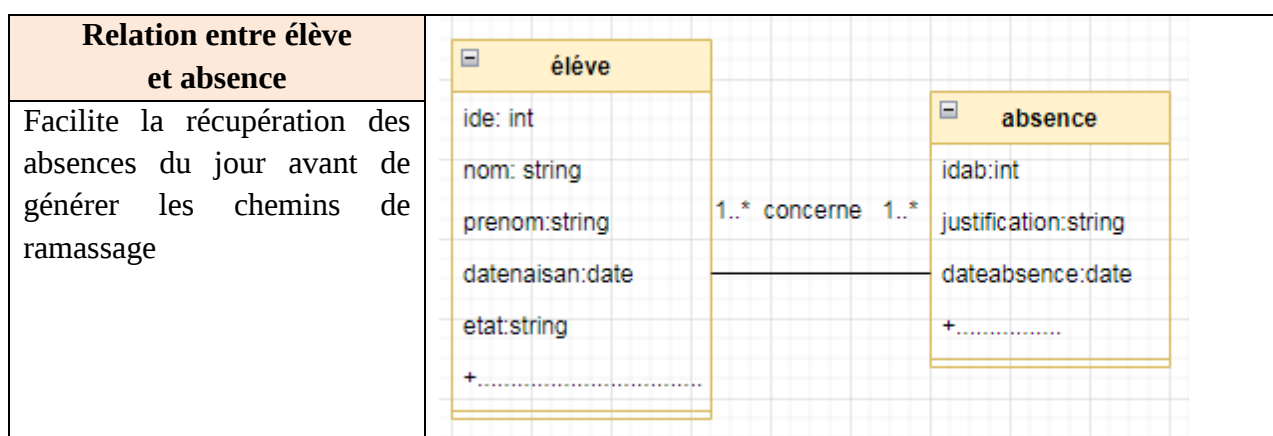
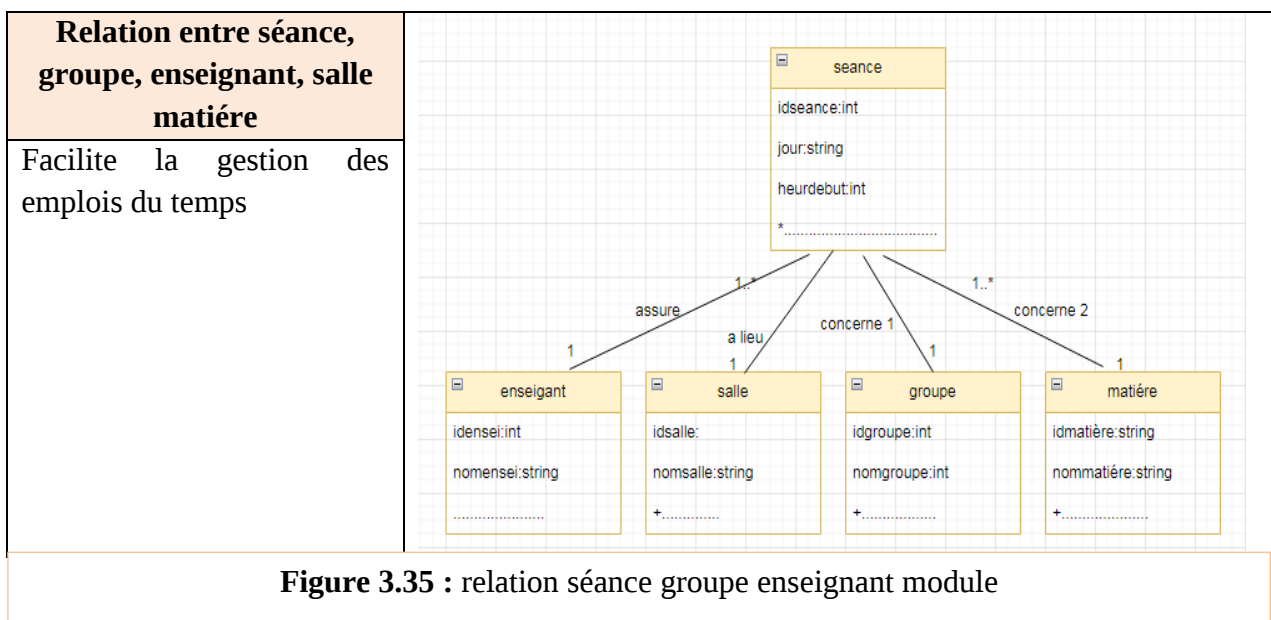
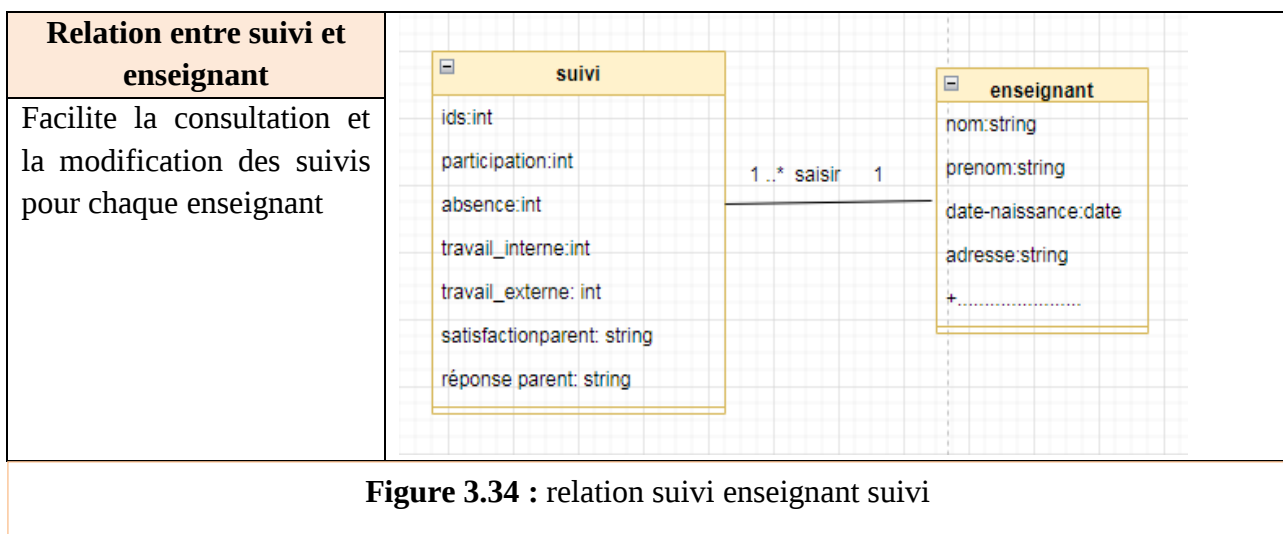
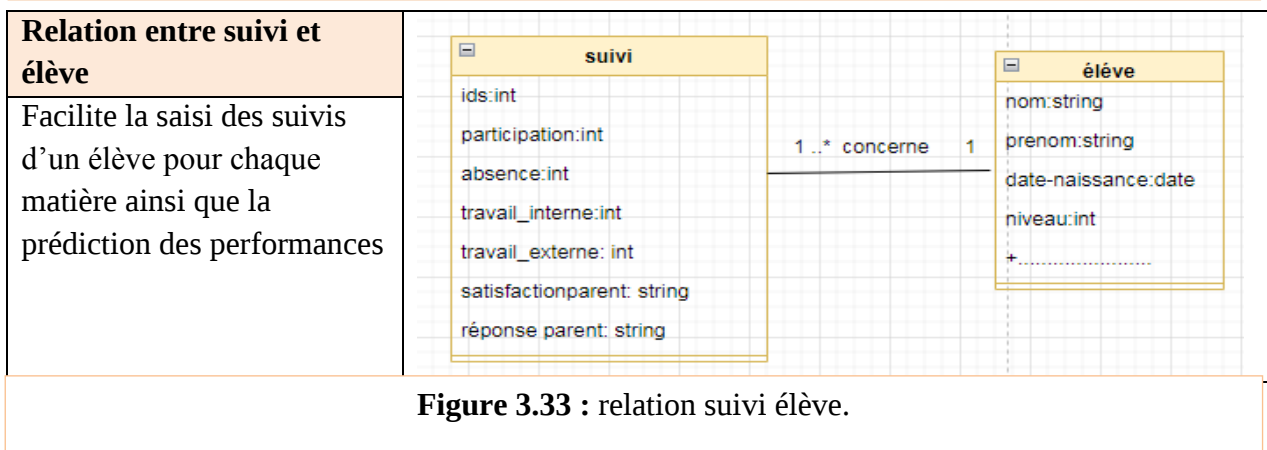


Figure 3.32 : relation absence élèves.



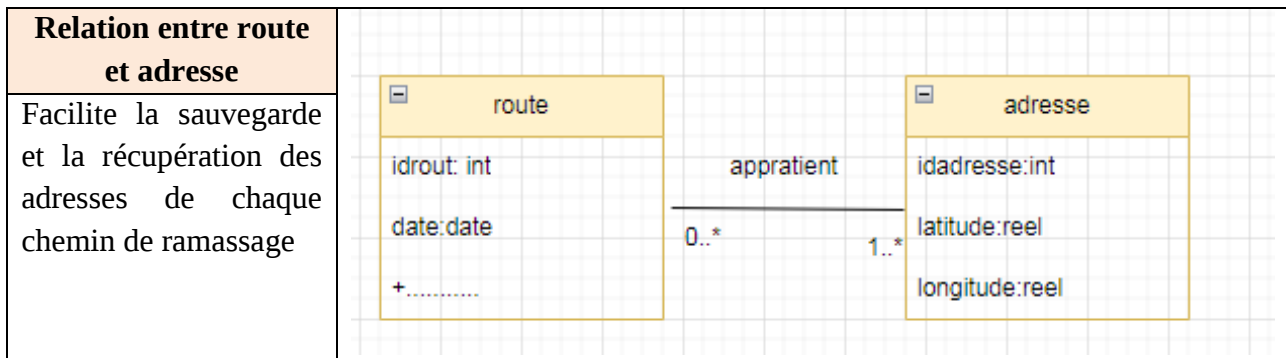


Figure 3.36 : relation route adresse

4.2. Diagramme de classe participante

Dans cette étape, nous allons identifier les trois types de classes d'analyse (dialogue, control et entité) en nous basant sur les classes du domaine identifiées lors de l'étape précédente. Nous allons également identifier d'autres classes liées aux cas d'utilisation "clustering" et "prédiction de performance". Ces classes serviront à l'enregistrement des résultats de prédiction ou de clustering.

Pour éviter la surcharge en présentant un grand nombre de diagrammes, nous allons fournir les diagrammes des cas d'utilisation les plus importants. Les cas d'utilisation qui ont un seul scénario sont présentés une seule fois.

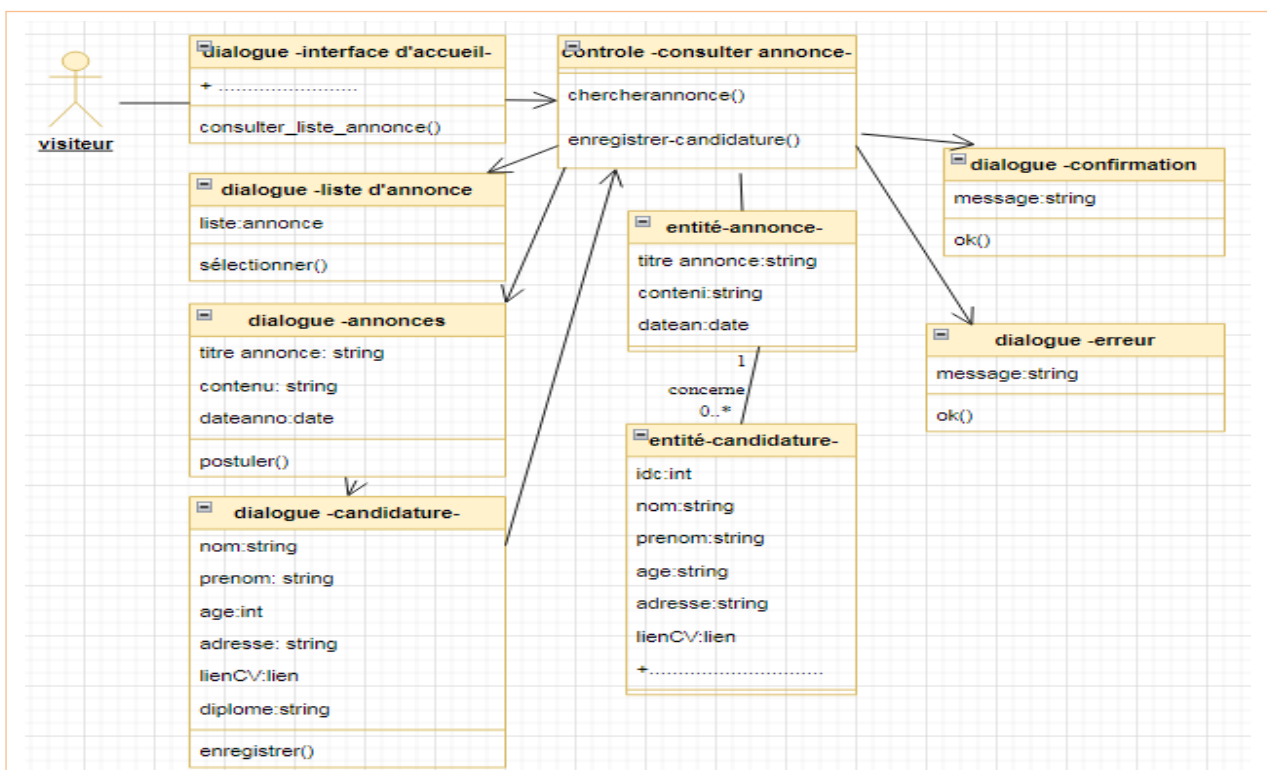


Figure 3.37 : diagramme de classes participantes du cas consulter annonce

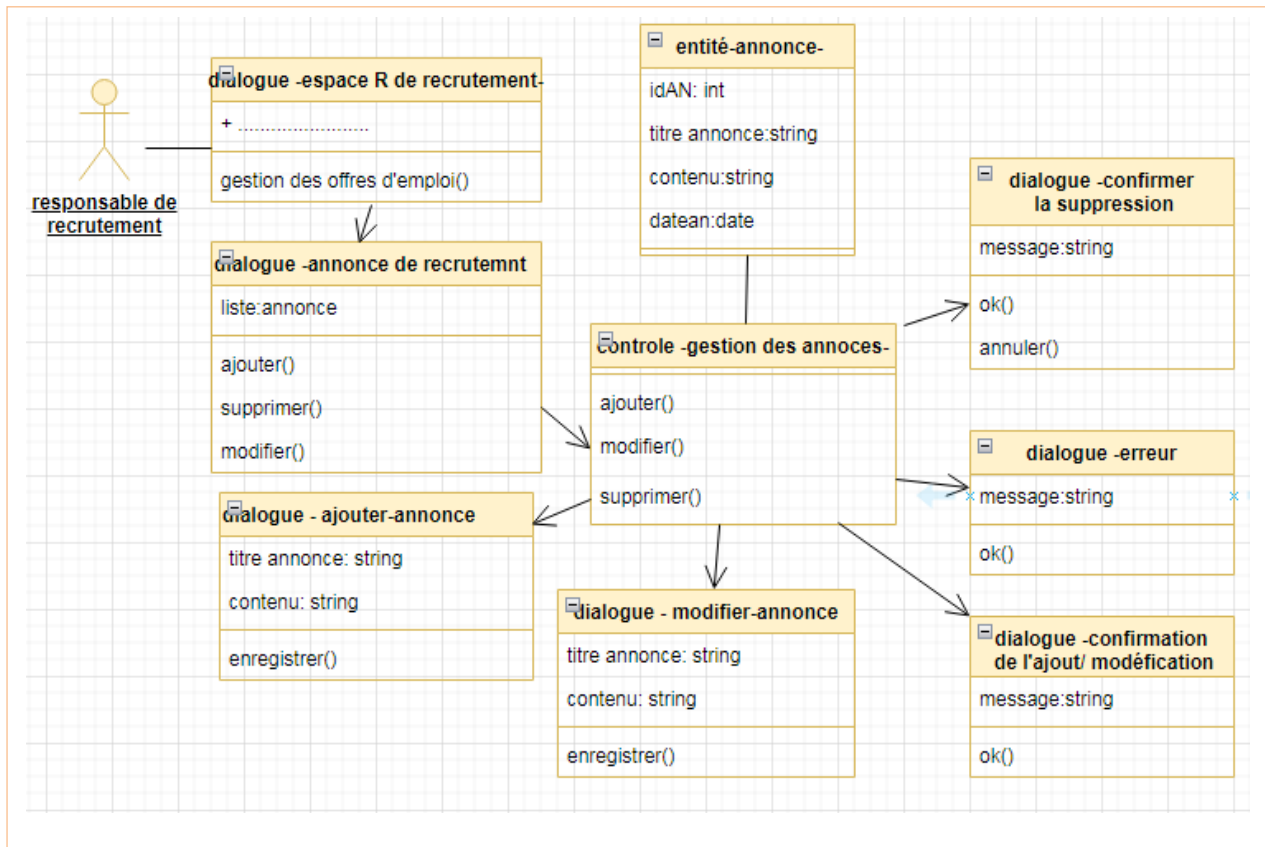


Figure 3.38 : diagramme de classes participantes du cas gestion des annonces de recrutement

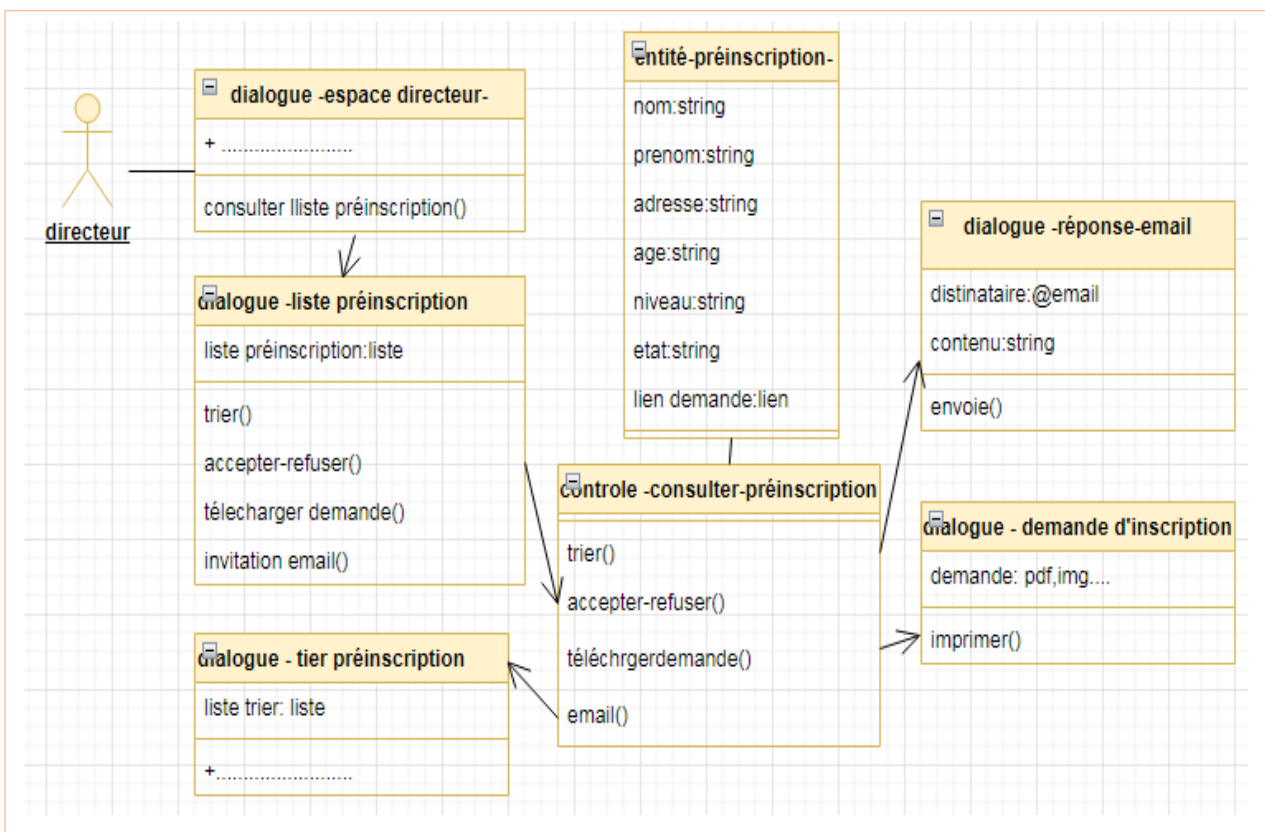


Figure 3.39 : diagramme de classes participantes du cas consulter préinscriptions

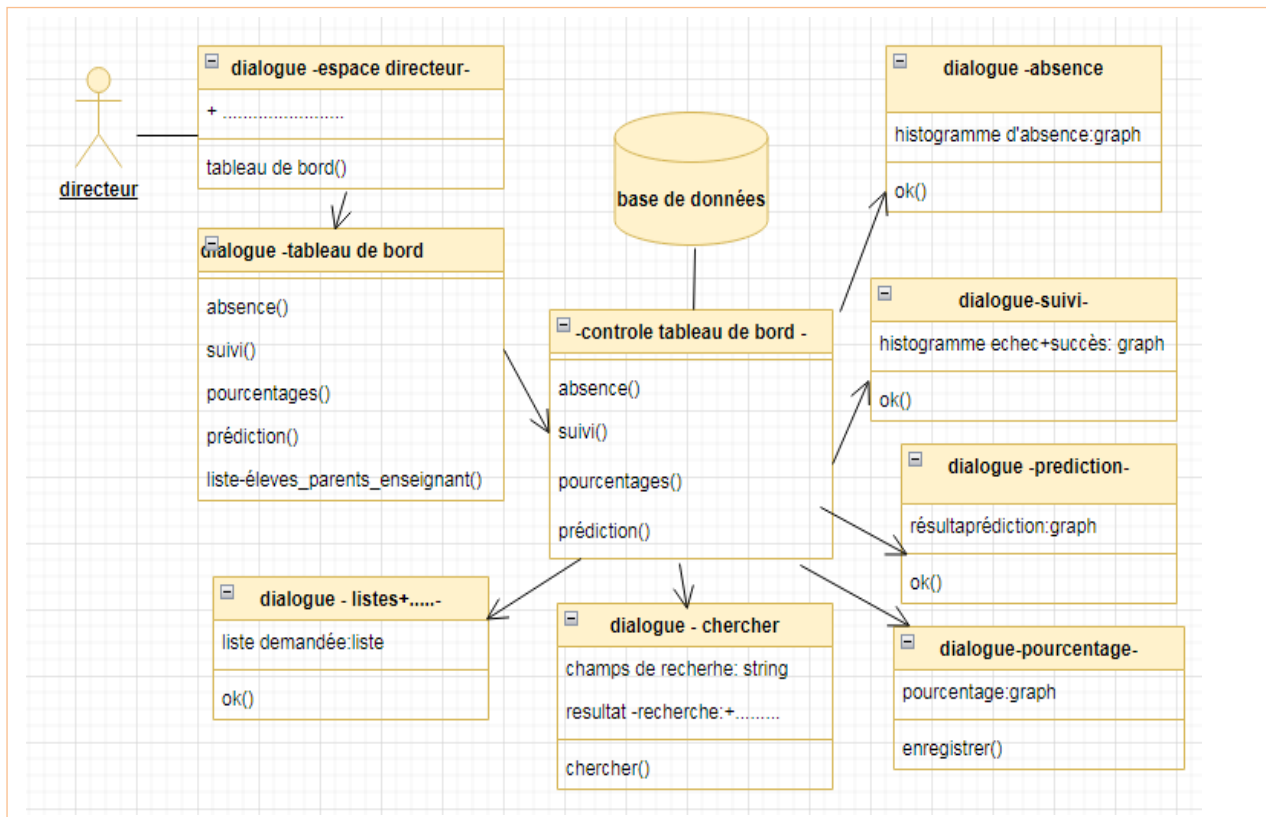


Figure 3.40 : diagramme de classes participantes du cas consulter tableau de bord

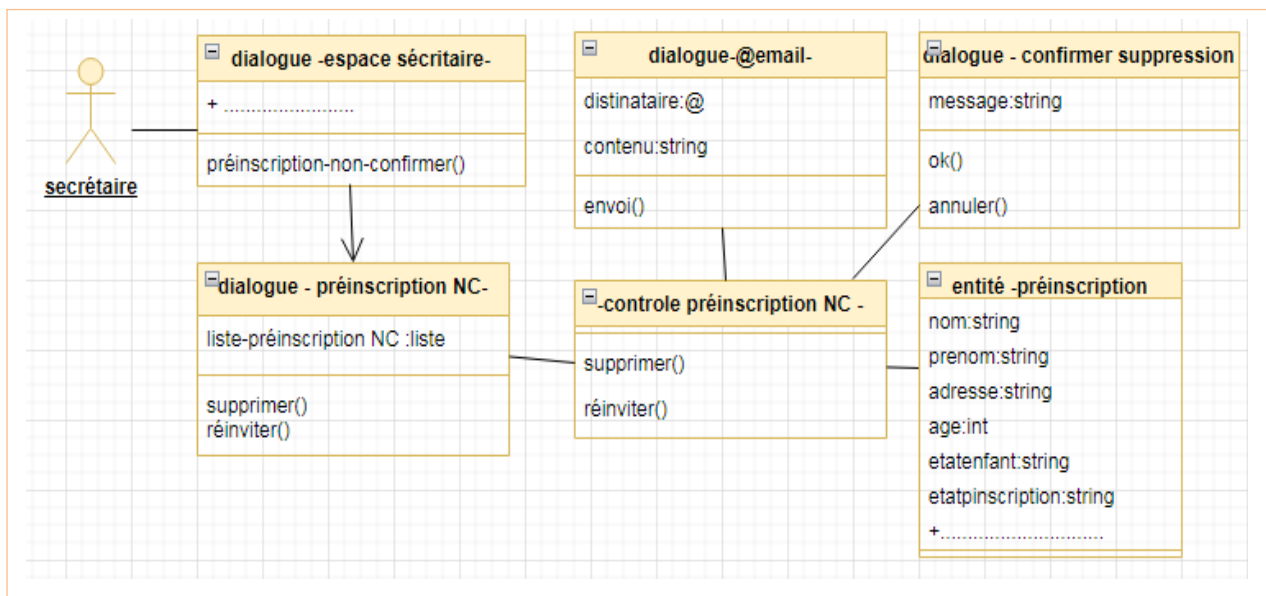


Figure 3.41 : diagramme de classes participantes du cas consulter préinscriptions non confirmées

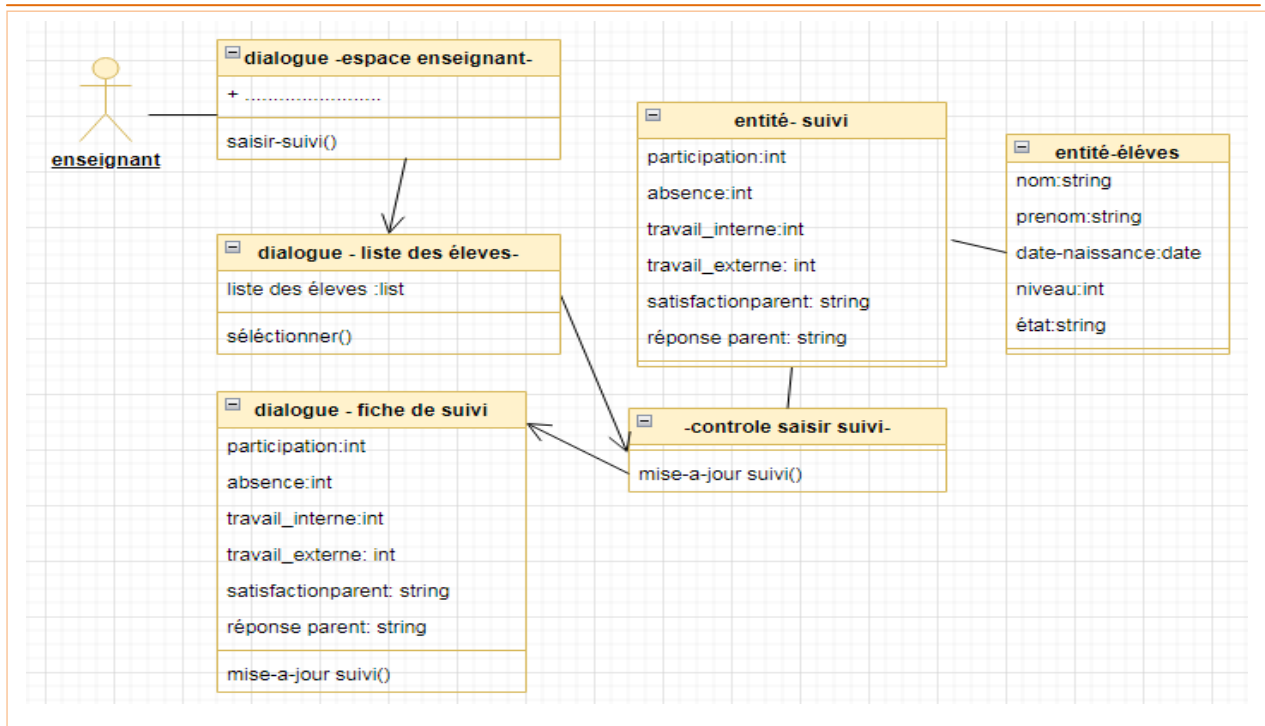


Figure 3.42 : diagramme de classes participantes du cas saisir suivi

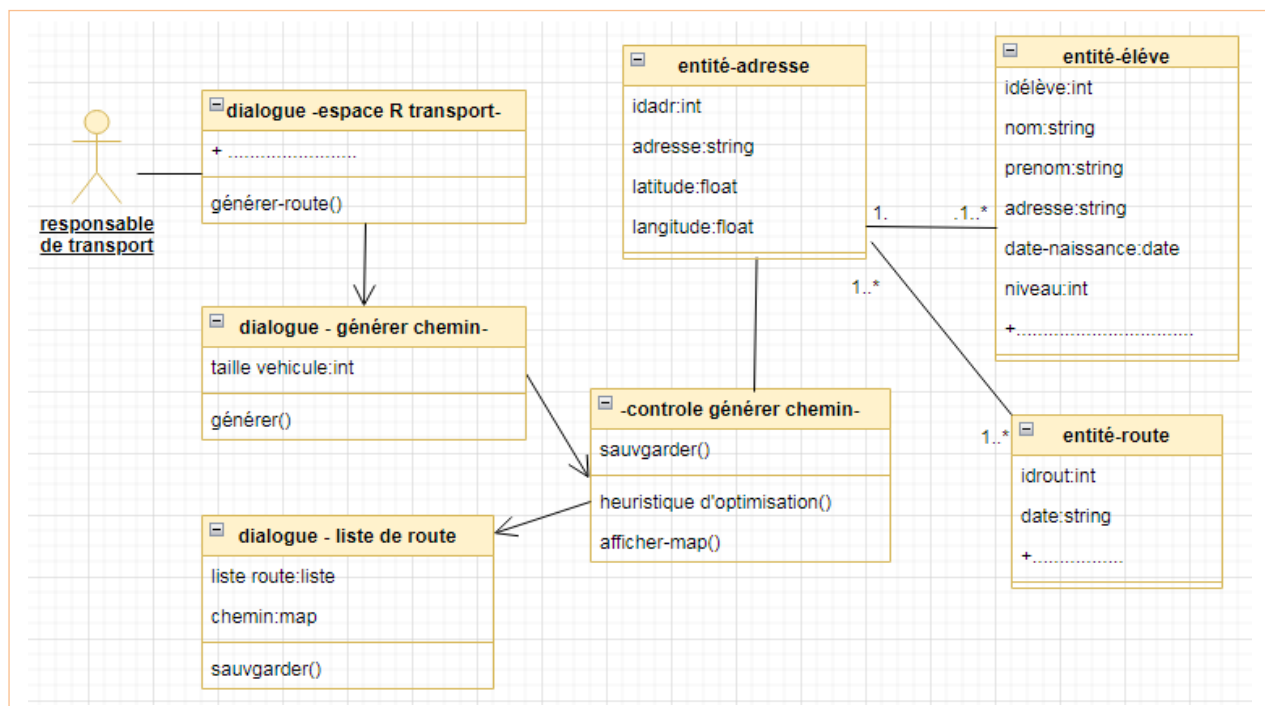


Figure 3.43 : diagramme de classes participantes du cas générer chemin du ramassage

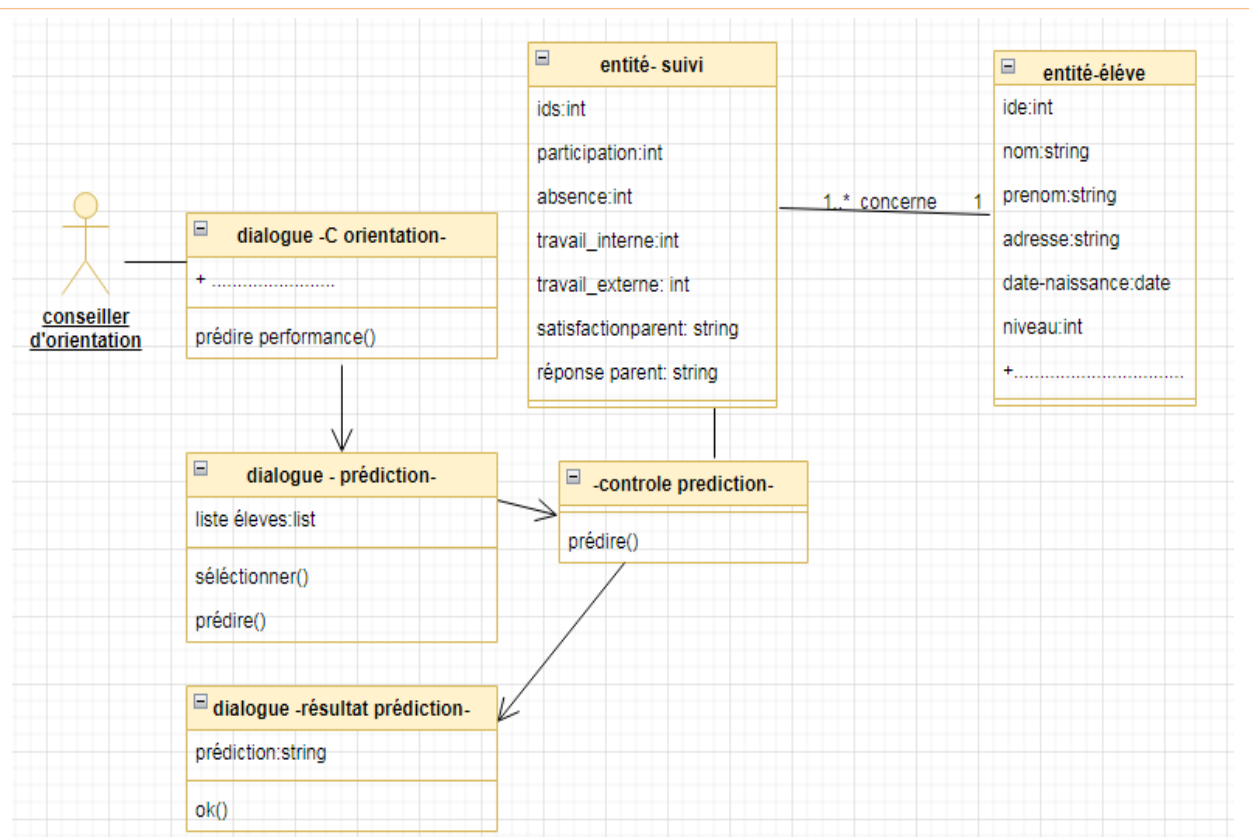


Figure 3.44 : diagramme de classes participantes du cas prédire performance

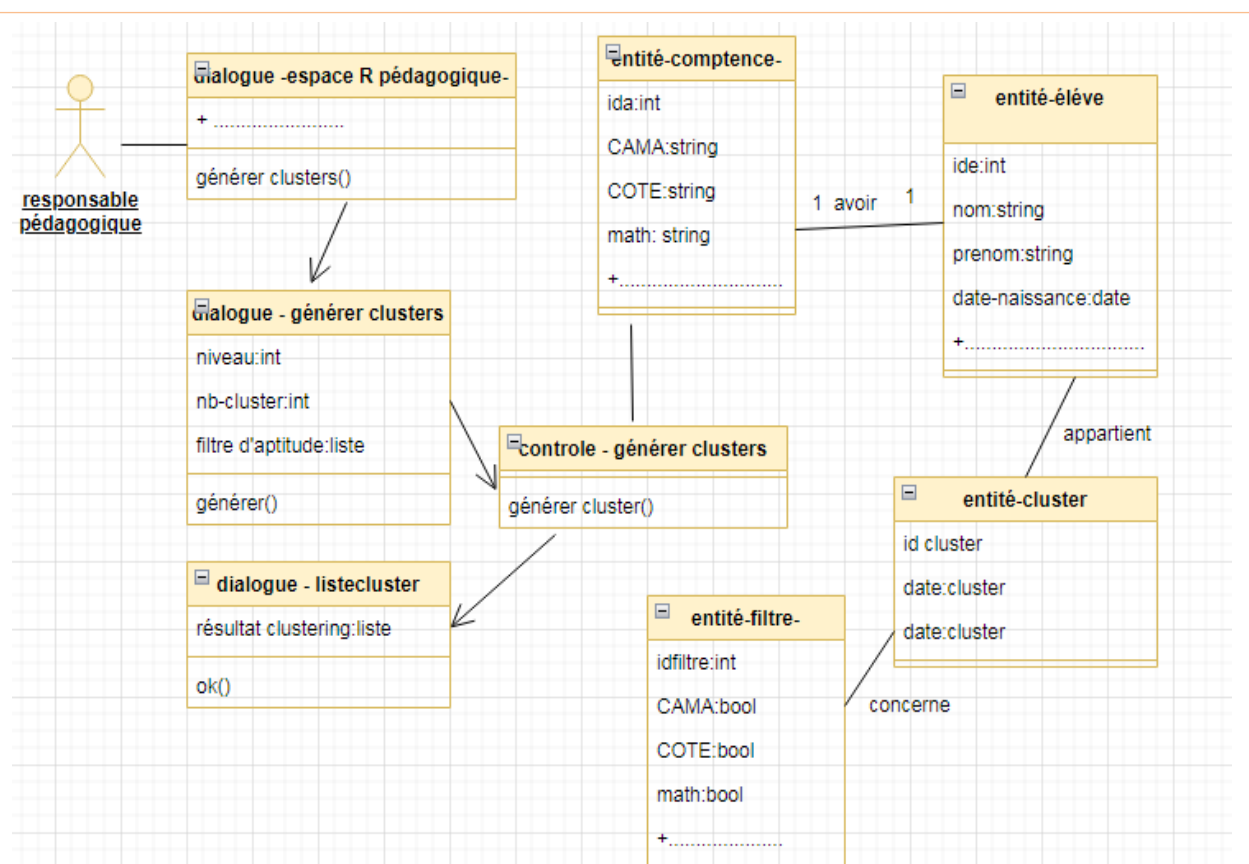


Figure 3.45 : diagramme de classes participantes du cas générer cluster

5. Conception objet

5.1. Diagramme de séquence détaillé

Nous allons maintenant assigner des responsabilités de comportement précises aux classes d'analyse identifiées dans la section précédente. Les résultats de cette étude seront représentés dans des diagrammes de séquence détaillés.

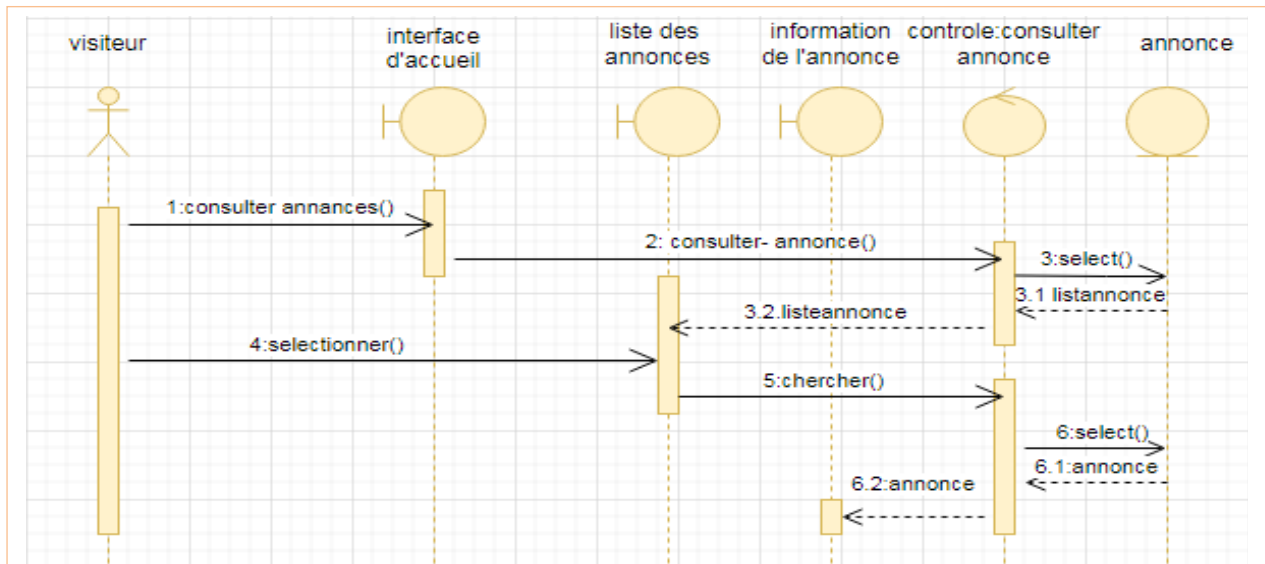


Figure 3.46 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter annonces

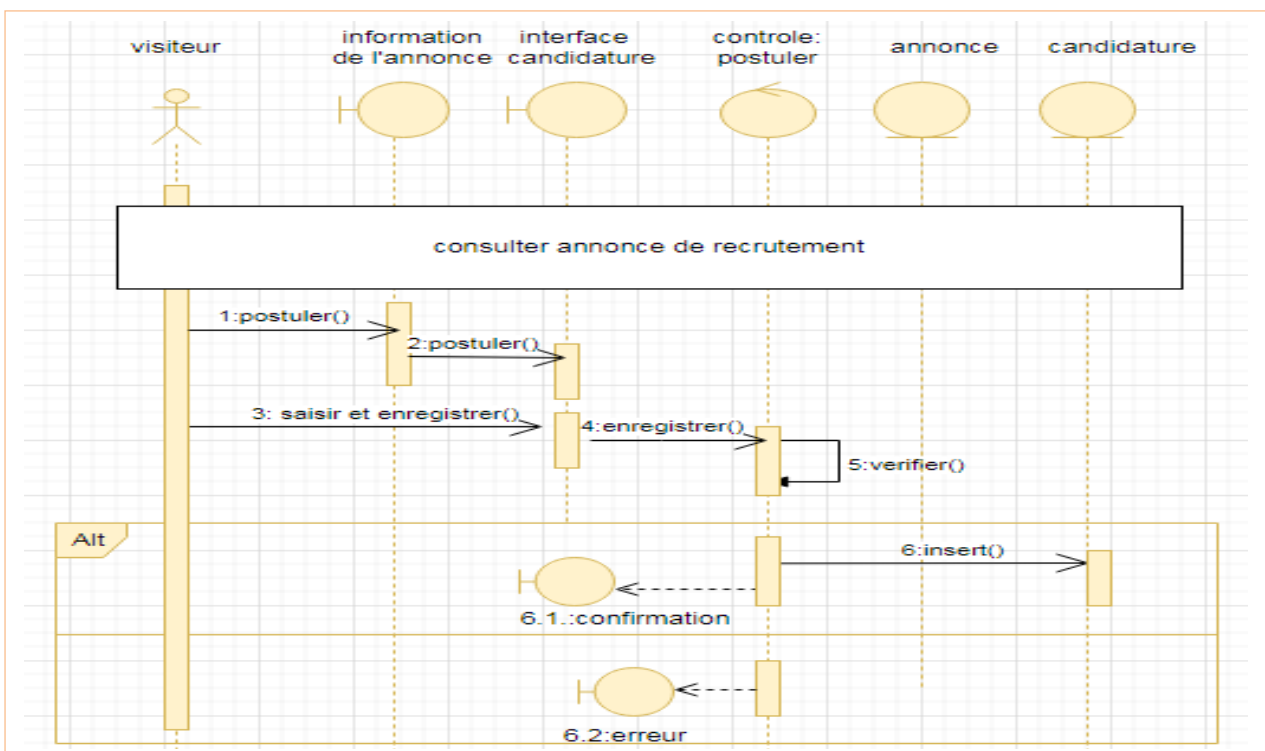


Figure 3.47 : diagramme de séquence détaillé du cas postuler

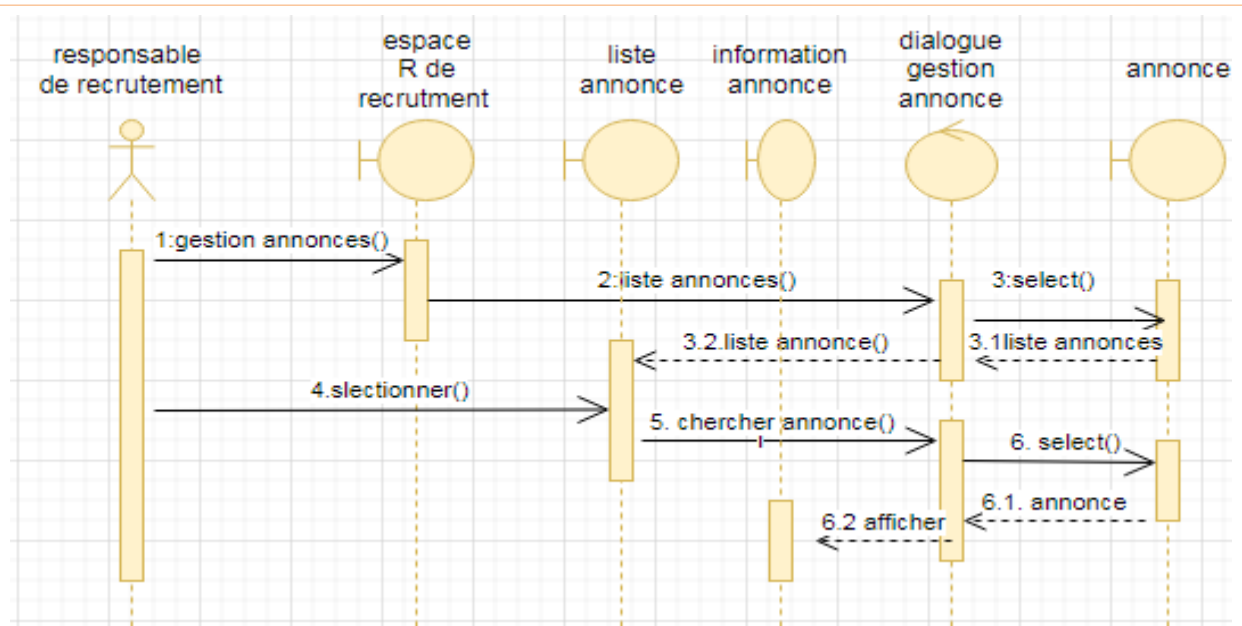


Figure 3.48 : diagramme de séquence détaillé du cas gestion des annonces

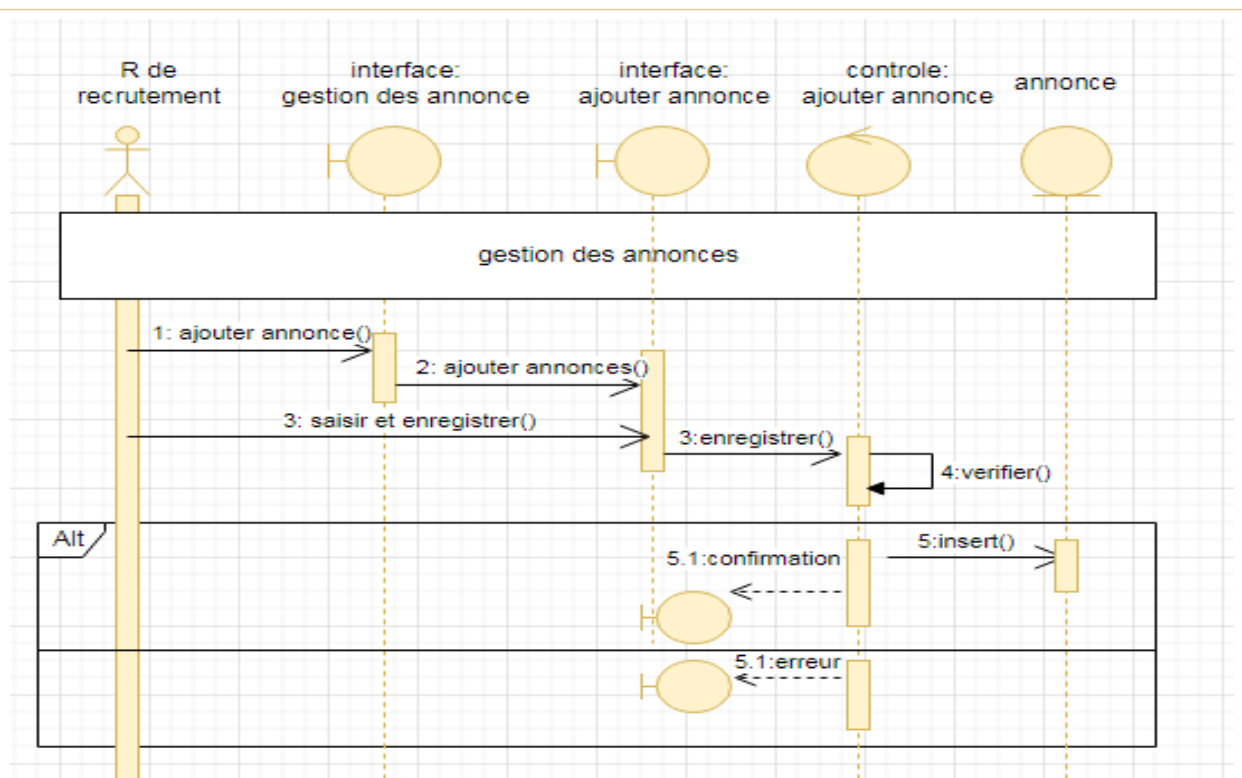


Figure 3.49 : diagramme de séquence détaillé du cas ajouter annonce

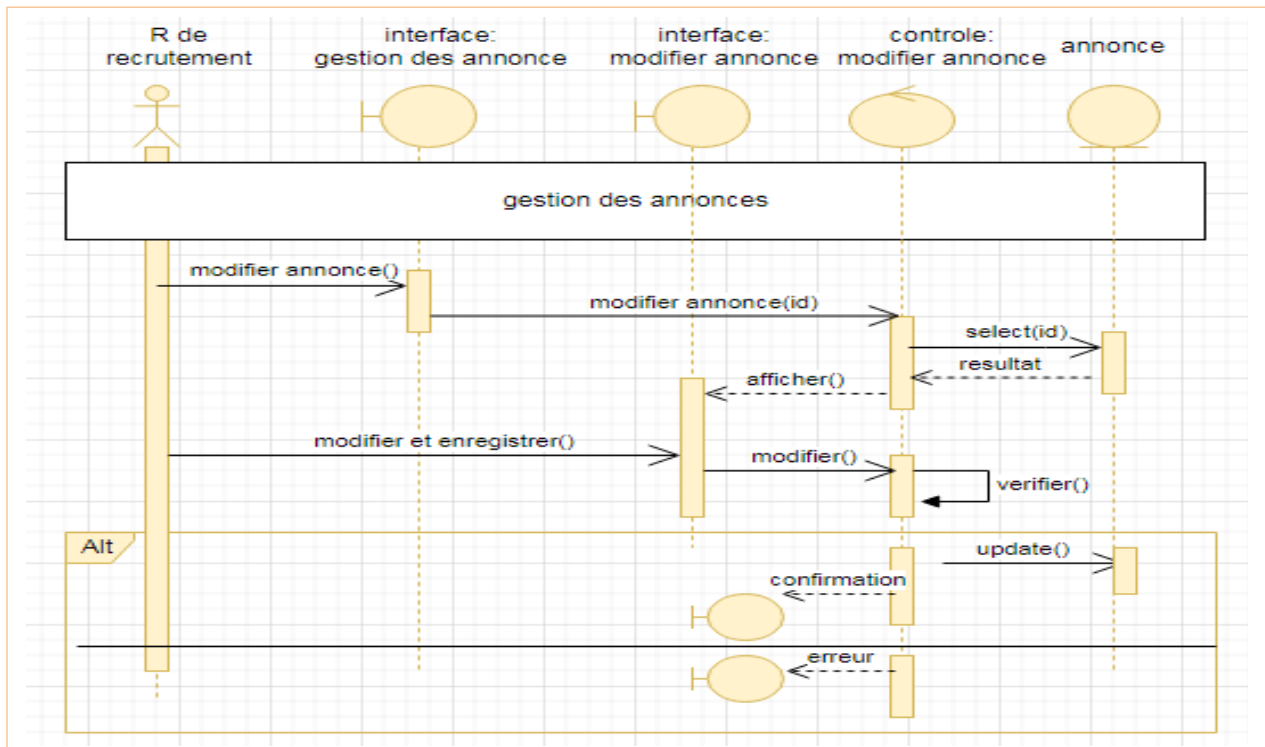


Figure 3.50 : diagramme de séquence détaillé du cas modifier annonce

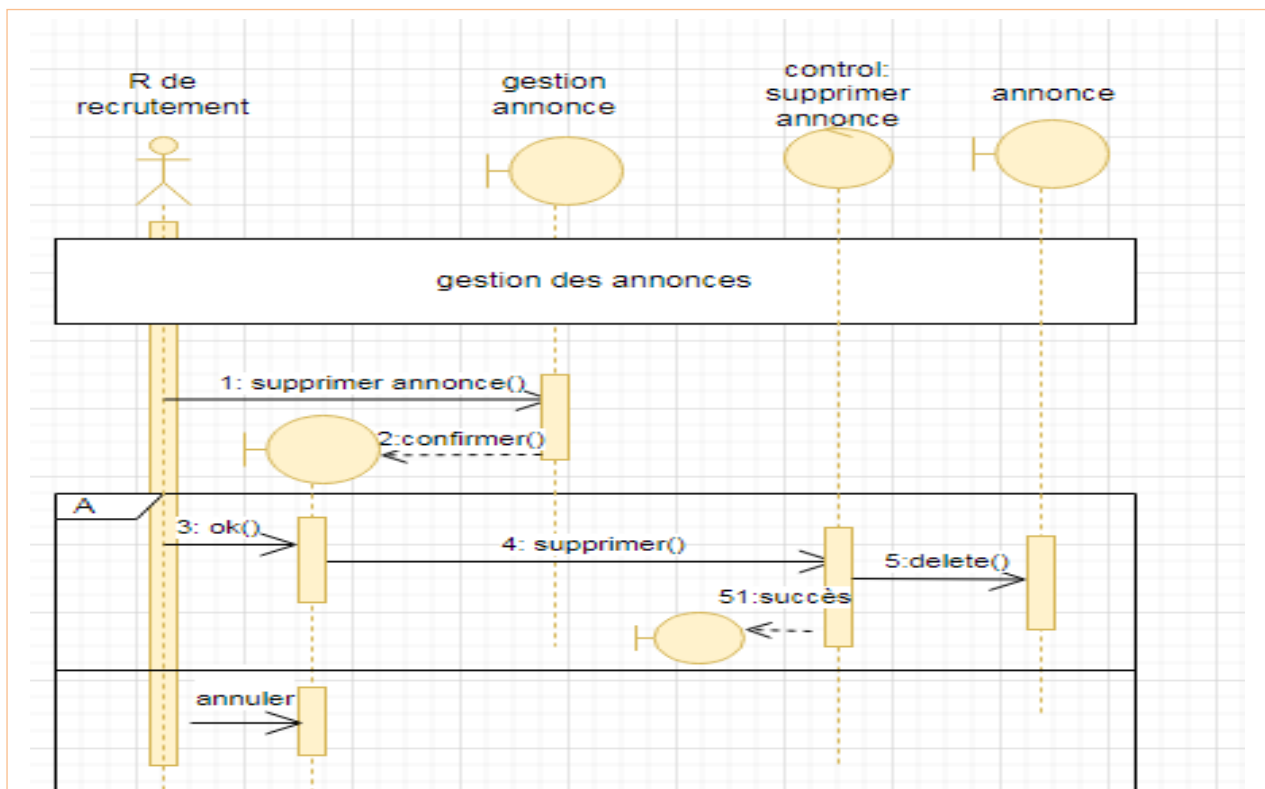


Figure 3.51 : diagramme de séquence détaillé du cas supprimer annonce

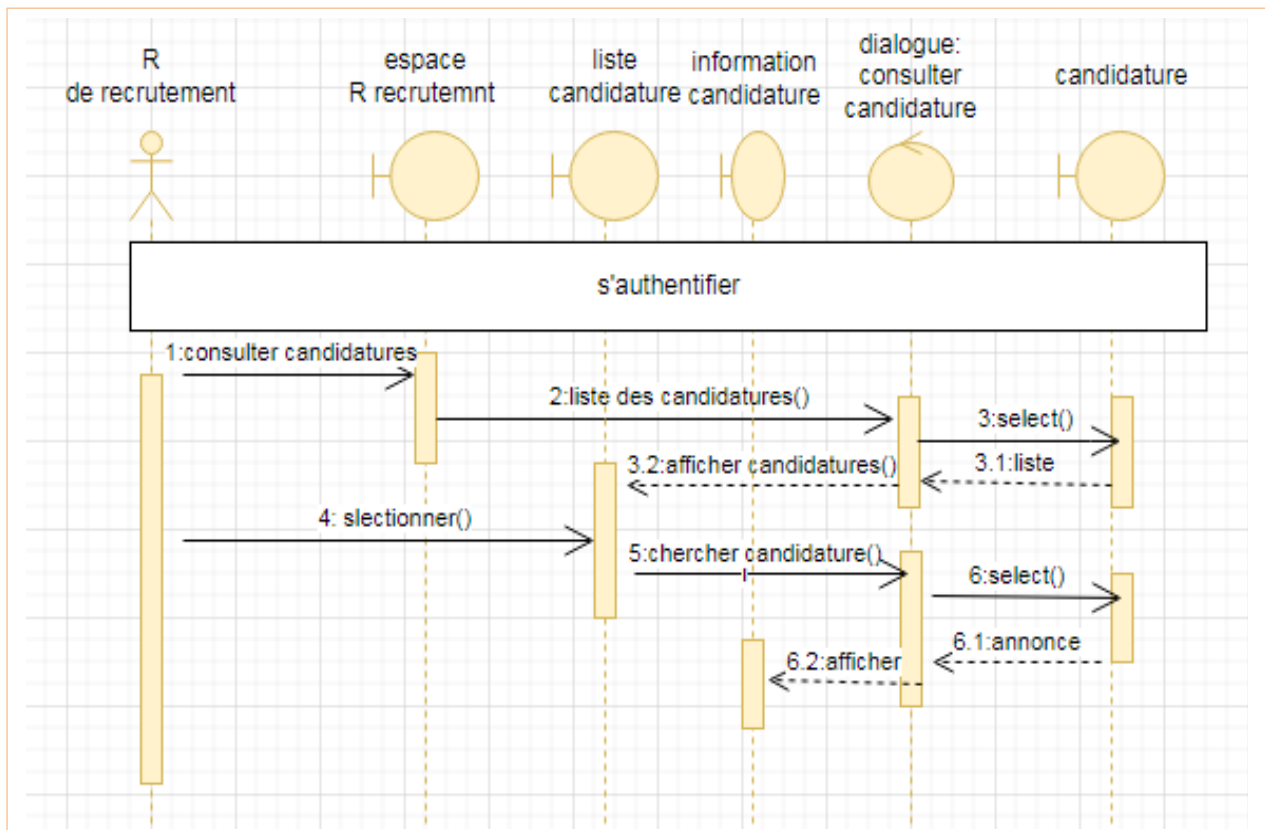


Figure 3.52 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter candidature

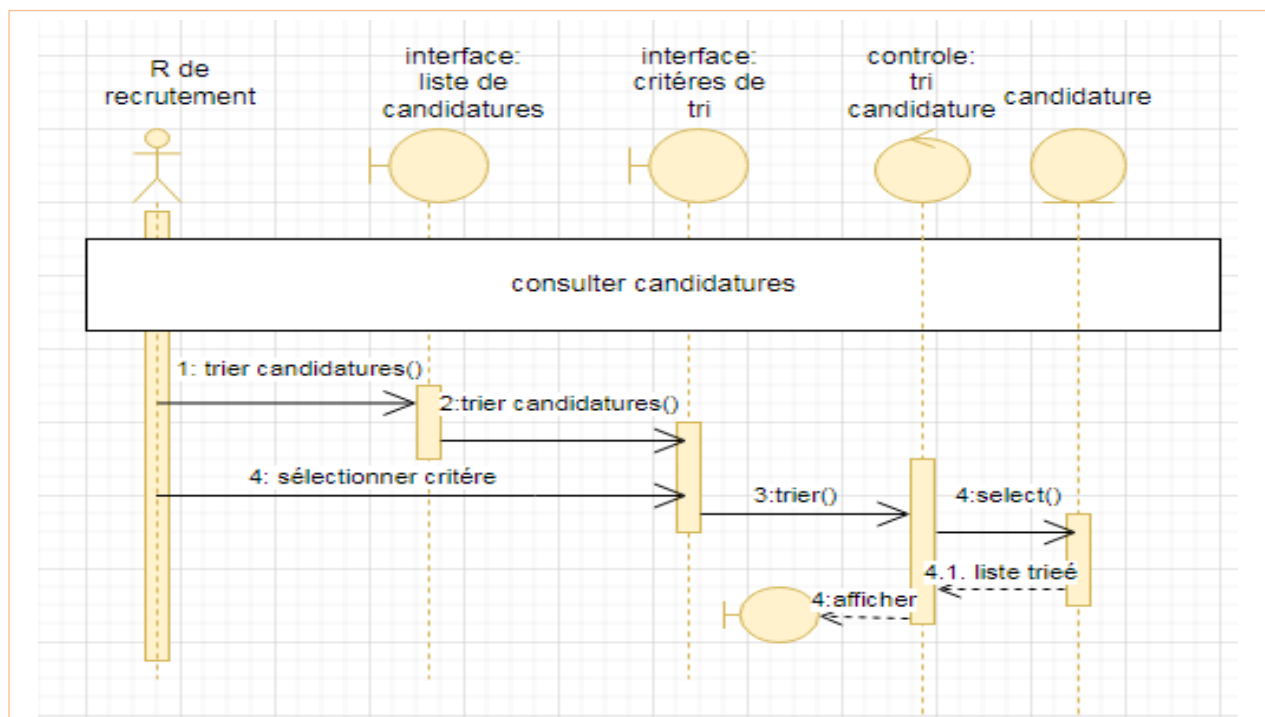


Figure 3.53 : diagramme de séquence détaillé du cas trier candidature

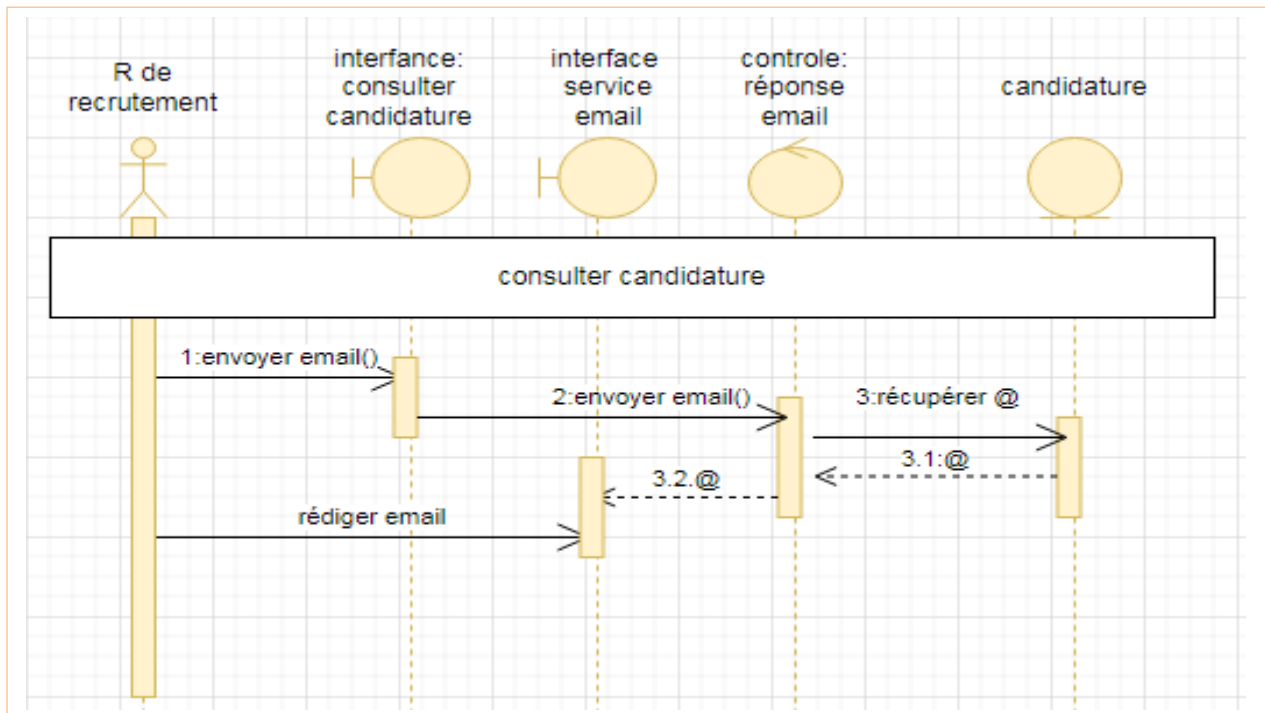


Figure 3.54 : diagramme de séquence détaillé du cas réponse- email

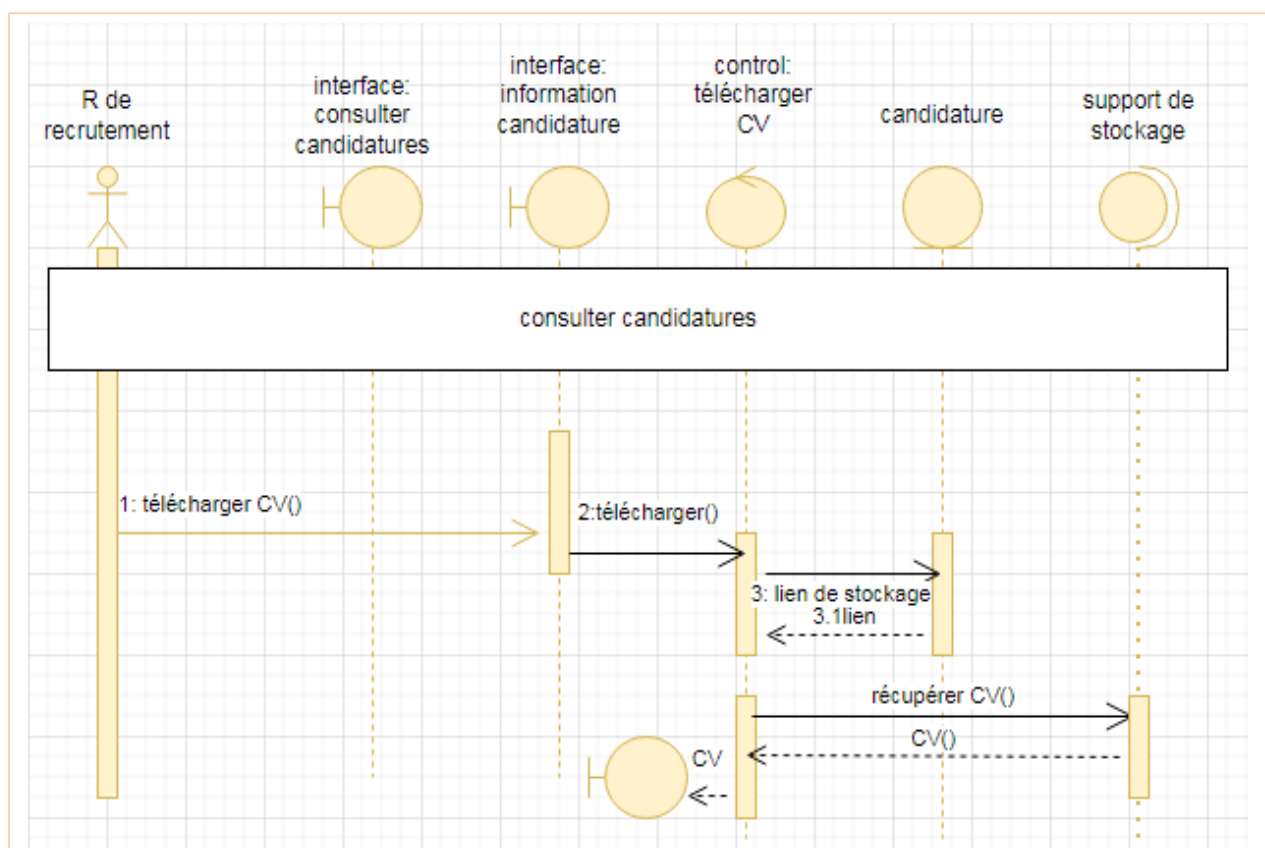


Figure 3.55 : diagramme de séquence détaillé du cas télécharger CV

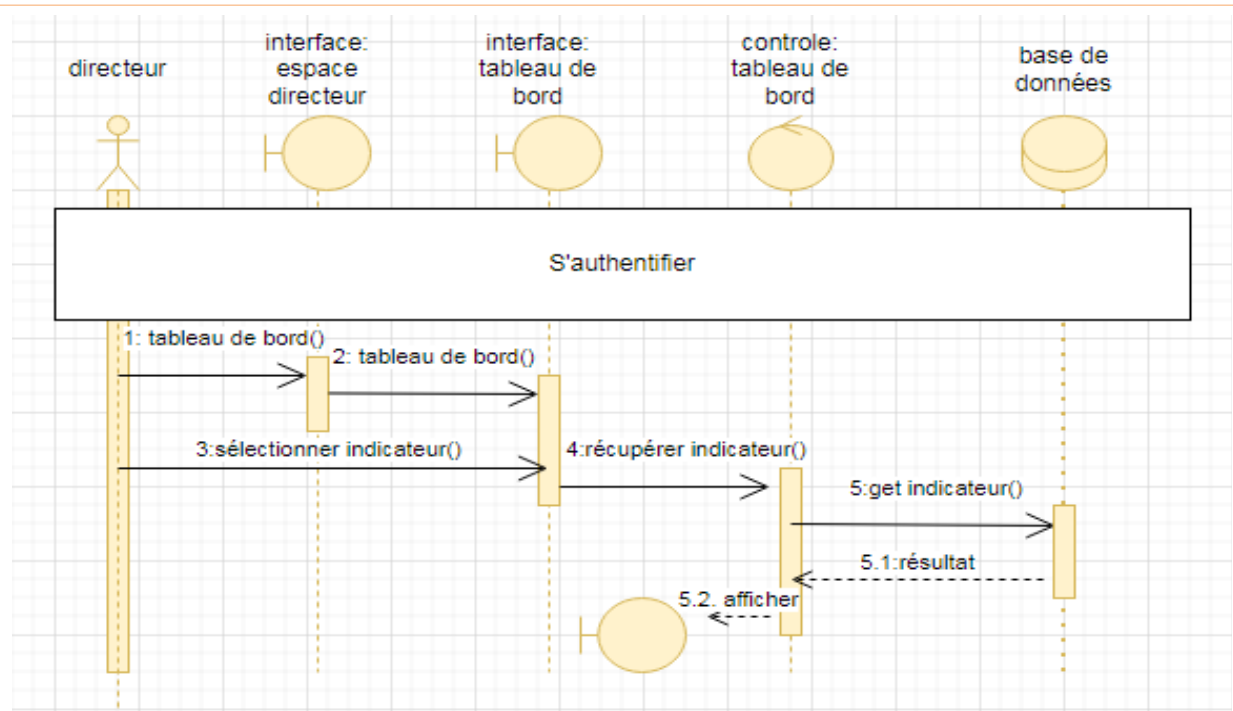


Figure 3.56 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter tableau de bord

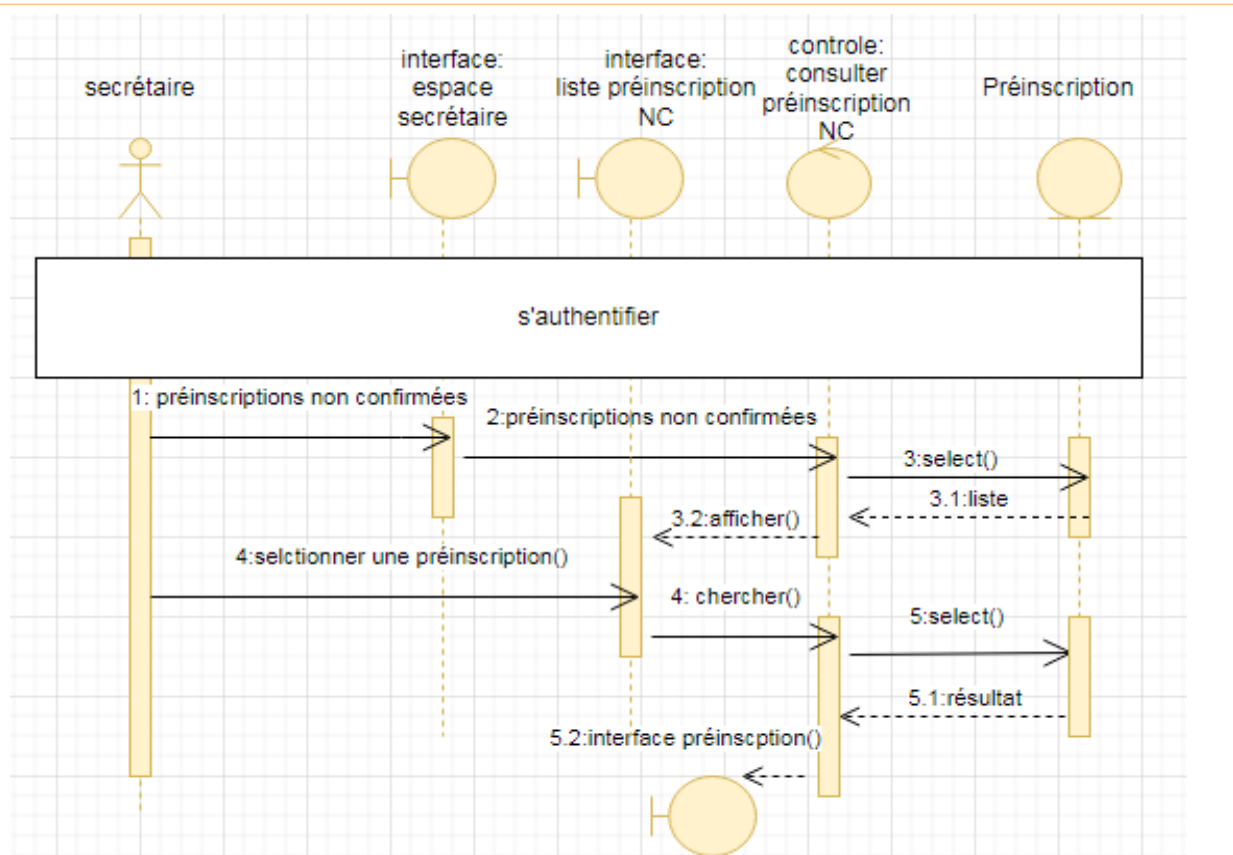


Figure 5.57 : diagramme de séquence détaillé du cas consulter préinscription non confirmées

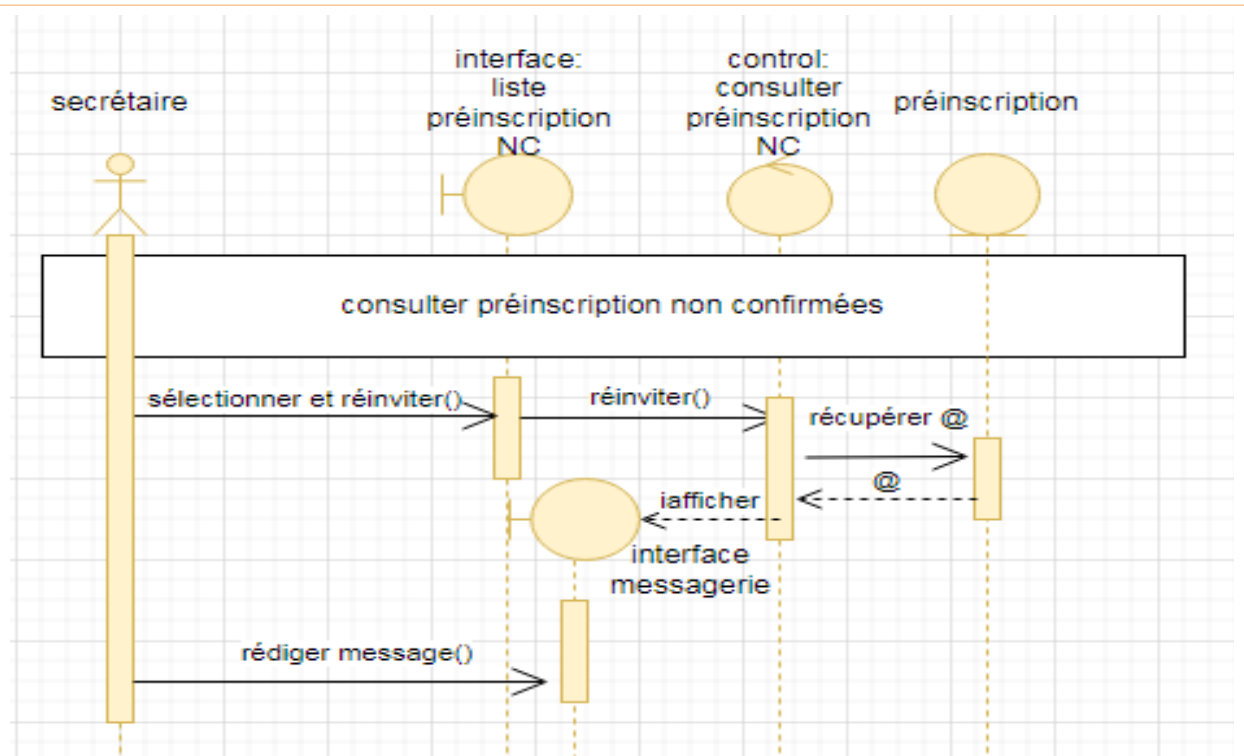


Figure 3.58 : diagramme de séquence détaillé du cas réinvité visiteur

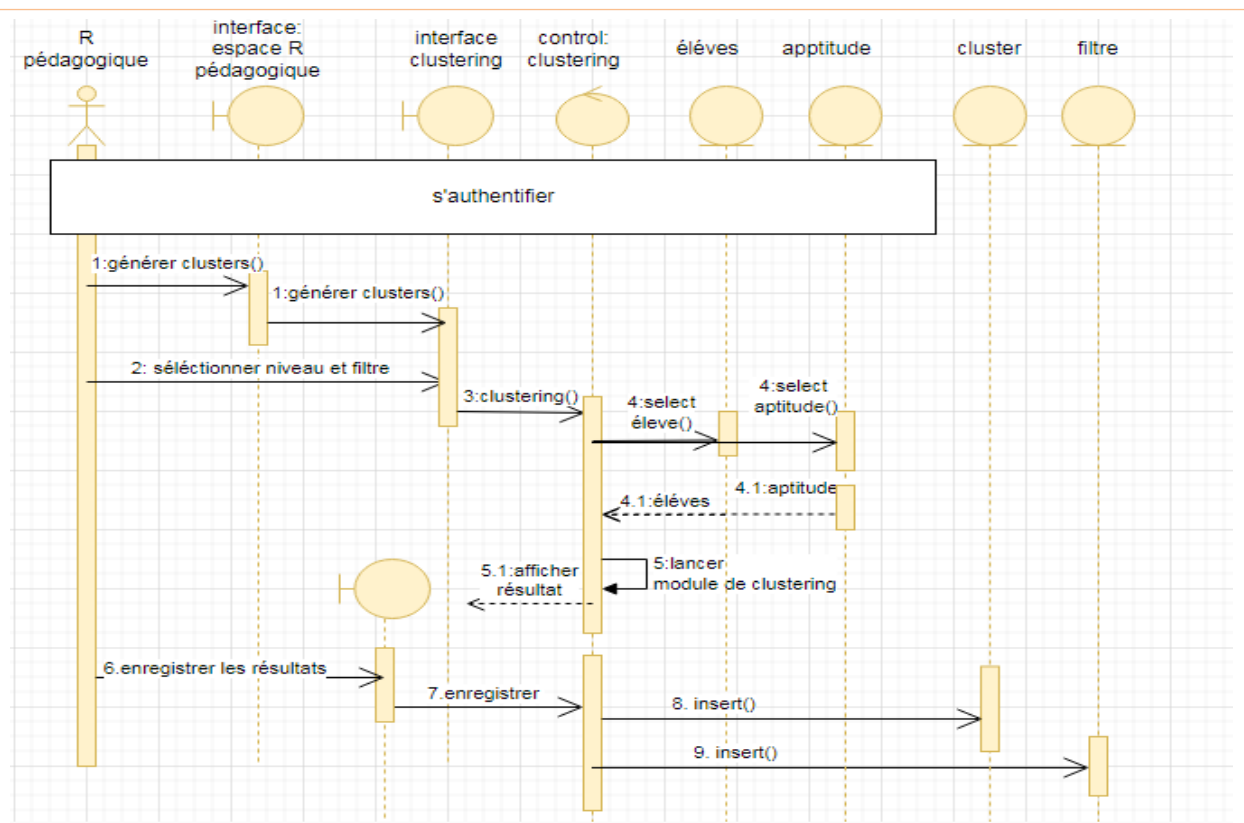


Figure 3.59 : diagramme de séquence détaillé du cas générer cluster

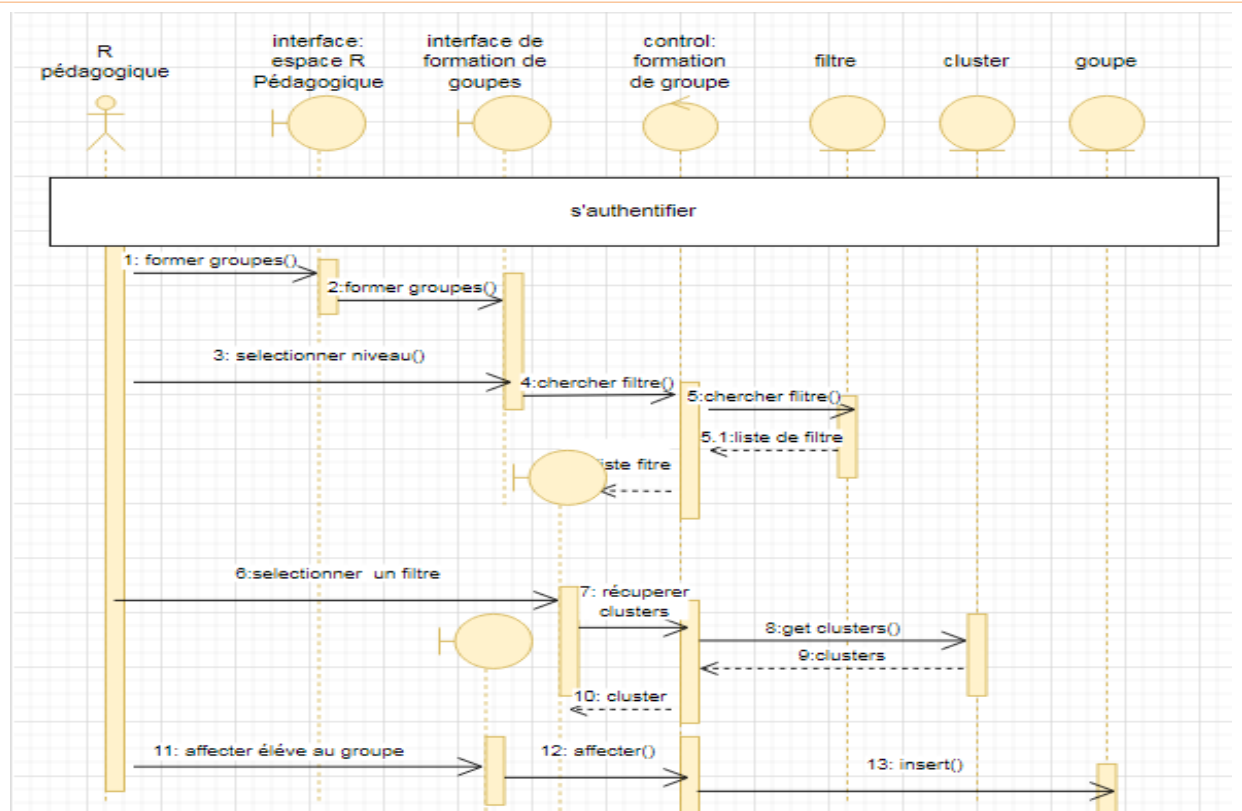


Figure 3.60 : diagramme de séquence détaillé du cas former les groupe à partir des résultats de clustering

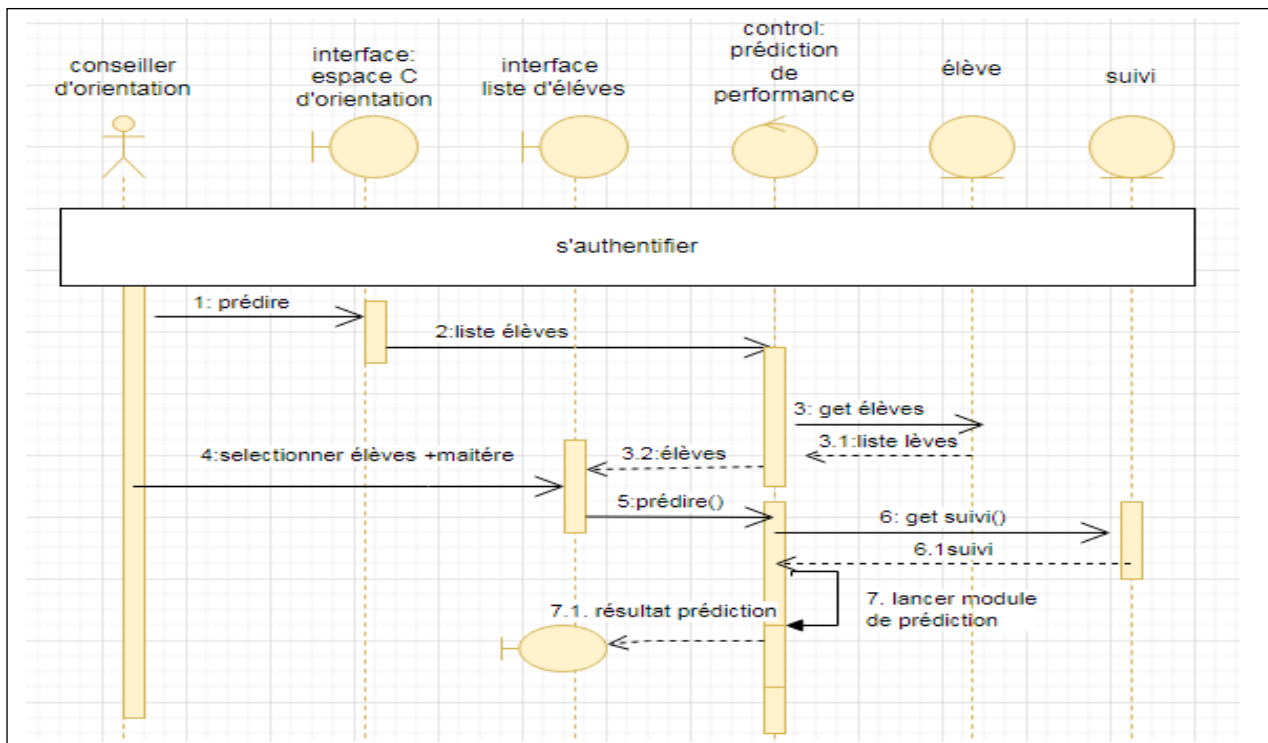


Figure 3.61 : diagramme de séquence détaillé du cas prédire performance

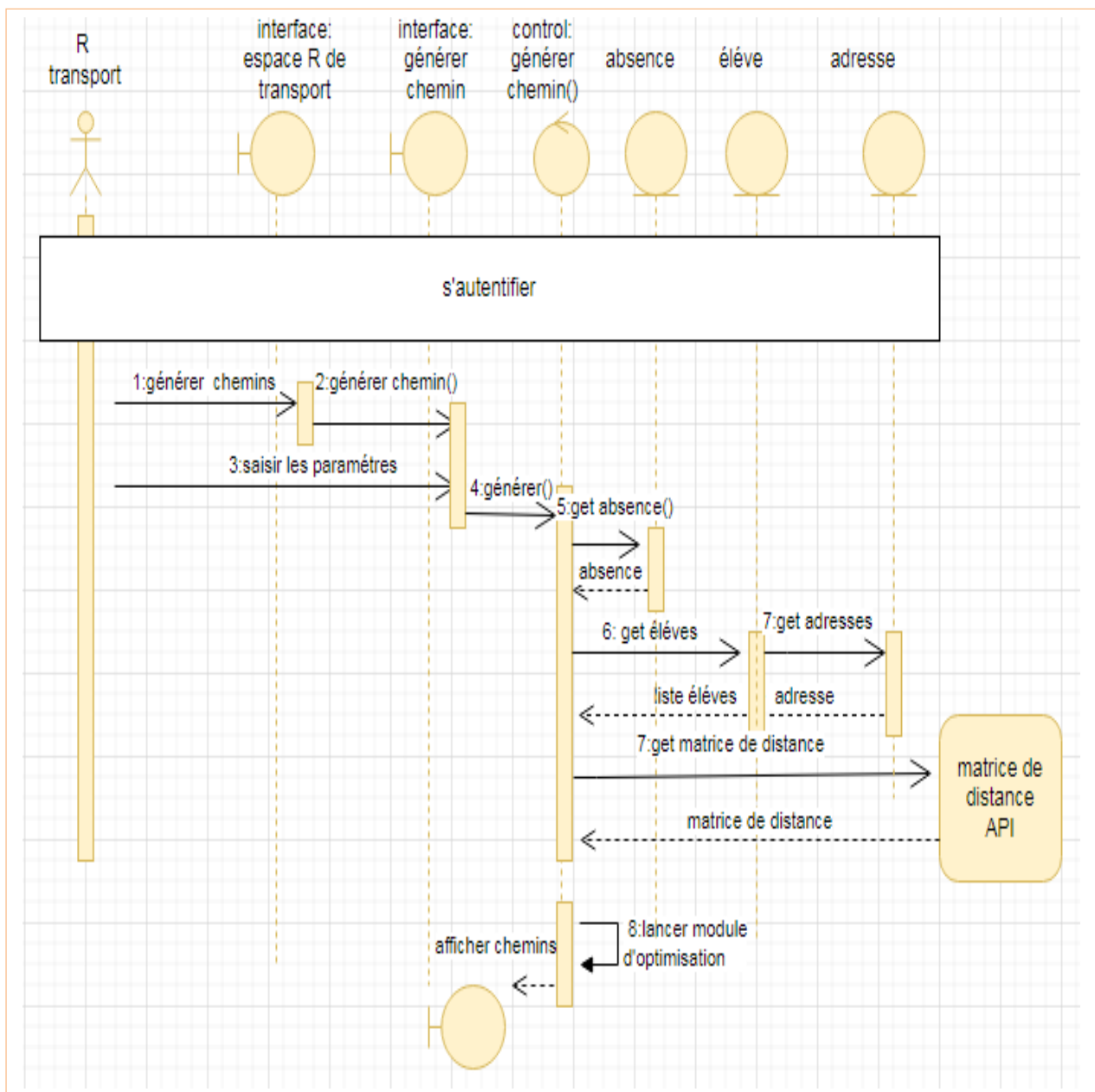


Figure 3.62 : diagramme de séquence détaillé du cas générer les chemins du ramassage

5.2. Diagramme de classes global

Dans ce diagramme de classes, nous allons résumer l'ensemble des classes de notre système. Pour des raisons de lisibilité, les méthodes des classes ont été omises (la plupart des classes ont presque les mêmes méthodes à invoquer : ajouter, modifier, supprimer et rechercher).

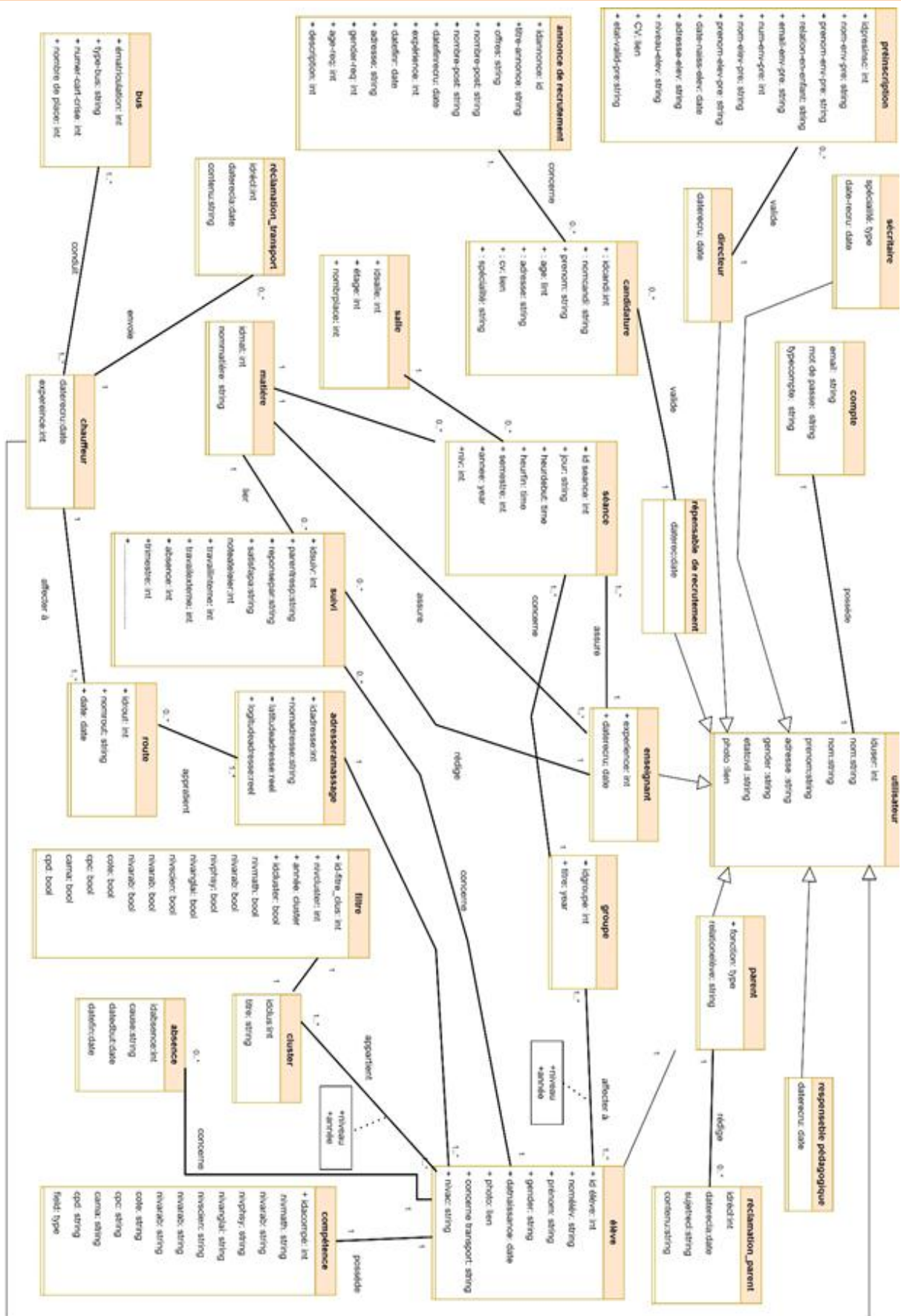


Figure 3.63 : Diagramme de classes global

5.3. Passage vers le relationnel

Lorsque l'on souhaite transformer un modèle de données basé sur des objets en un modèle de données relationnel, il est nécessaire d'établir une correspondance entre la structure des classes et celle des données relationnelles. En effet, les classes définissent une structure de données à laquelle les instances adhèrent, ce qui se traduit dans le modèle relationnel par une table. Ainsi, il est essentiel de savoir comment représenter les classes et les relations entre les classes afin de stocker efficacement les données dans une base de données relationnelle.

5.3.1. Règle de passage

Ce passage de modèle doit respecter un certain nombre de règles qu'on doit les utiliser pour faire le passage

- **Règle 1** : toute classe devient une relation, les attributs de la classe deviennent des attributs de la relation, si la classe possède un identifiant il devient la clé primaire de la relation, sinon il faut ajouter une clé primaire arbitraire.
- **Règle 2** : pour représenter une association 1 vers 1 (1..1) entre deux relations, la clé primaire de l'une des relations doit figurer comme clé étrangère dans l'autre relation.
- **Règle 3** : pour représenter une association 1 vers plusieurs (1..*), on procède comme une association 1 vers 1, excepté que c'est forcément la relation du côté plusieurs qui reçoit comme clé étrangère la clé primaire de la relation du côté 1.
- **Règle 4** : pour représenter une association plusieurs vers plusieurs (*..*), il faut introduire une nouvelle relation dont les attributs sont les clés primaires des relations en association, et dont la clé primaire est la concaténation de ces deux attributs, si l'association possède des attributs, ils deviennent des attributs de la relation correspondante.
- **Règle 5** : cas d'héritage, transformer chaque sous classe en une relation, la clé primaire de la super classe devient clé primaire de chaque sous classe.
- **Règle 6** : cas de composition, la clé primaire de la classe composée devient clé étrangère de la classe composant.
- **Règle 7** : cas d'agrégation, le même principe que la Règle 3.

5.3.2. Modèle relationnel :

- ✓ **Compte** (email, password, role)
- ✓ **Directeur** (id_empl, Photo_empl,nom_empl, prenom_empl , date_naissance_empl , etat_civil_empl , gendre_empl , telephone_empl , daterecu , **#email**)
- ✓ **Sécrétaire**(id_empl, Photo_empl,nom_empl, prenom_empl , date_naissance_empl , etat_civil_empl , gendre_empl , telephone_empl , daterecu, **#email**)
- ✓ **Resprecrutement** (id_empl, Photo_empl,nom_empl, prenom_empl , date_naissance_empl , etat_civil_empl , gendre_empl , telephone_empl ,daterecu , **#email**)
- ✓ **Resppédagogique** (id_empl, Photo_empl,nom_empl, prenom_empl , date_naissance_empl , etat_civil_empl , gendre_empl , telephone_empl ,daterecu , **#email**)

- ✓ **Enseignant** (id_ensei, Photo, nom, prenom , date_naissance , etat_civil , genre , telephone , daterecu, expérience, **#email** , **#id_matiere**)
- ✓ **Consoorientation** (id_empl, Photo_empl,nom_empl, prenom_empl , date_naissance_empl , etat_civil_empl , genre_empl , telephone_empl , daterecu, **#email**)
- ✓ **Parent**(id_par , Photo , nom , prenom , date_naissance , etat_civil , genre , telephone , email ,fonction,relationélève, **#email**)
- ✓ **Responsable de transport** (id_empl, Photo_empl,nom_empl, prenom_empl , date_naissance_empl , etat_civil_empl , genre_empl , telephone_empl ,daterecu, **#email**)
- ✓ **Chauffeur** (id_chau , Photo_chauffeur , nom_chauffeur , prenom_chauffeur , date_naissance , etat_civil , genre , telephone daterecu, **#email**)
- ✓ **Préinscription** (id_pre_ins , nom_env_pre_ins , prenom_env_pre_ins , relation_env_eleve , email_env_pre_ins , tele_env_pre_ins , nom_eleve_pre_ins , prenom_eleve_pre_ins , date_naiss_eleve_pre_ins , niveau_eleve_pre_ins , place_residence_eleve_pre_ins , file_pdf , etat_valide_pre_ins , **#id directeur**)
- ✓ **Annancerecu** (id_annon, titre_annonce, offers,matiere, nombre_poste, date_fin_récrut, experience, certification, location, genre_required, age_required, description)
- ✓ **Candidature**(id_candi, nom, prenom, email, telephone, CV_file, location , **#id_annonce**, **#idRecrutement**)
- ✓ **Séance**(id_sean, jour, temp_dem, temp_fin, , trimestre, année,niveau, **#id_enseignant**, **#id_matiere**, **#id_groupe**, **#id_salle**)
- ✓ **Suivi**(id_suivi, trimestre, Parent_Responsable, Participation, Activités_internes, Activités_externes, noteatelier, Reponse_au_question, Satisfaction_Parent, Number_absence,année, **#id_eleve**, **#id_matiere**)
- ✓ **Elève**(id_ele, photo, nom_eleve, prenom_eleve, date_naissance_eleve, concerne_transport genre_eleve, niveaux_actual, **#id_parent**, **#id_address**)
- ✓ **Apptitude**(id_compe, autonom, organiser_leur_temps, communiquer, résoudre_des_problèmes, travailler_enéquipe, penser_de_manière_critique, adapter_à_des_situations_nouvelles, à_écouter_et_à_respecter_les_points_de_vue, à_prendre_des_décisions_éclairées, grade_math, grade_science, grade_physics, grade_arabic, grade_francais, grade_anglais, grade_hg, grade_art, grade_music, grade_sport, **#id_eleve**)
- ✓ **Groupe**(id_grp, titre_grp)
- ✓ **Groupeélève**(**#id_eleve**, **#id_groupe**, annee , niveau)
- ✓ **Absence**(id_absence, debut, fin,cause, **#id_eleve**)
- ✓ **Réclamation_transport**(id_recl_trans , sujet_recl_trans , contenu_recl_trans, **#id_chauffeur**)
- ✓ **Réclamation_parent**(id_recl_par, sujet_recl_par , contenu_recl_par , **#id_parents**)
- ✓ **Salle**(id_sal, titre)
- ✓ **Adresseramassage**(id_adr, nomadresse, Latitude, Longitude)
- ✓ **Route**(id_rou,titre, date, **#id_chauffeur**)
- ✓ **Routeadresse**(**#id_route**, **#id_address**)
- ✓ **cluster**(id_cluster, titrecluster)
- ✓ **Elèvecluster** (**#id_eleve**, **#id_clus**, niveau, année)

- ✓ **Filtre**(id_clu_filt, autonom, organiser_leur_temps, communiquer, résoudre_des_problèmes, travailler_en_équipe, penser_de_manière_critique, adapter_à_des_situations_nouvelles, à_écouter_et_à_respecter_les_points_de_vue, à_prendre_des_décisions_éclairées, grade_math, grade_science , grade_physics, grade_arabic, grade_francais, grade_anglais, grade_hg, grade_art, grade_music, grade_sport, id_niveaux, années, #idcluster)
- ✓ **Bus**(ématricule, titre_bus, Marke, Numéro_de_carte_grise, Nombre_place)

6. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les différentes étapes de modélisation de notre application en suivant le processus UP simplifié. Nous avons fourni une vue d'ensemble cohérente de la modélisation de notre système, en insistant sur les étapes de spécification des exigences, d'analyse et de conception.

Dans le prochain chapitre, nous allons entamer les deux autres processus de développement CRISP et PGO, qui sont utilisés pour la description et la résolution des cas d'utilisation basés sur l'apprentissage et l'optimisation.

Chapitre4

Préparation des modules d'aide à la
décision : Clustreing, Classification et
Optimisation

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons explorer les algorithmes clés et les datasets utilisés pour implémenter les fonctionnalités d'aide à la décision de notre application, en nous concentrant sur les techniques d'apprentissage automatique utilisées dans la formation de groupes et la prédiction de la performance des élèves, ainsi que la méta-heuristique d'optimisation et les API de géolocalisation exploitées dans la génération des tournées de ramassage. Tous cela en respectant les deux processus CRISP et PGO.

2. la formation de groupes d'élèves par similarité

2.1. Compréhension du problème

En fonction des caractéristiques de la fonctionnalité de formation de groupe d'élèves, nous pouvons dire que nous sommes confrontés à un problème de segmentation qui peut être résolu en utilisant des techniques d'apprentissage automatique telles que le clustering.

2.2. Compréhension des données

La formation de groupes d'élèves par clustering nécessite une définition préalable de l'objectif de groupage ainsi que des attributs des élèves à utiliser pour étudier leurs similarités. Dans le cadre de notre travail, nous nous concentrons sur la formation de classes en début d'année scolaire en regroupant des étudiants similaires en termes de niveau en matière et de comportement général.

Pour sélectionner les attributs de groupement, nous avons créé un petit questionnaire destiné aux directeurs d'école et aux enseignants du domaine. Le questionnaire contient des questions générales sur les méthodes de groupement adoptées par les responsables des écoles, ainsi que les attributs utilisés pour former ces groupes. Les résultats du questionnaire sont combinés avec les informations extraites d'un article intitulé « *Clustering Analysis for Classifying Student Academic Performance in Higher Education* »[25]. Cet article présente une étude comparative entre plusieurs papiers qui abordent le problème de clustering des élèves pour des objectifs différents.

Le tableau suivant récapitule les attributs sur lesquels nous allons baser notre clustering :

Attribut	Description	Valeur
CAMA	La capacité d'apprendre de manière autonome	
COTE	La capacité d'organiser son temps efficacement	
CCEA	La capacité de communiquer efficacement avec autrui	
CRPCI	La capacité de résoudre des problèmes de manière créative et de trouver des solutions innovantes	
CTEC	La capacité de travailler en équipe et de collaborer avec les autres	

CPCA	La capacité de penser de manière critique et d'analyser les informations	Oui/ non • Bon • Moyen • Faible
CASC	La capacité de s'adapter à de nouvelles situations et à des changements imprévus	
CPD	La capacité de prendre des décisions éclairées et raisonnées	
NM	Niveau en mathématique	
NP	Niveau en physique	
NF	Niveau en français	
NA	Niveau en anglais	
NH	Niveau en histoire géographique	
CS	Sport	
CM	music	
CA	Art	

Tableau 4.1 : liste des attributs sélectionnés pour le clustering

2.3. Préparation des données

- **Source :** Les attributs de clustering choisis dans la phase précédente sont modélisés dans notre base de données sous forme d'une table relationnelle appelée « compétence ». Cette table est alimentée lors de la première inscription de l'élève dans l'école, et son contenu est régulièrement mis à jour par le responsable pédagogique. Chaque ligne de la table « compétence » est considérée comme un objet de notre data set.
- **Nettoyage :** Pour ce cas d'utilisation, la phase de préparation et de nettoyage des données ne nécessite pas beaucoup de travail car l'homogénéité et la vérification des données (informations erronées, manquantes, etc.) sont traitées lors de la saisie des compétence de l'élève.
- **Encodage :** pour l'encodage de donnée nous avons opté pour une transformation des valeurs ordinales de nos attributs en valeurs numériques comprises entre 0 et le nombre de classes moins 1. alors, Pour les attributs liés au caractère de l'élève (oui/non), deux valeurs sont utilisées (0/1), tandis que pour les attributs de niveau en matière (bon/moyen/faible), nous avons trois valeurs possibles (0/1/2).

Comme notre base de données n'est pas disponible dans cette phase, nous allons effectuer des tests de clustering sur un dataset spécifique. Ce Data set a été construit en collaboration avec un enseignant du domaine en utilisant les informations mentionnées dans le cahier d'évaluation de 50 élèves de la 5ème année primaire. Ce cahier d'évaluation est disponible dans sa première version depuis juin 2022/2023.

	autonom	organiser_leur_temps	communiquer	résoudre_des_problèmes	\
0	0.0	1.0	0.0	0.0	
1	0.0	1.0	0.0	0.0	
2	0.0	1.0	0.0	0.0	
3	0.0	0.0	1.0	0.0	
4	1.0	1.0	1.0	0.0	
5	1.0	0.0	1.0	1.0	
6	1.0	1.0	1.0	1.0	
7	1.0	1.0	0.0	0.0	
8	1.0	1.0	1.0	0.0	
9	1.0	0.0	0.0	0.0	
10	0.0	0.0	1.0	1.0	

Figure 4.1 : extrait de dataset de clustering

- Le code python suivant résume les instructions et le résultat du codage de notre dataset:

<pre> encoder = LabelEncoder() # a for loop that iterates over a range of numbers for i in range(len(labels)): df[labels[i]] = encoder.fit_transform(df[labels[i]]) </pre>					
	autonom	organiser_leur_temps	communiquer	résoudre_des_problèmes	\
0	1	0	1	0	
1	1	1	0	0	
2	1	0	0	1	
3	1	0	0	1	
4	0	1	1	1	
5	0	0	0	1	
6	1	0	1	1	
7	0	0	1	0	
8	1	0	1	0	
9	0	1	1	1	
10	1	1	1	0	
11	1	1	1	1	
12	1	1	1	1	
13	1	1	0	0	
14	0	1	1	0	
15	1	0	1	1	
16	1	1	1	1	
17	1	1	0	0	
18	1	1	1	1	
19	1	1	1	1	
20	1	0	1	1	
21	1	1	0	1	
22	1	1	0	1	

Figure 4.2 : encodé de dataset de clustering

2.4. Modélisation

- Algorithmes :**

Pour réaliser le clustering des élèves, nous avons opté pour deux algorithmes largement utilisés dans de nombreux domaines en raison de leur simplicité et de leur efficacité :

K-means et DBSCAN. Pour l'implémentation, nous avons choisi d'utiliser k-means et DBSCAN des bibliothèques python de Machine Learning.

- Importation des bibliothèques**

Dans cette étape, nous importons les bibliothèques nécessaires pour utiliser les deux algorithmes.

```
import pandas as pd
from sklearn.cluster import DBSCAN
from sklearn.cluster import KMeans
from sklearn.preprocessing import StandardScaler
import numpy as np
from sklearn.metrics import *
```

Figure 4.3 : code d'importation des bibliothèques des algorithmes DBSCAN et KMEANS

- **Instanciation des modèles et lancement du clustering :**

Dans cette étape, nous instancions les deux algorithmes et nous lançons le clustering sur notre dataset.

```
# Standardize and cluster
kmeans = KMeans(n_clusters=K, init='k-means++')
y_kmeans = kmeans.fit_predict(X5)

# Get and add labels
labels5 = kmeans.labels_

dbscan = DBSCAN(eps=0.2, min_samples=5).fit(X_scaled)

# Get and add labels
labels = dbscan.labels_
df2['cluster'] = labels

# Predict cluster labels for the original data
labels_pred = dbscan.fit_predict(X_scaled)
```

Figure 4.4 : code d'instanciation et lancement de clustering

2.5. Evaluation et comparaison des résultats

Pour comparer les résultats de clustering des deux algorithmes DBSCAN et K-means, nous allons utiliser un indicateur appelé le coefficient de silhouette moyen :

- **coefficient de silhouette moyen :** Pour calculer le coefficient de silhouette moyen, on calcule d'abord le coefficient de silhouette pour chaque point de données, puis on prend la moyenne de ces coefficients. une valeur proche de 1 indique une bonne séparation des clusters, une valeur proche de 0 indique un chevauchement ou une ambiguïté entre les clusters.

- le **coefficient de silhouette** est calculé pour chaque point de données en comparant sa distance moyenne avec les autres points de son propre cluster (cohésion intra-cluster) à sa distance moyenne avec les points des clusters voisins les plus proches (séparation inter-cluster).

```
Predicted Cluster Labels: [ 0 1 -1 -1 1 2 2 0 3 4 1 -1 2 -1 2 0 1 3 4 -1 -1 3 4 1
 2 2 -1 3 4 1 -1 4 -1 4 1 -1 0 -1 4 1 -1 0 3 4 1 -1 2 0
-1 -1 -1 1]
```

----- DBSCAN Algorithm -----

```
Homogeneity: 1.000
Completeness: 1.000
V-measure: 1.000
Adjusted Rand Index: 1.000
Adjusted Mutual Information: 1.000
Silhouette Coefficient: 0.588
```

----- K-means Algorithm -----

```
Homogeneity: 1.000
Completeness: 1.000
V-measure: 1.000
Adjusted Rand Index: 1.000
Adjusted Mutual Information: 1.000
Silhouette Coefficient: 0.592
```

```
Cluster Labels: [1 0 1 1 0 0 0 1 2 2 0 1 0 1 0 2 2 1 1 2 2 0 0 0 1 2 2 0 1 2 1 2 0 1 1
1 2 0 1 1 2 2 0 1 0 1 1 1 1 0]
```

Figure 4.5 : résultat de clustering et coefficient de silhouette moyen

- D'après les résultats de clustering des deux algorithmes, nous remarquons que l'algorithme DBSCAN assigne certains étudiants comme des points isolés, étiquetés avec la classe -1. Cependant, cela n'est pas conforme à notre objectif initial de clustering, qui vise à regrouper chaque élève dans un cluster. Bien que la notion de points isolés puisse être importante dans d'autres domaines tels que la médecine, elle n'est pas pertinente dans notre cas.
- D'après l'analyse du coefficient de silhouette, nous observons que l'algorithme K-means présente de meilleurs résultats que DBSCAN. (0.592, 0.588)

3. La prédiction de la performance des élèves

3.1. Compréhension du problème

La prédiction de la performance des élèves peut être considérée comme un problème de d'apprentissage automatique de classification, dont l'objectif est de prédire la classe à laquelle chaque élève appartient. Selon la littérature, la plupart des recherches sur la performance des élèves se basent sur une classification en trois classes:

- **Danger** : il s'agit de la classe des élèves qui ont un risque élevé d'échec, et qui sont généralement soutenus par des séances de rattrapage.
- **Avertissement**: il s'agit de la classe des élèves qui nécessitent une orientation moyenne.

- **Succès:** il s'agit de la classe des élèves excellents qui sont sur la bonne voie vers la réussite.

3.2. Compréhension des données :

Dans le cadre de ce projet, notre objectif est de prédire la performance des élèves en utilisant les informations saisies par les enseignants (*cas d'utilisation saisir suivis des élèves*).

Pour cela, nous avons effectué une recherche de plusieurs articles [26][27] [28] qui traitent de problèmes similaires. Nous avons constaté que chaque article utilise un dataset pour la prédiction avec des attributs différents, tels que les attributs démographiques ou sociologiques et même sur des attributs liées à l'environnement scolaire interne .

Cependant, nous avons trouvé un article [29] qui traite spécifiquement de la prédiction de la performance des élèves en se basant sur leurs suivis en classe ainsi que sur le comportement de leurs parents. L'article présente une étude détaillée portant sur plus de 30 articles traitant de la prédiction des performances en utilisant différents attributs.

Le tableau suivant résume les attributs du dataset utilisé :

attribut	Description
Genre	Genre de l'étudiant(e) (nominal : 'Masculin' ou 'Féminin')
Nationalité de l'étudiant	Nationalité de l'étudiant(e) (nominal : 'Koweït', 'Liban', 'Égypte', 'Arabie saoudite', 'États-Unis', 'Jordanie', 'Venezuela', 'Iran', 'Tunisie', 'Maroc', 'Syrie', 'Palestine', 'Irak', 'Libye')
Lieu de naissance de l'étudiant	Lieu de naissance de l'étudiant(e) (nominal : 'Koweït', 'Liban', 'Égypte', 'Arabie saoudite', 'États-Unis', 'Jordanie', 'Venezuela', 'Iran', 'Tunisie', 'Maroc', 'Syrie', 'Palestine', 'Irak', 'Libye')
Formation scolaire de l'étudiant	Formation scolaire de l'étudiant(e) (nominal : 'Niveau inférieur', 'Collège', 'Lycée')
Classe de l'étudiant	Classe de l'étudiant(e) (nominal : 'G-01', 'G-02', 'G-03', 'G-04', 'G-05', 'G-06', 'G-07', 'G-08', 'G-09', 'G-10', 'G-11', 'G-12')
Thème du cours suivi par l'étudiant	Thème du cours suivi par l'étudiant(e) (nominal : 'Anglais', 'Espagnol', 'Français', 'Arabe', 'Informatique', 'Mathématiques', 'Chimie', 'Biologie', 'Sciences', 'Histoire', 'Coran', 'Géologie')
Trimestre scolaire	trimestre scolaire (nominal : 'Premier', 'Deuxième', 'troisième')
Parent responsable	Parent responsable de l'étudiant(e) (nominal : 'Mère', 'Père')
participation	Nombre de fois où l'étudiant(e) lève la main en classe (numérique : 0-100)
Nombre d'absence	Nombre total de jours d'absence de l'étudiant(e) (nominal : 'plus de 7', 'moins de 7')
Note des activités internes	Note des activités en classe (numérique : 0-100)
Note des activités externes	Notes des devoirs maison (numérique :0-100)
Note des ateliers	Notes des travaux collaboratifs (numérique :0-100)

Réponse au questionnaire parent	Indique si le parent a répondu au questionnaire (nominal : 'Oui', 'Non')
Satisfaction parent	Satisfaction des parents envers l'école : (nominal : 'Bon', 'Mauvais')
Classe finale	Note finale de la classe : (nominal : 'H' pour succès , 'M' pour Avertissement , 'L' pour danger)

Tableau 4.2 : les attributs du dataset utilisé

	Trimester_Scolaire	Parent_Responsable	Participation	Activités_internes	Activités_externes	Reponse_au_question	Satisfaction_Parent	Nombre_absence	Cl
0	F	Father	15	16	2	Yes	Good	Under-7	
1	F	Father	20	20	3	Yes	Good	Under-7	
2	F	Father	10	7	0	No	Bad	Above-7	
3	F	Father	30	25	5	No	Bad	Above-7	
4	F	Father	40	50	12	No	Bad	Above-7	
...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
475	S	Father	5	4	5	No	Bad	Above-7	
476	F	Father	50	77	14	No	Bad	Under-7	
477	S	Father	55	74	25	No	Bad	Under-7	
478	F	Father	30	17	14	No	Bad	Above-7	
479	S	Father	35	14	23	No	Bad	Above-7	

Figure 4.6 : dataset utilisé

- Sélection des attributs**

Dans la construction de notre modèle de prédiction, nous nous limiterons à utiliser uniquement les attributs répertoriés dans le tableau ci-dessous, que nous jugeons importants pour la prédiction. Toutefois, il est important de noter que la sélection des attributs nécessite une étude approfondie qui dépasse les objectifs actuels de notre travail.

Attribut sélectionné	Description
participation	Nombre de fois où l'étudiant(e) lève la main en classe (numérique : 0-100)"
Nombre d'absence	Nombre total de jours d'absence de l'étudiant(e) (nominal : 'plus de 7', 'moins de 7')
Note des activités internes	Note des activités en classe (numérique : 0-100)
Note des activités externes	Notes des activités maison (numérique :0-100)
Note des ateliers	Notes des travaux collaboratifs (numérique :0-100)
Réponse au questionnaire parent	Indique si le parent a répondu au questionnaire
Satisfaction parent	Satisfaction des parents envers l'école (nominal : 'oui', 'non')
Parent responsable	Parent responsable de l'étudiant(e) (nominal : 'Mère', 'Père')
Classe finale	Note finale de la classe

Tableau 4.3 : tableau des attributs sélectionné

3.3. Préparation des données

- **Nettoyage :** Notre dataset contient 10 valeurs manquantes dans différentes caractéristiques sur 490 enregistrements. Les enregistrements présentant des valeurs manquantes ont été supprimés de l'ensemble de données, ce qui a entraîné un ensemble de données nettoyées de 480 enregistrements.
- **encodage :**
Notre codage passe par une transformation du dataset en une matrice puis un codage basé sur une transformation des attributs non numériques en une forme numérique comprises entre 0 et le nombre de classes moins 1 pour chaque attribut.



Figure 4.7 : code de codage des données vers numérique

- **spécification des données d'entraînement et de test**
Dans cette étape, nous divisons notre dataset en deux ensembles : x_{train} et x_{test} . L'ensemble x_{train} (80%) est utilisé pour l'entraînement du modèle, tandis que l'ensemble x_{test} (20%) est utilisé pour évaluer les performances du modèle.

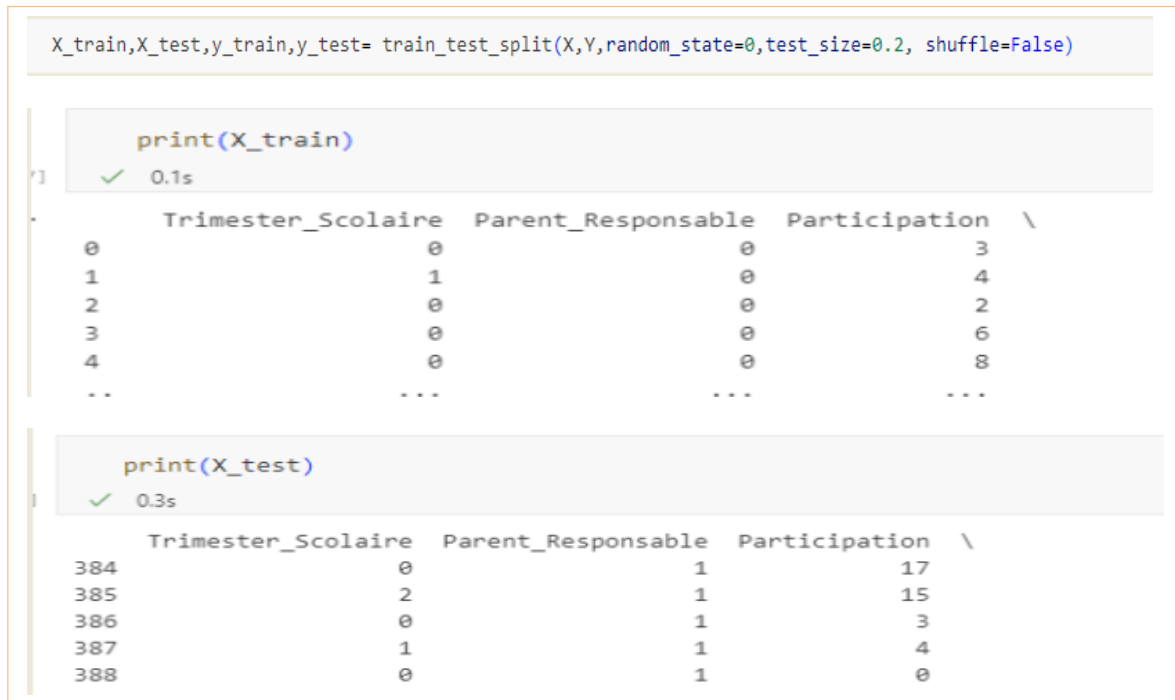


Figure 4.8 : code de génération des données d'entraînement et de test

3.4. Modélisation

L'apprentissage automatique propose plusieurs méthodes pour effectuer la classification. Afin de choisir le meilleur algorithme pour entraîner notre modèle de prédiction, nous avons testé plusieurs algorithmes sous Python. Les figures suivantes présentent les étapes d'entraînement et les résultats de chaque algorithme.

- **importation des bibliothèques**

La première étape consiste à importer les bibliothèques nécessaires pour chaque modèle.

```
import pandas as pd
from sklearn.linear_model import LogisticRegression
from sklearn.neighbors import KNeighborsClassifier
from sklearn.tree import DecisionTreeClassifier,export_graphviz
from sklearn.ensemble import RandomForestClassifier
from sklearn.naive_bayes import GaussianNB
from sklearn.svm import SVC
from sklearn.ensemble import GradientBoostingClassifier
from sklearn import metrics
import yaml
```

Figure 4.9 : Importation des bibliothèques en python

- **Instanciation des modèles**

La deuxième étape consiste à instancier les modèles.

```
lr = LogisticRegression(max_iter=100000)
knn = KNeighborsClassifier(n_neighbors=180)
DTC = DecisionTreeClassifier(max_depth=4,max_features=6)
RFC = RandomForestClassifier(n_estimators=100)
GNB = GaussianNB()
SVC = SVC()
GBC = GradientBoostingClassifier()
```

Figure 4.10 : Code d'instancier les modèles

• Lancement des entraînements

Après l'instanciation des modèles, nous passons à l'entraînement de ces derniers sur les données d'entraînement (x_train, y_train). Une fois l'entraînement terminé, nous évaluons les modèles en les testant sur les données de test (x_test,y_test). Les figures suivantes résument les instructions d'entraînement ainsi que les résultats des prédictions des classes des données de test des algorithmes de classification suivants : **(LR)** Logistic Regression **(DTC)** data tree décision, **(RFC)** Random Forest Classifier, **(GNB)** Gaussian Naive Bayes, **(SVC)** Support Vector Classifier

```
lr.fit(X_train,y_train)
lr_y_pred=lr.predict(X_test)
print(lr_y_pred)
lr_accuracy = accuracy_score(y_test, lr_y_pred)
```

✓ 0.9s

```
[ 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M'
  'M' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'M' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'M' 'M'
  'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
  'L' 'L' 'M' 'M' 'L' 'L']
```

Figure 4.11 : Code d'entraînement et prédiction en utilise Régression Logistique

```
DTC.fit(X_train, y_train)
dtc_y_pred = DTC.predict(X_test)
print(dtc_y_pred)
dtc_accuact=accuracy_score(y_test, dtc_y_pred)
```

✓ 0.0s

```
[ 'H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M'
  'M' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
  'L' 'L' 'M' 'M' 'L' 'L']
```

Figure 4.12 : Code d'entraînement et prédiction en utilise L'arbre de décision

```
RFC.fit(X_train, y_train)
rfc_y_pred = RFC.predict(X_test)
rfc_accuracy = accuracy_score(y_test, rfc_y_pred)
print(rfc_y_pred)
```

✓ 1.0s

```
['H' 'H' 'H' 'M' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M'
'H' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'M' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'H' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H'
'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H'
'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
'L' 'L' 'M' 'M' 'L' 'L']
```

Figure 4.13 : Code d'entraînement et prédiction en utilise Random Forest Classfier

```
GNB.fit(X_train, y_train)
gnb_y_pred = GNB.predict(X_test)
gnb_accuracy = accuracy_score(y_test, gnb_y_pred)
print(gnb_y_pred)
```

✓ 0.0s

```
['H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M'
'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H'
'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H'
'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'I' 'I' 'H' 'H' 'H' 'H']
```

Figure 4.14 : Code d'entraînement et prédiction en utilise GaussienNB

```
SVC.fit(X_train, y_train)
svc_y_pred = SVC.predict(X_test)
svc_accuracy = accuracy_score(y_test, svc_y_pred)
print(svc_y_pred)
```

✓ 0.3s

```
['H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M'
'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M'
'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'M'
'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
'L' 'L' 'M' 'M' 'M' 'M']
```

Figure 4.15 : Code d'entraînement et prédiction en utilise SVC

```
GBC.fit(X_train, y_train)
gbc_y_pred = GBC.predict(X_test)
gbc_accuracy = accuracy_score(y_test, gbc_y_pred)
print(gbc_y_pred)
```

✓ 1.7s

```
[ 'H' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M'
  'M' 'M' 'H' 'M' 'L' 'L' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'H' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'L' 'L' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'M' 'M' 'M' 'H' 'M' 'H' 'H' 'H' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H'
  'H' 'H' 'M' 'H' 'M' 'M' 'H' 'H' 'M' 'H' 'H' 'H' 'L' 'L' 'H' 'H' 'H' 'H'
  'L' 'L' 'M' 'M' 'L' 'L']
```

Figure 4.16 : Code d'entraînement et prédiction en utilise GBC

3.5. Evaluation des modèles

En général, l'évaluation d'un modèle d'apprentissage automatique après la phase d'entraînement repose sur plusieurs paramètres pour obtenir une vue d'ensemble complète de sa performance. Cependant, dans notre cas, nous nous basons sur l'évaluation et la comparaison entre différents modèles en utilisant un seul paramètre **accuracy score**.

Accuracy score : est une mesure de performance utilisée dans les problèmes de classification pour évaluer la précision globale d'un modèle. Il représente la proportion de prédictions correctes par rapport au nombre total d'échantillons.

Les Accuracy score de nos modèles sont présentés dans la figure suivante :

```
print("Logistique Regression Accuracy:", lr_accuracy)
```

✓ 0.0s

Logistique Regression Accuracy: 0.7291666666666666

```
print("Tree decision Accuracy:", dtc_accuracy)
```

✓ 0.1s

Tree decision Accuracy: 0.75

```
print('Random Forest Classifier Accuracy:', rfc_accuracy)
```

✓ 0.2s

Random Forest Classifier Accuracy: 0.71875

```
print('GaussianNB Accuracy:', gnb_accuracy)
```

✓ 0.1s

GaussianNB Accuracy: 0.7083333333333334

```
print('SVC Accuracy:', svc_accuracy)
```

✓ 0.2s

SVC Accuracy: 0.6145833333333334

Figure 4.17 : code de calcul des Accuracy des modèles

En se basant sur l'accuracy de chaque modèle, nous avons constaté que le modèle de l'arbre de décision présente les meilleurs résultats avec une accuracy =0,75. Alors, Nous allons baser nos prédictions dans l'application sur ce modèle.

- **Sauvegarder les modèles :**

Maintenant que nos modèles sont entraînés et comparés, nous les sauvegardons afin de les préparer pour la phase d'intégration dans l'application globale dans le chapitre suivant.

```
joblib.dump(lr, 'lr_model.pkl')
joblib.dump(knn, 'knn_model.pkl')
joblib.dump(DTC, 'DTC_model.pkl')
joblib.dump(RFC, 'RFC_model.pkl')
joblib.dump(GNB, 'GNB_model.pkl')
joblib.dump(SVC, 'SVC_model.pkl')
joblib.dump(GBC, 'GBC_model.pkl')
```

Figure 4.18 : Sauvegarder les modèles(exportation Modèles)

- **Exemple de prédiction**

Pour nous assurer de la bonne sauvegarde des modèles, nous les testons en les important et en les utilisant sur plusieurs jeux de données. Cela nous permet de vérifier si les modèles sauvegardés fonctionnent correctement.

```
import os
from joblib import load
x_res="[ ['F', 'Mum', 0, 0, 0, 0, 'No', 'Bad', 'Under-7'], ['F', 'Father', 6, 8, 9, 13, 'Yes', 'Good', 'Under-7']
x_res = yaml.load(x_res, Loader=yaml.FullLoader)
x_res|
```

✓ 0.0s

```
[['F', 'Mum', 0, 0, 0, 0, 'No', 'Bad', 'Under-7'],
 ['F', 'Father', 6, 8, 9, 13, 'Yes', 'Good', 'Under-7'],
 ['F', 'Father', 5, 8, 4, 6, 'No', 'Bad', 'Above-7'],
 ['Z', 'Father', 12, 5, 11, 18, 'No', 'Bad', 'Above-7'],
 ['F', 'Mum', 20, 20, 20, 20, 'Yes', 'Good', 'Under-7'],
 ['F', 'Mum', 20, 20, 20, 20, 'Yes', 'Good', 'Under-7'],
 ['F', 'Mum', 1, 10, 10, 0, 'No', 'Good', 'Under-7'],
 ['F', 'Father', 0, 0, 0, 1, 'No', 'Good', 'Under-7']]
```

Figure 4.19 : exemple de prédiction

```

file_name = "D:\Laravel_test\Test7\public\Python\DTC_model.pkl"
model = load(file_name)
predicat_res = model.predict(df_test)
print(predicat_res)

✓ 0.4s

['L' 'M' 'L' 'M' 'H' 'H' 'L' 'M']

file_name = "D:\Laravel_test\Test7\public\Python\GBC_model.pkl"
model = load(file_name)
predicat_res = model.predict(df_test)

print(predicat_res)

✓ 0.7s

['L' 'M' 'M' 'M' 'H' 'H' 'L' 'L']

```

Figure 4.20 : Résultat du test en utilise deux modèles déférents

3. la génération des tournées de ramassage

3.1. Définition du problème

Le problème de ramassage des élèves dans les écoles peut être formulé comme un problème d'optimisation combinatoire de type VRP (Vehicle Routing Problem). L'objectif principal est de répartir les élèves concernés par le ramassage sur un ensemble de tournées. Chaque tournée est formée d'une liste ordonnée d'adresses à visiter par un véhicule en respectant la capacité des véhicules, avec pour objectif de minimiser la distance totale parcourue par les véhicules.

La figure suivante illustre une représentation schématique du problème de ramassage :

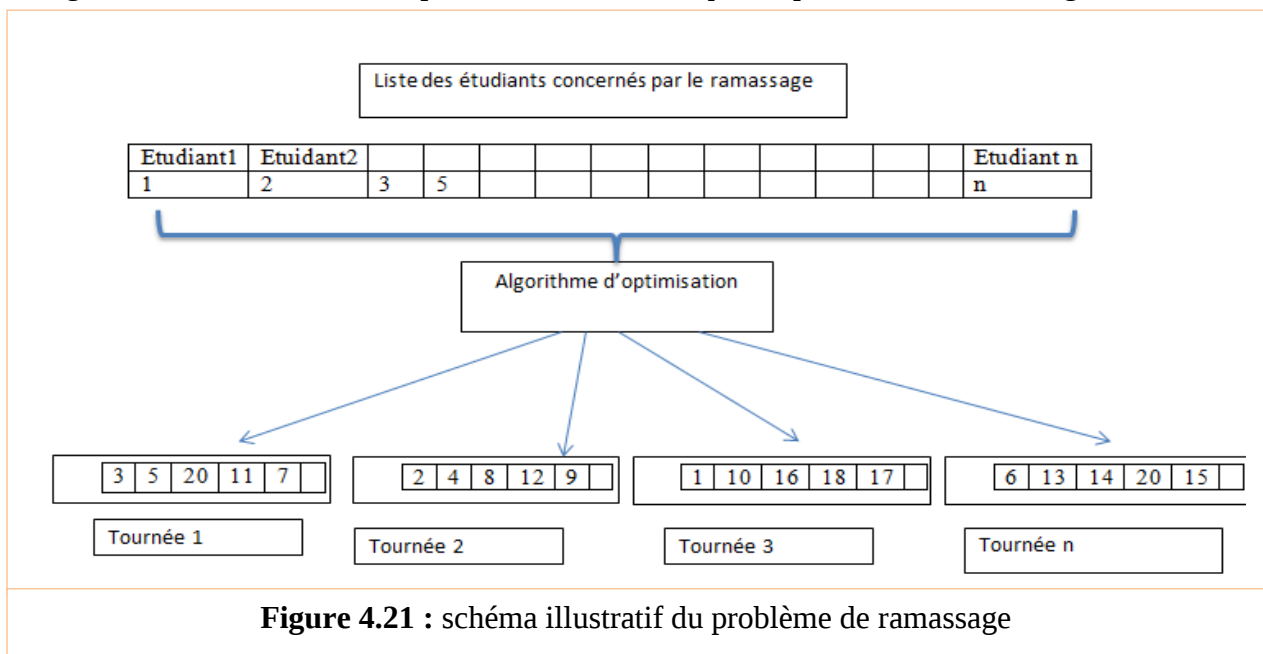


Figure 4.21 : schéma illustratif du problème de ramassage

3.2. Modélisation

Dans le cadre de notre projet, nous avons choisi de modéliser et de résoudre le problème de ramassage des élèves de manière simplifiée, en considérant un nombre minimum de contraintes. Il

est important de noter que dans un contexte réel, le problème de ramassage des élèves est beaucoup plus complexe et nécessite la prise en compte de nombreuses contraintes et variables supplémentaires pour obtenir une bonne solution.

La modélisation mathématique de notre problème de ramassage est la suivante :

- Soit un ensemble A de m adresses, des élèves à ramasser, noté $A = \{a1, a2, ..., am\}$. Avec l'adresse de l'école $a0$.
- Soit une matrice de distances M qui contient les distances d_{ij} entre chaque couple d'adresse i et j .
- Nous avons des véhicules de la même capacité C .
- La solution du problème contient K tournées, chaque tournée est une suite ordonnée de plusieurs adresse ai à visiter.
- la variable de décision $x^k_{ij}=1$ si l'adresse aj est visitée après l'adresse ai dans la tournée K
- la fonction objective est de minimiser la somme des distances des tournées :

$$\text{Mini } \sum_{T=0}^{k-1} \sum_{(ai,aj)} d_{ij} * x^k_{ij}.$$

- les contraintes du problème sans les suivantes :
 - $\sum_{T=0}^{k-1} \sum_{aj:(ai,aj)} x^T_{ij} = 1$ pour tout $aj \in A$ (chaque élève est ramassé dans une seule tournée T)
 - $\sum_{(ai,aj)} x^T_{ij} \leq C$ (le nombre d'élèves ramassés dans une tournée T ne doit pas dépasser la capacité maximale C d'un véhicule)
 - $\sum_{ai:(a0,ai)} x^T_{oi} = 1$, $\sum_{ai:(ai,a0)} x^T_{io} = 1$ pour toute tournée T, la tournée commence à l'adresse $a0$ de l'école et termine dans cette même adresse.

3.3. Choix et adaptation des méthodes de résolution

Pour la génération des tournées de ramassage, nous avons opté pour une méta-heuristique simple : **la recherche locale itérative**. L'algorithme commence par générer une solution initiale aléatoire S qui représente une première solution de tournées de ramassage. À chaque itération, un nombre de voisin $N(S)$ est généré autour de la solution courante en appliquant un opérateur de mouvement **OpM** : cet opérateur est basé sur le déplacement de deux élèves entre deux tournées choisis aléatoirement.

Ensuite, nous comparons la meilleure solution parmi les voisins générés $S_{\text{BEST_VOISIN}}$ avec la meilleure solution actuelle S_{BEST} . Si le coût de cette nouvelle solution réduit la fonction objectif nous remplaçons la meilleure solution par cette solution voisine comme étant la nouvelle meilleure solution. Ce processus est répété jusqu'à ce qu'un critère d'arrêt soit vérifié (un nombre d'itération k). À ce stade, l'algorithme s'arrête et renvoie la meilleure solution trouvée.

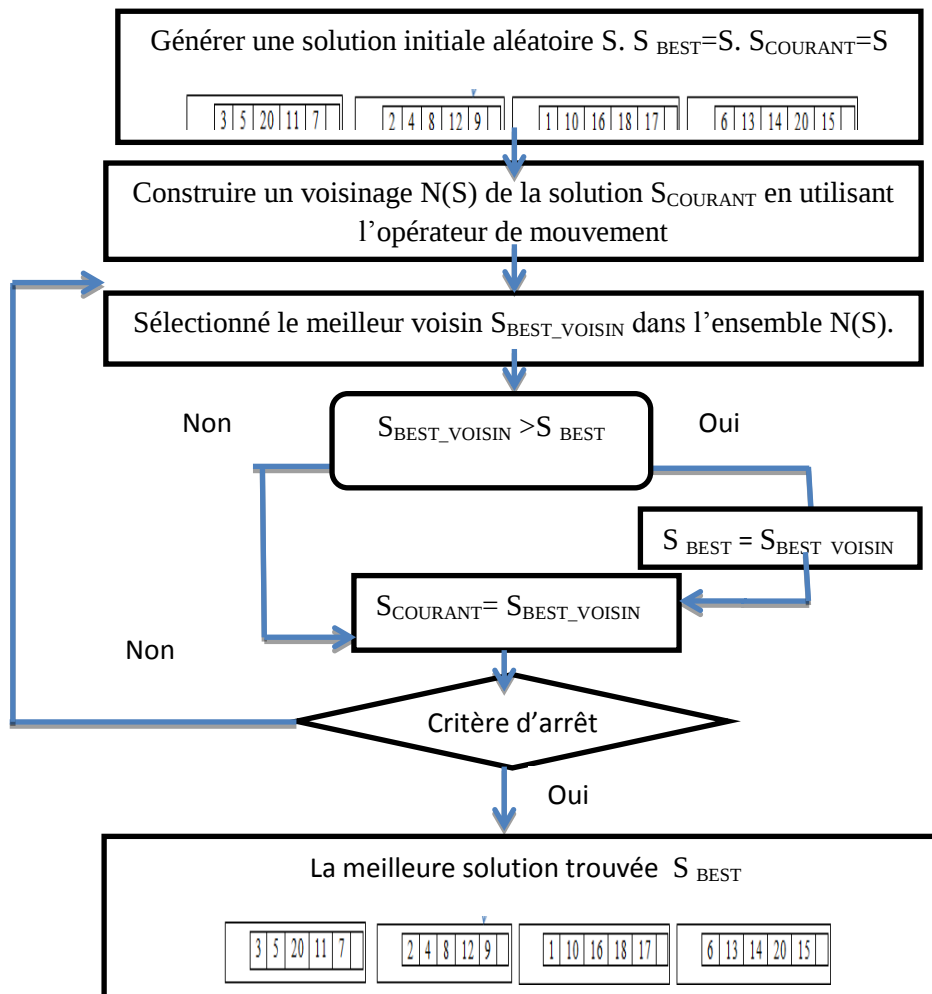


Figure 4.22 : schéma de la recherche locale itérative

3.4. Implémentation et récupération de la matrice de distance

La résolution pratique d'un problème de tournée de véhicules, en général, et en particulier le problème de ramassage des élèves, nécessite l'utilisation d'un service de cartographie pour obtenir les distances réelles entre les adresses et générer des tournées opérationnelles. Dans le cadre de notre mémoire, nous avons choisi d'utiliser l'API Geoapify pour générer une matrice de distances entre les différentes adresses de ramassage. Il suffit d'appeler l'API avec les coordonnées (latitude, longitude) des adresse de ramassage.

La figure 4 représente la matrice de distances obtenue en réponse à une requête.

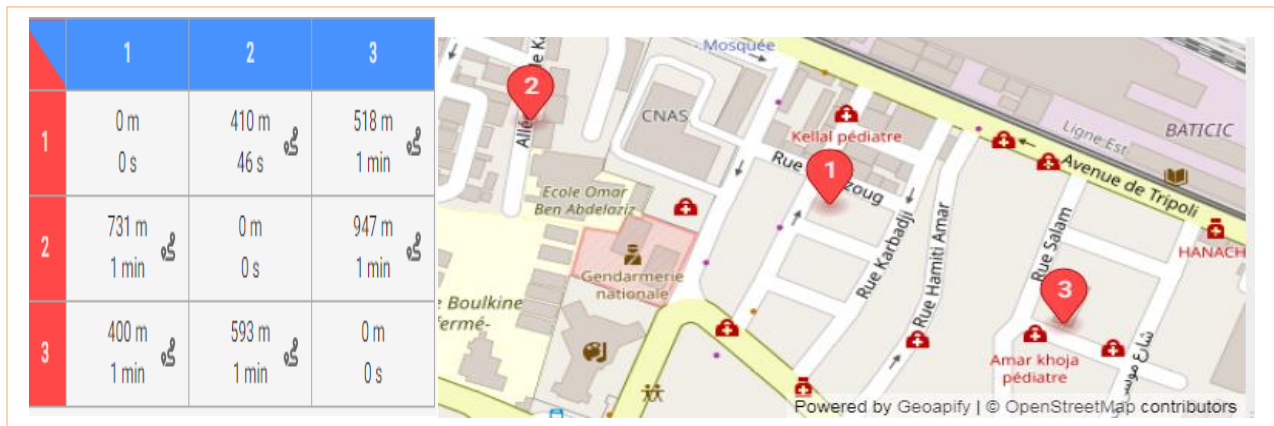


Figure 4.23 : La matrice de distances du Geoapify API



Figure 4.24 : Récupération de la matrice de distances envoyée par l'API Geoapify

• Exemple d'exécution :

Le tableau suivant résume les tests effectués sur l'algorithme de recherche locale itérative en utilisant un jeu de données de 23 adresses (étudiants). La première case du tableau correspond à la matrice de distances obtenue à partir de l'API cartographique. L'algorithme est testé avec différentes capacités de véhicule et un nombre d'itérations différents.

0 -1709 -3640 -550 -3494 -1410 -1968 -391 -716 -1390 -1718 -3127 -3053 -2760 -1868 -1035 -2469 -24 4812 -0 -1931 -3587 -1785 -2993 -259 -4421 -4366 -319 -9 -1399 -1344 -1051 -159 -3343 -402 -531 -11 2400 -1931 -0 -1992 -146 -1398 -1672 -3044 -3607 -2250 -1922 -3104 -587 -1164 -1864 -5274 -2107 -2 550 -2587 -3212 -0 -3066 -936 -2846 -816 -1221 -2268 -2596 -4005 -2625 -2704 -2746 -1913 -3347 -33 2254 -1785 -209 -1846 -0 -1252 -1526 -2898 -3461 -2104 -1776 -2958 -441 -1018 -1718 -5128 -1961 -2 1658 -3622 -3806 -1250 -3660 -0 -3881 -2302 -2865 -3303 -3631 -5040 -3219 -3298 -3781 -2948 -4382 4028 -259 -1672 -3620 -1526 -3026 -0 -4680 -4625 -578 -250 -1432 -1085 -792 -192 -3602 -435 -564 -5 391 -1318 -3249 -816 -3103 -1767 -1577 -0 -347 -999 -1327 -2736 -2662 -2369 -1477 -644 -2078 -2083 716 -1263 -3194 -1232 -3048 -2092 -1522 -347 -0 -944 -1272 -2681 -2607 -2314 -1422 -589 -2023 -202 4493 -319 -2250 -4365 -2104 -3771 -578 -4102 -4047 -0 -328 -2177 -1663 -1370 -478 -3024 -721 -1524 4821 -9 -1922 -3578 -1776 -2984 -250 -4430 -4375 -328 -0 -1390 -1335 -1042 -150 -3352 -393 -522 -11 2988 -1399 -3104 -2580 -2958 -1986 -1432 -3632 -4182 -3013 -1390 -0 -2517 -2224 -1240 -3159 -1239 1813 -1344 -587 -1405 -441 -811 -1085 -2457 -3020 -1663 -1335 -2517 -0 -577 -1277 -4687 -1520 -164 1892 -1002 -1164 -1484 -1018 -890 -743 -2536 -3099 -1321 -993 -2175 -577 -0 -935 -4345 -1178 -1307 3836 -159 -1864 -3428 -1718 -2834 -192 -4271 -4216 -478 -156 -1240 -1277 -984 -0 -3193 -243 -372 -1 1740 -874 -2805 -1982 -2659 -3406 -1133 -1349 -1294 -555 -883 -2292 -2218 -1925 -1033 -0 -1634 -16 3835 -402 -2107 -3427 -1961 -2833 -435 -4028 -3973 -721 -393 -1239 -1520 -1227 -243 -2950 -0 -371 - 3464 -531 -2236 -3056 -2090 -2462 -564 -4037 -3982 -850 -522 -868 -1649 -1356 -372 -2959 -371 -0 -1 2114 -1176 -1386 -1706 -1240 -1112 -917 -2758 -3321 -1495 -1167 -2349 -799 -222 -1109 -4519 -1352	
Tournée 1: 0 -> 1 -> 6 -> 2 -> 4 -> 12 -> 0 Tournée 2: 0 -> 21 -> 7 -> 8 -> 20 -> 15 -> 0 Tournée 3: 0 -> 9 -> 10 -> 14 -> 17 -> 11 -> 0 Tournée 4: 0 -> 22 -> 16 -> 19 -> 5 -> 3 -> 0 Tournée 5: 0 -> 18 -> 13 -> 0 Coût total : 28972	Capacité de véhicules : 5 Itération : 1000.
Tournée 1: 0 -> 8 -> 21 -> 20 -> 4 -> 2 -> 0 Tournée 2: 0 -> 22 -> 6 -> 18 -> 13 -> 12 -> 0 Tournée 3: 0 -> 16 -> 9 -> 10 -> 1 -> 15 -> 0 Tournée 4: 0 -> 11 -> 17 -> 14 -> 19 -> 5 -> 0 Tournée 5: 0 -> 7 -> 3 -> 0 Coût total : 31671	Capacité de véhicules : 5 Itération : 100.
Tournée 1: 0 -> 1 -> 14 -> 19 -> 13 -> 0 Tournée 2: 0 -> 22 -> 4 -> 8 -> 21 -> 0 Tournée 3: 0 -> 15 -> 10 -> 16 -> 12 -> 0 Tournée 4: 0 -> 11 -> 17 -> 6 -> 18 -> 0 Tournée 5: 0 -> 7 -> 9 -> 2 -> 5 -> 0 Tournée 6: 0 -> 3 -> 20 -> 0 Coût total : 35176	Capacité de véhicules : 4 Itération :100.
Tournée 1: 0 -> 21 -> 6 -> 19 -> 3 -> 0 Tournée 2: 0 -> 22 -> 11 -> 17 -> 18 -> 0 Tournée 3: 0 -> 9 -> 1 -> 13 -> 5 -> 0 Tournée 4: 0 -> 14 -> 16 -> 4 -> 2 -> 0 Tournée 5: 0 -> 8 -> 15 -> 10 -> 12 -> 0 Tournée 6: 0 -> 20 -> 7 -> 0 Coût total : 31315	Capacité de véhicules : 4 Itération :1000.

Tableau 4.4 : Résultat d'exemple exécution

3.5. Vérification et évaluation

D'après l'exécution et les tests de notre algorithme sur des données réelles basées sur les distances fournies par l'API cartographique, nous avons constaté que les solutions proposées respectent toutes les contraintes de capacité de véhicule, d'unicité de ramassage des élèves par un seul véhicule, ainsi que la contrainte de retour au point de départ.

En ce qui concerne la qualité de l'opérateur de mouvement OpM, nous avons constaté qu'il est efficace pour éviter les optima locaux dans la plupart des exécutions, ce qui conduit à des solutions de meilleure qualité dans presque toutes les itérations de l'algorithme. Cela signifie que notre algorithme est capable de trouver des solutions bonnes en prenant en compte les contraintes du problème de ramassage des élèves.

Étant donné que notre objectif n'est pas de trouver le meilleur algorithme d'optimisation pour résoudre le problème de ramassage des élèves, mais plutôt de proposer une solution pratique basée sur des distances réelles et alimentée automatiquement par les adresses de la base de données, nous pouvons considérer que notre solution est acceptable.

4. Conclusion

Ce chapitre nous a permis de découvrir les méthodologies et les outils que nous avons utilisés pour mettre en place les fonctionnalités d'aide à la décision de notre application. Nous avons exploré les techniques d'apprentissage automatique pour la formation de groupes et la prédiction de la performance des élèves, ainsi que la méta-heuristique d'optimisation et les API de géolocalisation pour la génération des tournées de ramassage.

Dans le prochain chapitre, nous allons présenter l'implémentation complète de notre application, en intégrant les modules de prédiction, de clustering et d'optimisation.

Chapitre5 :

Implémentation des interfaces et
intégration des modules d'aide à la
décision

1. Introduction

Notre processus de développement touche à sa fin, et dans ce chapitre, nous aborderons les décisions relatives à la programmation de notre application. Nous commencerons par présenter les langages de programmation et les outils de développement que nous avons utilisés. Ensuite, nous détaillerons les étapes d'intégration des différents modules d'aide à la décision dans l'application.

2. langages de programmation et outils de développement utilisés

2.1. HTML

L'HyperText Markup Language, HTML, désigne un type de langage informatique descriptif. Il s'agit plus précisément d'un format de données utilisé dans l'univers d'Internet pour la mise en forme des pages Web.



Figure 5.1 : HTML logo

2.2. JavaScript

JavaScript désigne un langage de développement informatique, et plus précisément un langage de script orienté objet. On le retrouve principalement dans les pages Internet. Il permet, entre autres, d'introduire sur une page web ou HTML des petites animations ou des effets.



Figure 5.2 : JavaScript logo

2.3. PHP

PHP (Hypertext Preprocessor) est un langage de scripts généraliste et Open Source, spécialement conçu pour le développement des applications web. Il peut être intégré facilement avec HTML.



Figure 5.3 : PHP logo

2.4. Python

python est le langage de programmation open source le plus employé par les informaticiens. Ce langage s'est propulsé en tête de la gestion d'infrastructure, d'analyse de données ou dans le domaine du développement de logiciels. En effet, parmi ses qualités, Python permet notamment aux développeurs de se concentrer sur ce qu'ils font plutôt que sur la manière dont ils le font.



Figure 5.4 : Python logo

2.5. MySQL

Le terme MySQL, pour My Structured Query Language, désigne un serveur de base de données distribuées sous licence libre GNU (General Public License). Dans la pratique, le serveur MySQL peut se résumer à un lieu de stockage et d'enregistrement des données, que celles-ci soient ou non cryptées. Il est alors ensuite possible, via une requête SQL, d'aller récupérer des informations sur ce serveur très rapidement. [31]



Figure 5.5 : MySQL logo

2.6. Bootstrap

Bootstrap est un Framework développé par l'équipe du réseau social Twitter. Proposé en open source (sous licence MIT), ce Framework utilisant les langages HTML, CSS et JavaScript fournit aux développeurs des outils pour créer un site facilement.



Figure 5.6 : Bootstrap logo

2.7.Laravel

Laravel est un framewok PHP open sources basé sur l'architecture MVC. Sortie en juin 2011, Ils est actuellement l'un des frameworks PHP les plus populaires, crée par Taylor Otwel, initie une nouvelle facon de concevoir un framework en utilisant ce qui existe de mieux pour chaque fonctionnalité. Par exemple, toute application web a besoin d'un système qui gère les requêtes HTTP.



Figure 5.7 : Laravel Framework logo

2.8.WampServer

WampServer est une plate-forme de d'développement Web sous Windows pour des applications Web dynamiques `a l'aide du serveur Apache, du langage de scripts PHP et d'une base de données MySQL. Il possède également PhpMyAdmin pour gérer plus facilement vos bases de données.



Figure 5.8 : WampServer logo

2.9. Geoapify Location Platform

Geoapify Location Platform est une plateforme de localisation qui fournit des API et des outils pour les développeurs, les entreprises et les organisations qui souhaitent intégrer des fonctionnalités de localisation dans leurs applications et leurs sites web. La plateforme offre une variété de fonctionnalités, notamment la géocodage (conversion d'une adresse en coordonnées géographiques), le routage (calcul de l'itinéraire optimal entre deux points), la recherche de points d'intérêt, la visualisation de cartes et la création de cartes personnalisées. Les développeurs peuvent accéder à la plateforme via des API RESTful ou des SDK pour différentes plateformes de développement.

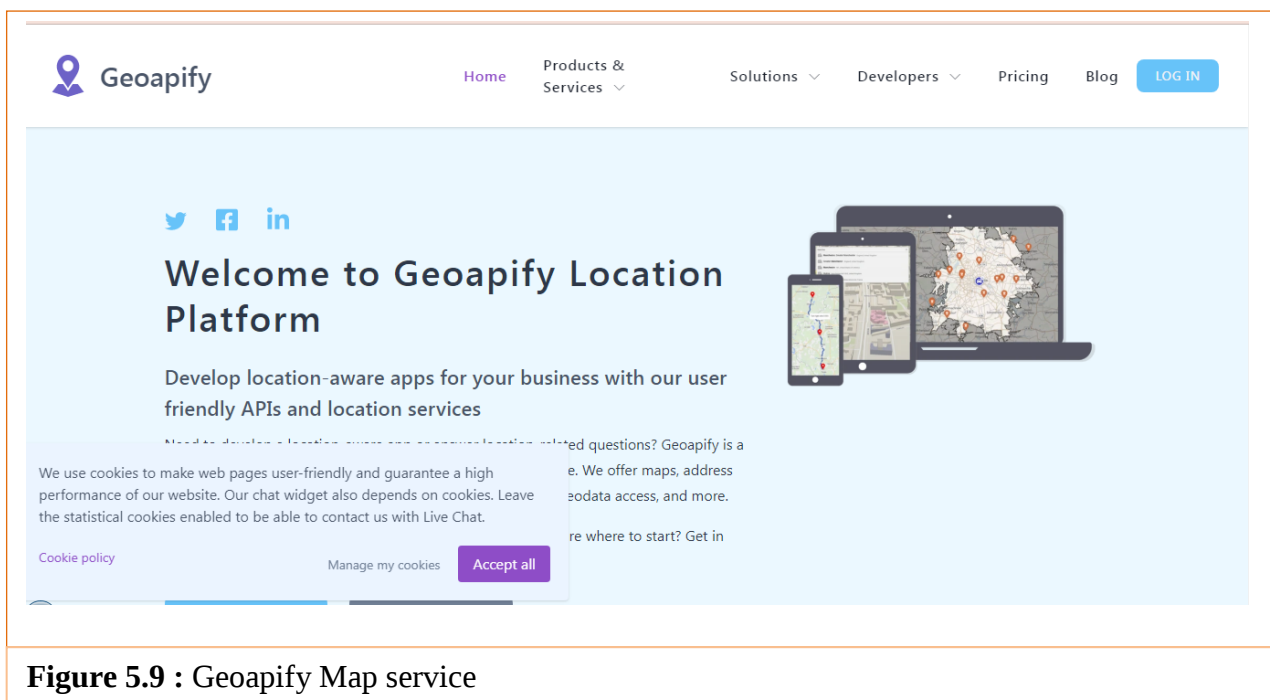
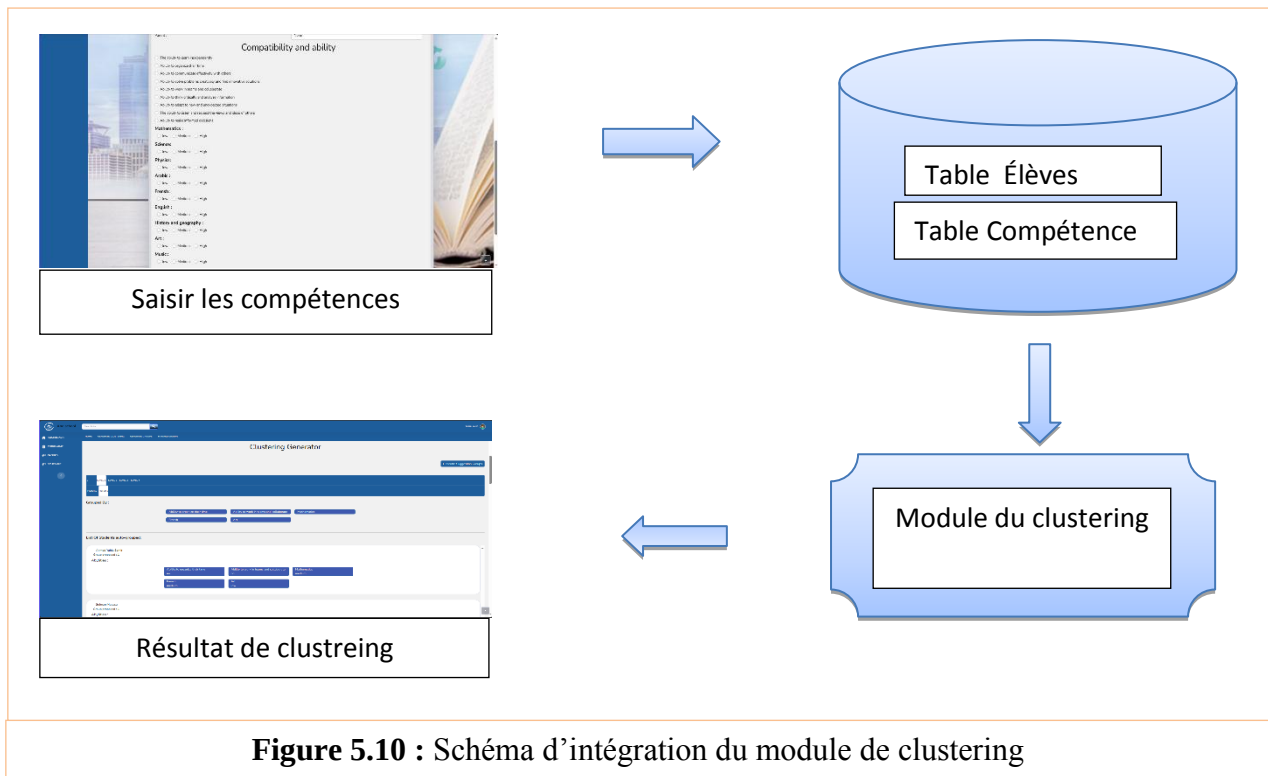


Figure 5.9 : Geoapify Map service

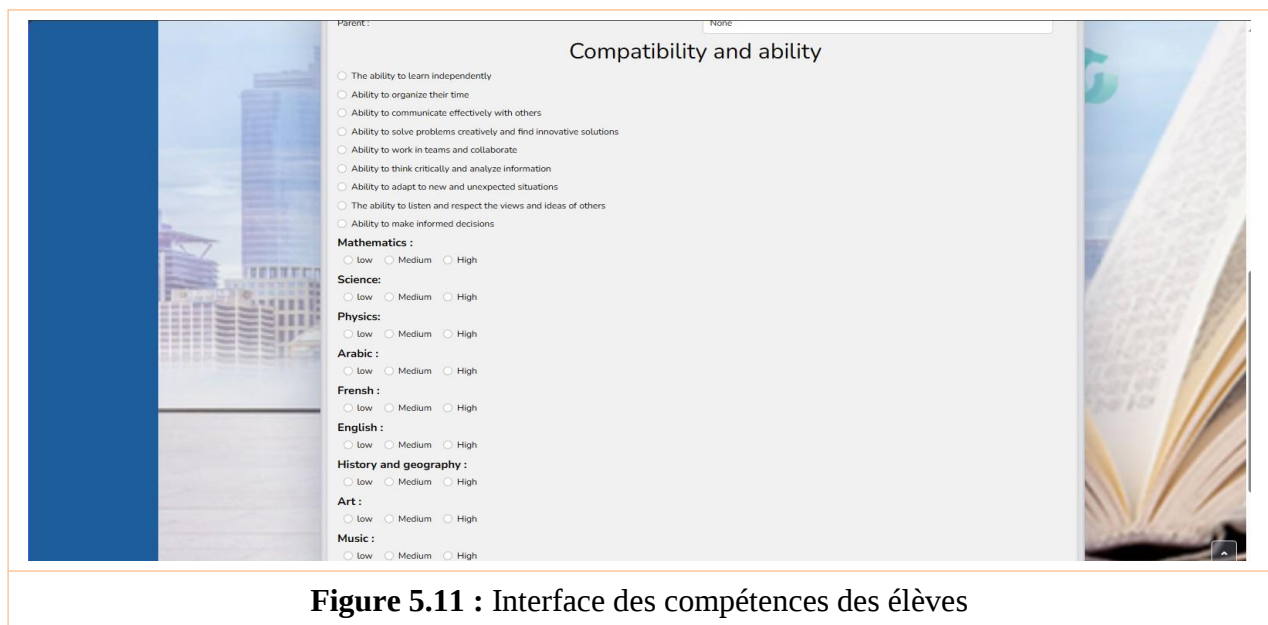
3. Intégration des modules d'aide à la décision

3.1. Le clustering

Le schéma ci-dessous illustre l'interaction entre le module de clustering, les interfaces utilisateur et la base de données de l'application



Le processus débute par l'enregistrement des compétences des élèves à travers l'interface suivante :



- **filtre :**

Pour plus de flexibilité lors du clustering des élèves, nous avons ajouté une option de filtrage à notre processus avant de lancer notre algorithme de clustering. Ce filtre permet au responsable

pédagogique de sélectionner l'ensemble d'attributs sur lesquels il souhaite baser la formation des groupes.

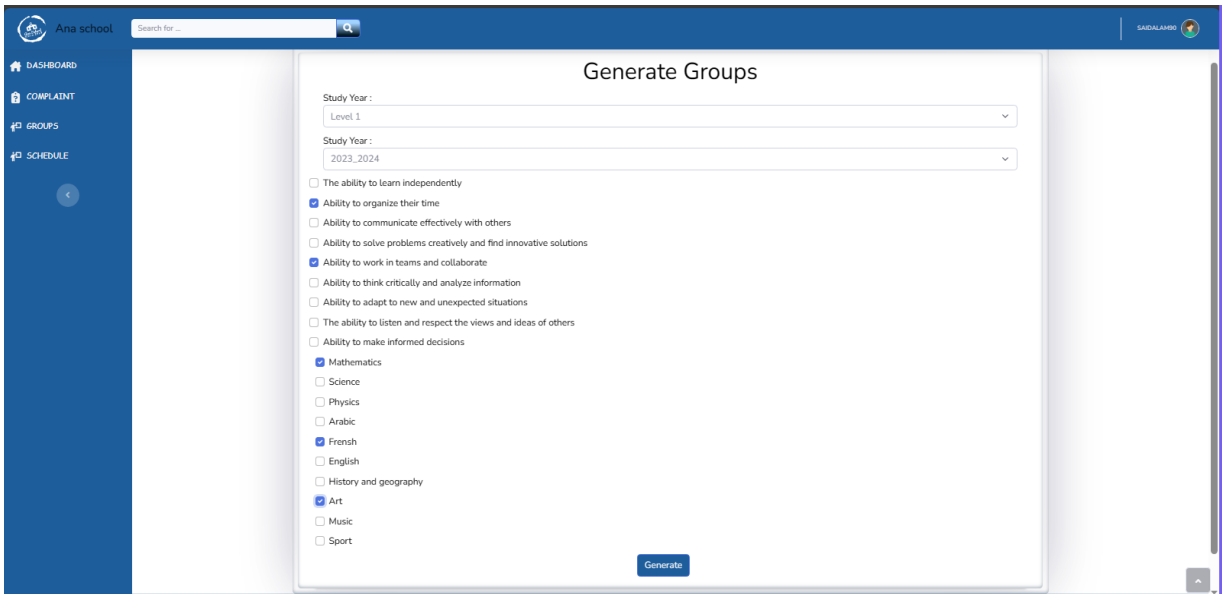


Figure 5.12 : Interface du filtre de clustering

La deuxième étape implique l'extraction des compétences des élèves et leur conversion en un format JSON approprié pour le module de clustering, suivi de l'appel du module de clustering :

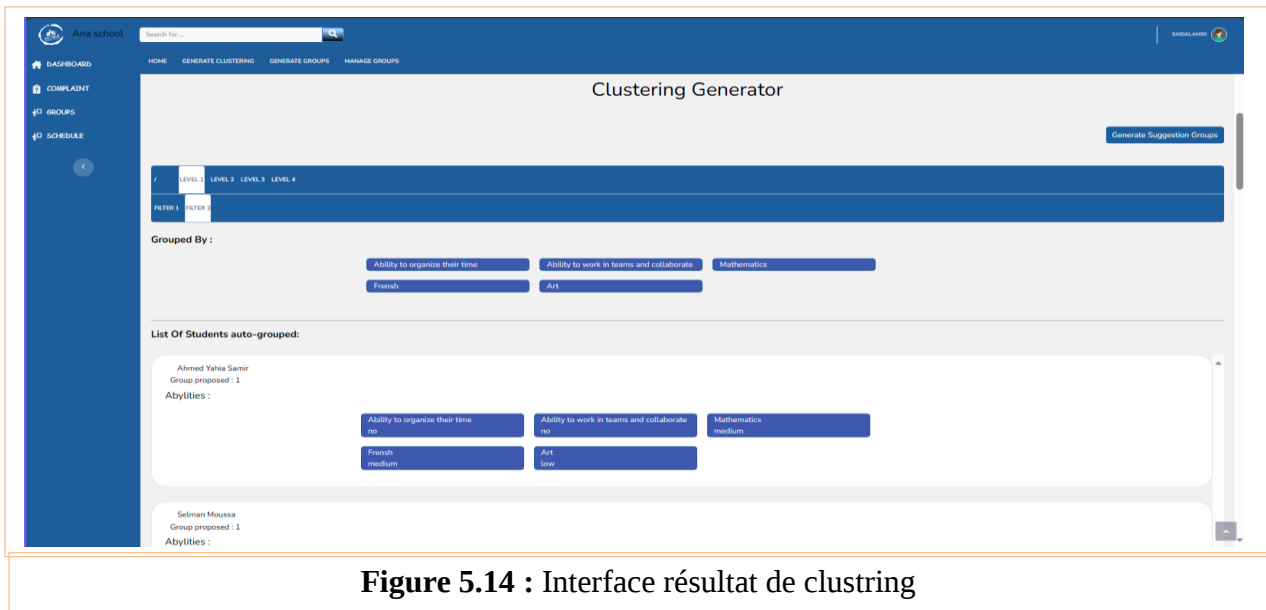
```
array_push($dataset,$nombre_groupe);
array_push($dataset,$nbr_criteria);
// Convert the data to a JSON string
$json_data = json_encode($dataset);
$array = json_decode($json_data, true);

$dumper = new Dumper();
$yaml = $dumper->dump($array);

$command = "python Python/Eleve_groupe.py ".escapeshellarg($yaml);
```

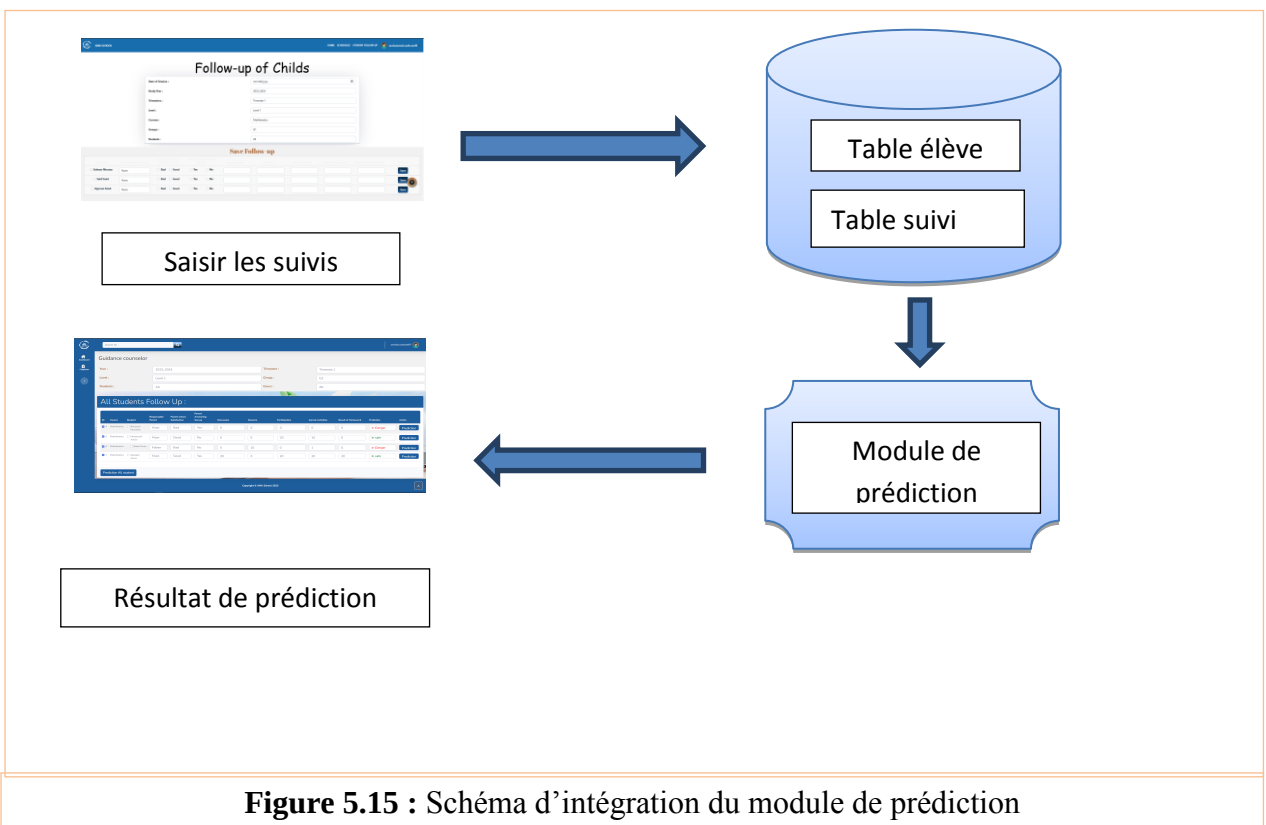
Figure 5.13 : Code de récupération des données et appel de module de clustering

La dernière étape consiste à afficher les résultats du clustering



3.2.Prédiction des performances

Le schéma ci-dessous récapitule l'interaction entre le module de prédiction, les interfaces utilisateur et la base de données de l'application :



Le processus débute par l'enregistrement des suivis des élèves à travers l'interface suivante :

Follow-up of Childs

Date of Session : mm/dd/yyyy

Study Year : 2023_2024

Trimesters : Trimester 1

Level : Level 1

Courses : Mathématiques

Groups : G1

Students : All

Save Follow-up

STUDENT	RESPONSIBLE PERSON	PARENTS' PERCEPTION	TEACHER'S PERCEPTION	STUDENT'S PERCEPTION	TEACHER'S	STUDENT'S	TEACHER'S	STUDENT'S	TEACHER'S	STUDENT'S	ACTION
☐ Selman Moussa	None	☐ Bad ☐ Good	☐ Yes ☐ No								Save
☐ Said Sami	None	☐ Bad ☐ Good	☐ Yes ☐ No								Save
☐ Agoune Amel	None	☐ Bad ☐ Good	☐ Yes ☐ No								Save

Figure 5.16 : Interface de formulaire du suivi élèves

La deuxième étape implique l'extraction des suivis des élèves et leur conversion en un format utilisable par le module de prédiction, suivi de l'appel du module de prédiction :

```

pickle_file = 'Python\DTC_model.pkl'

full_path = os.path.abspath(pickle_file)
model = load(full_path)
predicat_res = model.predict(df_test)
predicat_res_list = predicat_res.tolist()

# Serialize the list to JSON
output = json.dumps(predicat_res_list)

print(output)

$command = "python Python/Predication_sf.py ".escapeshellarg($yaml);
$output = [];
$exit_code = 0;
exec($command, $output, $exit_code);
//$output= shell_exec($command);
if ($exit_code !== 0) {
    return;
}
//dd($output);
$predictionResult = json_decode(implode('', $output), true);
    
```

Figure 5.17 : Code du Chargement du modèle de prédiction et récupération des résultats

La dernière étape consiste à afficher les résultats de la prédiction :

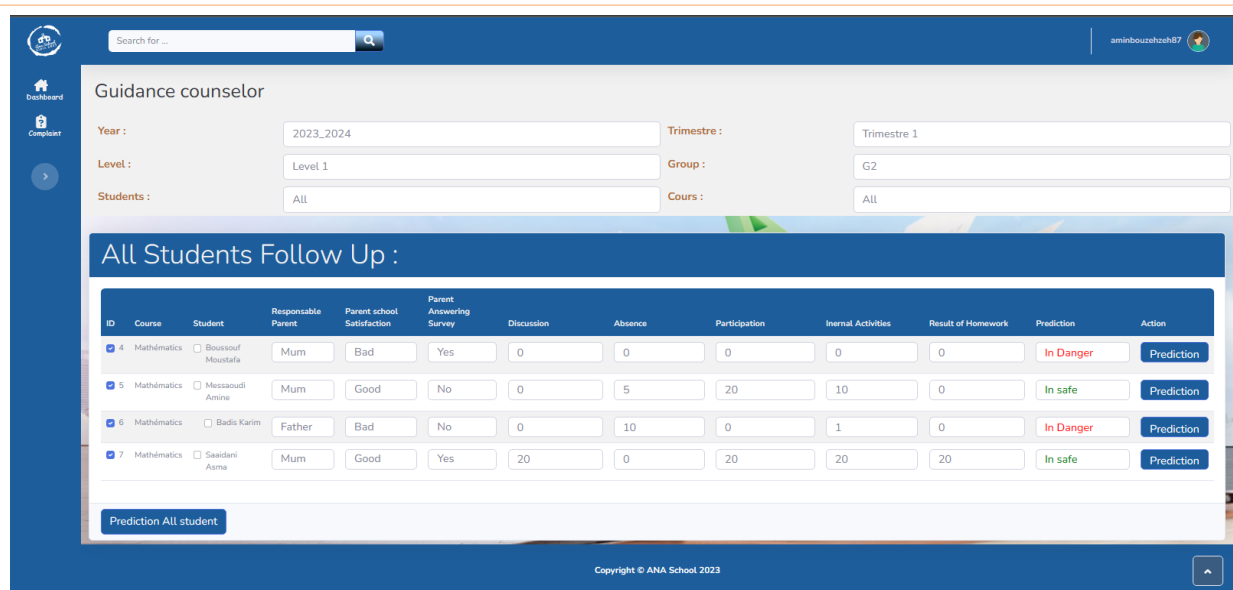


Figure 5.18 : résultat de prédiction

3.3.Optimisation des chemins de ramassage

Le schéma ci-dessous récapitule l'interaction entre le module d'optimisation, les interfaces utilisateur et la base de données de l'application :

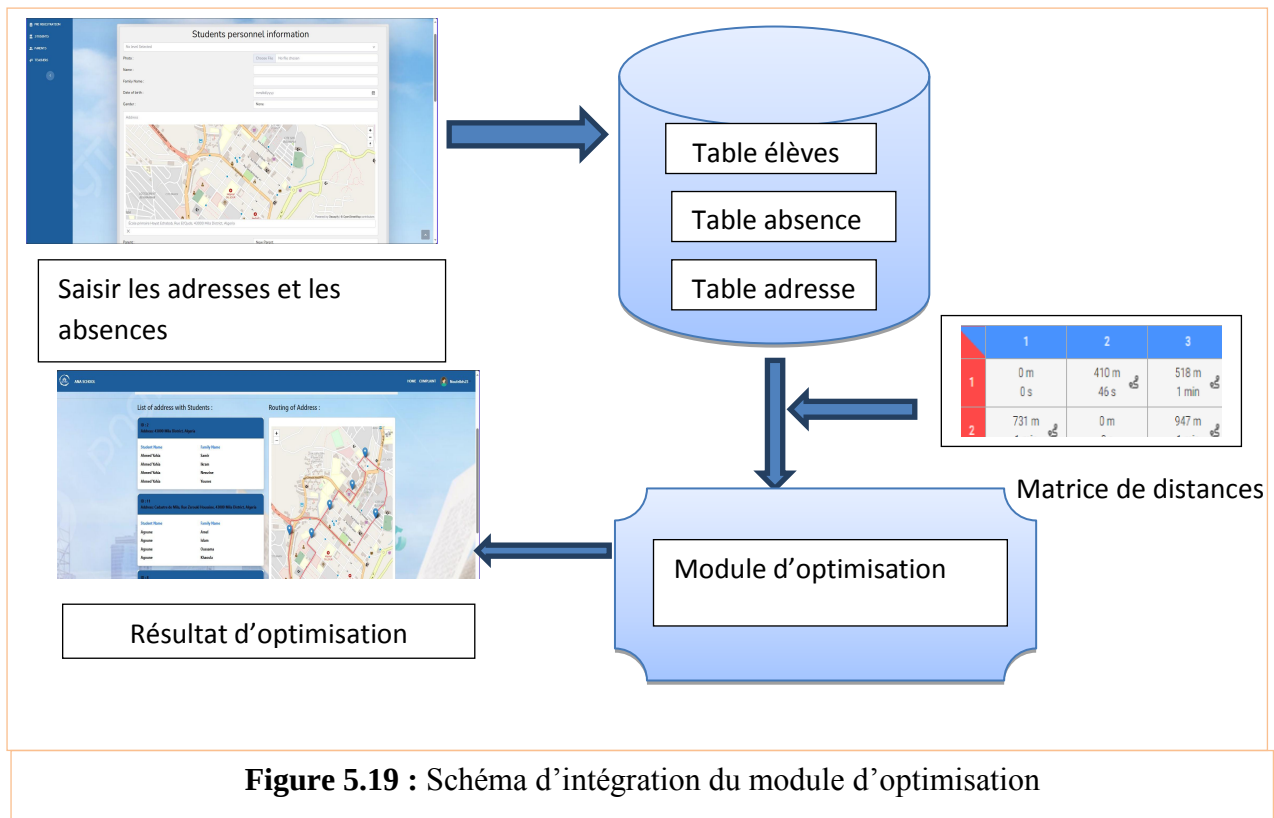


Figure 5.19 : Schéma d'intégration du module d'optimisation

Le processus débute par l'enregistrement des coordonnées cartographiques des adresses de ramassage ainsi que les absences des élèves :

Figure 5.20 : Interface d'enregistrement des coordonnées cartographiques des adresses.

La deuxième étape implique l'extraction des coordonnées des adresses de ramassage ainsi que leur transformation en un format utilisable par l'API geoapify cartographique afin de récupérer la matrice de distances :

```
$data = array("mode" => "drive", "sources" => $sources, "targets" => $targets);
$json_data = json_encode($data);

$curl = curl_init();
curl_setopt_array($curl, array(
    CURLOPT_URL => 'https://api.geoapify.com/v1/routematrix?apiKey=b002000d4f63478a9645a30566f69934',
    CURLOPT_RETURNTRANSFER => true,
    CURLOPT_ENCODING => '',
    CURLOPT_MAXREDIRS => 10,
    CURLOPT_TIMEOUT => 0,
    CURLOPT_FOLLOWLOCATION => true,
    CURLOPT_HTTP_VERSION => CURL_HTTP_VERSION_1_1,
    CURLOPT_CUSTOMREQUEST => 'POST',
    CURLOPT_POSTFIELDS => '{"mode":"drive","sources":[{"location":[3.1737482521576794,36.71855162366805]}]',
    CURLOPT_HTTPHEADER => array(
        'Content-Type: application/json'
    ),
));
$response = curl_exec($curl);
```

Figure 5.21 : code de récupération de la matrice de distance

The screenshot shows the 'Transport Management' section of the ANA SCHOOL application. The 'About Route 0' form is displayed, allowing users to define a route. The form includes fields for 'Start', 'Station 1', 'Station 2', 'Station 3', 'End', 'Select Bus', and 'Insert Route information'. Each field has a text input for address details and a numeric input for the number of students. A 'Save Route' button is located at the bottom right of the form.

Field	Address Value	Number of Students
Start:	43000 Mila District, Algeria	1
Station 1:	43000 Mila District, Algeria	2
Station 2:	Cadastre de Mila, Rue Zerouki Houssine, 43000 Mila District, Algeria	11
Station 3:	43000 Mila District, Algeria	10
End:	43000 Mila District, Algeria	1
Select Bus:	Bus 1	
Insert Route information:		4

Figure 5.22 : affichage textuel de la solution

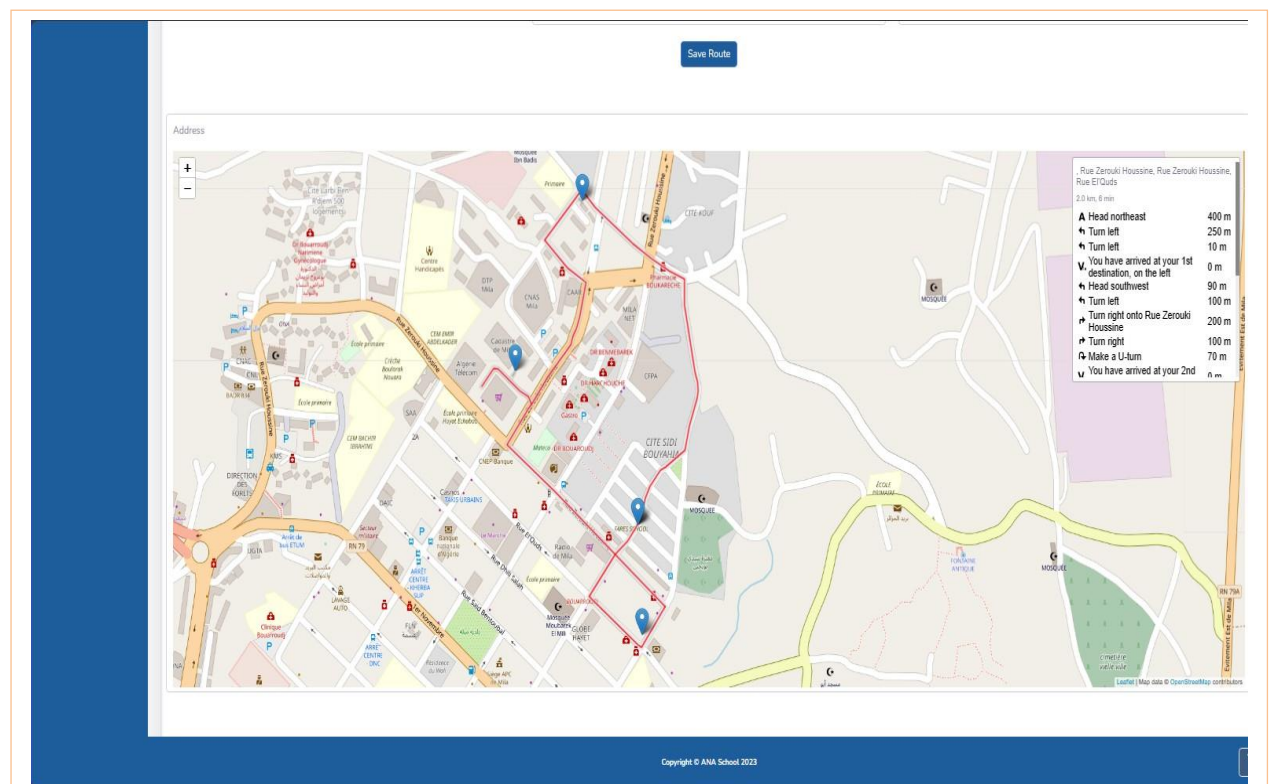


Figure 5.23 : affichage des tournées de ramassage sur geoapify MAP

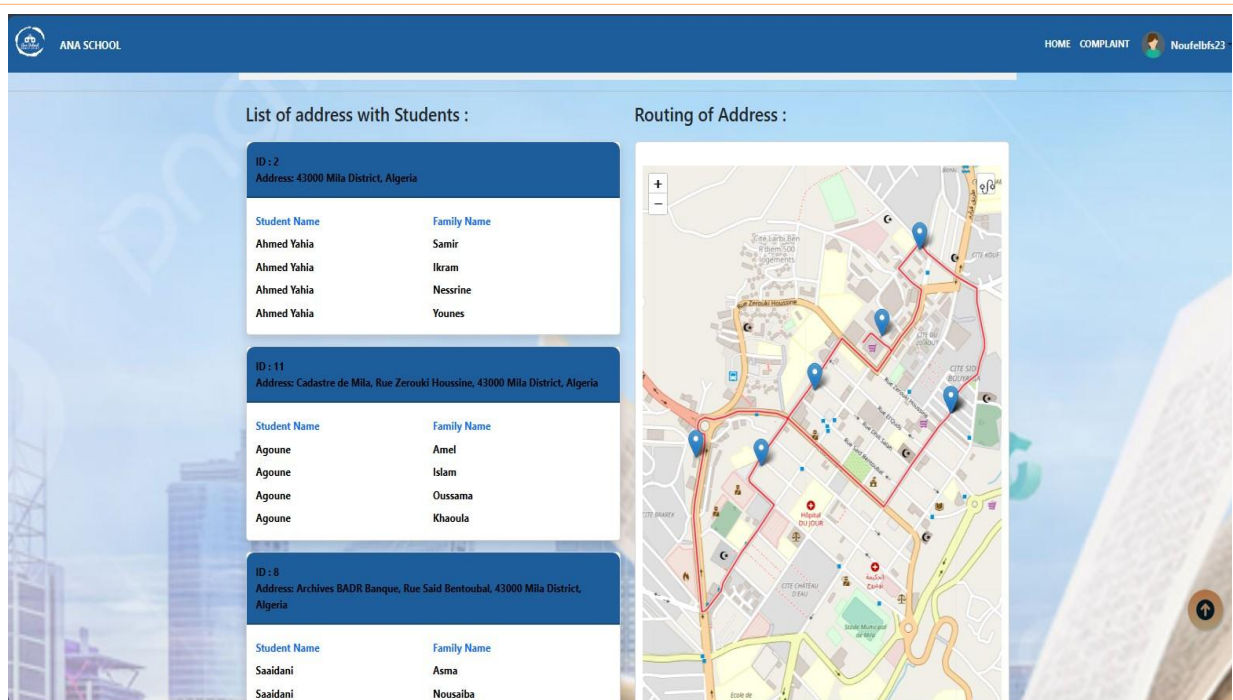


Figure 5.24 : interface chauffeur : liste des élèves dans sa route et le chemin sur le MAP

- Quelques interfaces des fonctionnalités classiques

The screenshot shows the 'Pre-registration' form. It is divided into two main sections: 'Sender information' and 'Students information'. The 'Sender information' section includes fields for Name, Family Name, Kinship with student, Email, and Phone. The 'Students information' section includes fields for Name, Family Name, Date of birth (with a date picker), Study Level (with a dropdown menu), Place of Residence, and Written request (with a file upload button). A 'Send Request' button is located at the bottom of the form.

Figure 5.25 : interface des préinscriptions

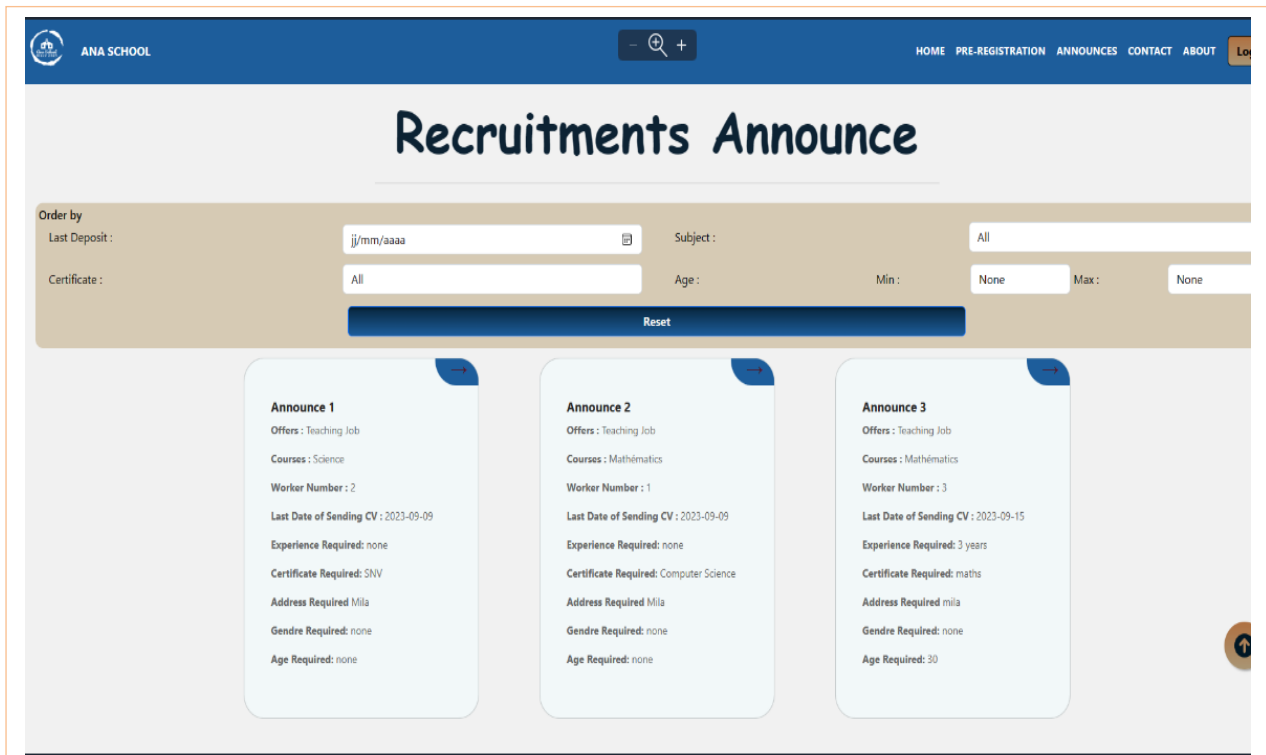


Figure 5.26 : interface des annonces de recrutement

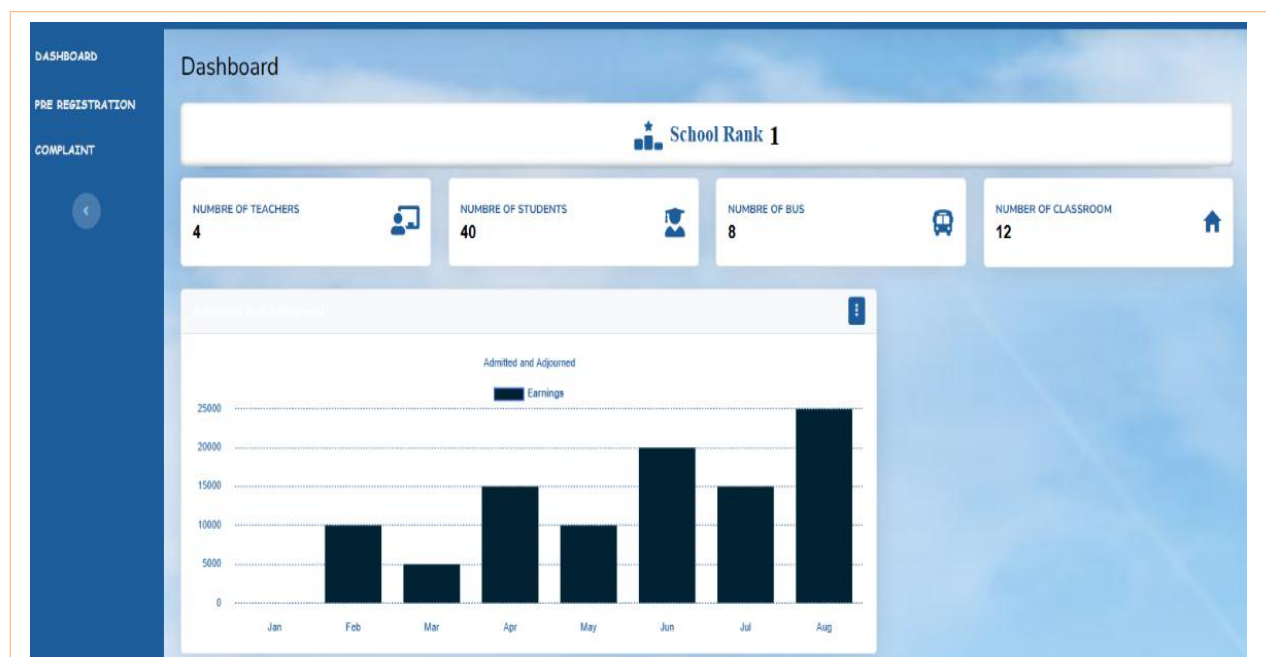


Figure 5.27 : interface des Candidatures de recrutement

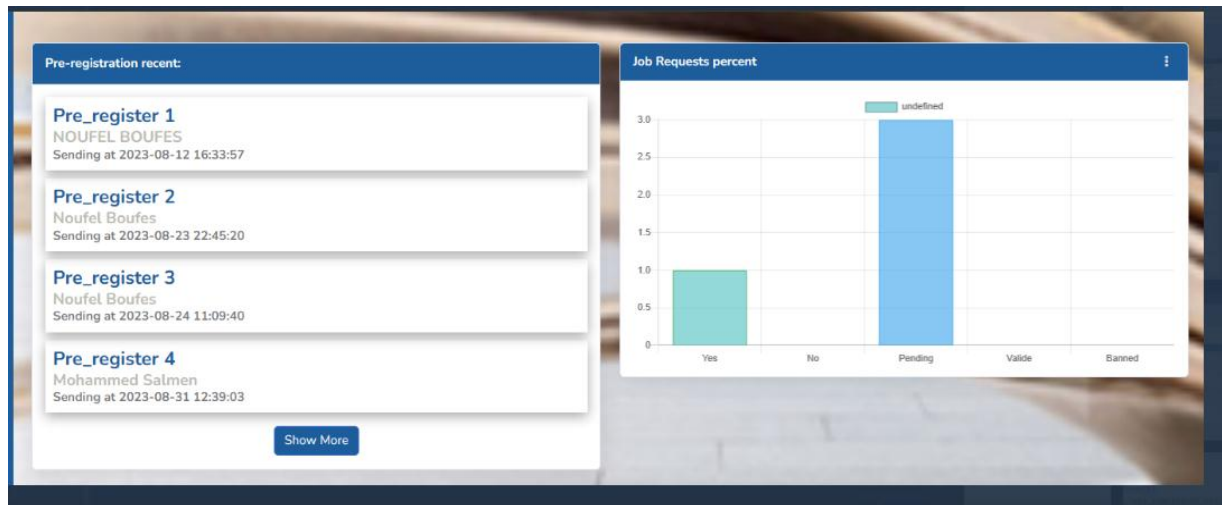


Figure 5.28 : interface Dashboard du Directeur



Figure 5.29 : interface Emploi de temps (enfant parent)

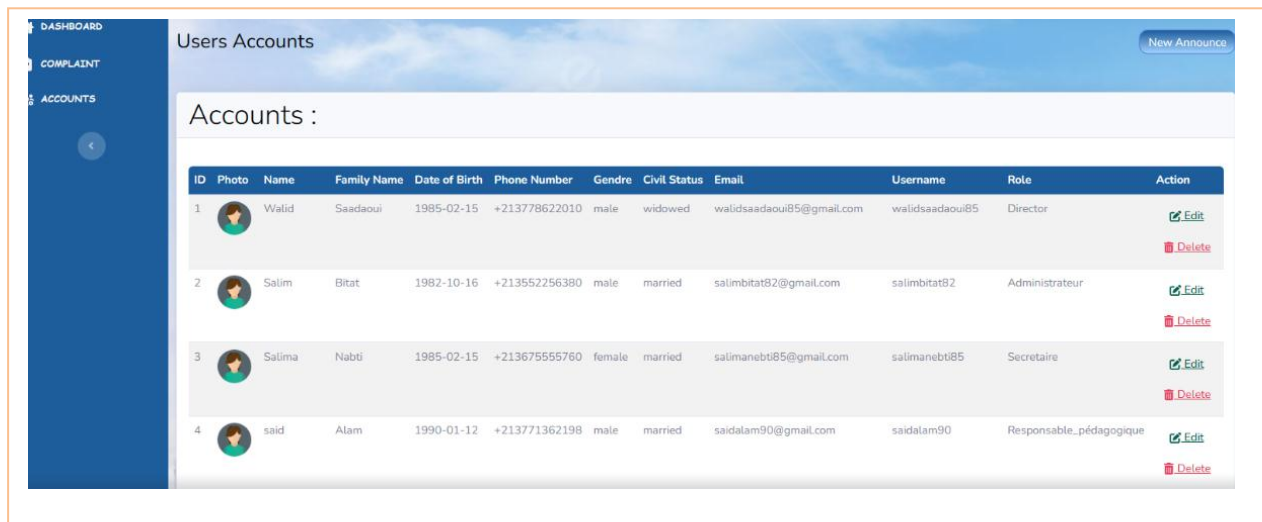


Figure 5.30 : interface gestion du compte pour l'administrateur

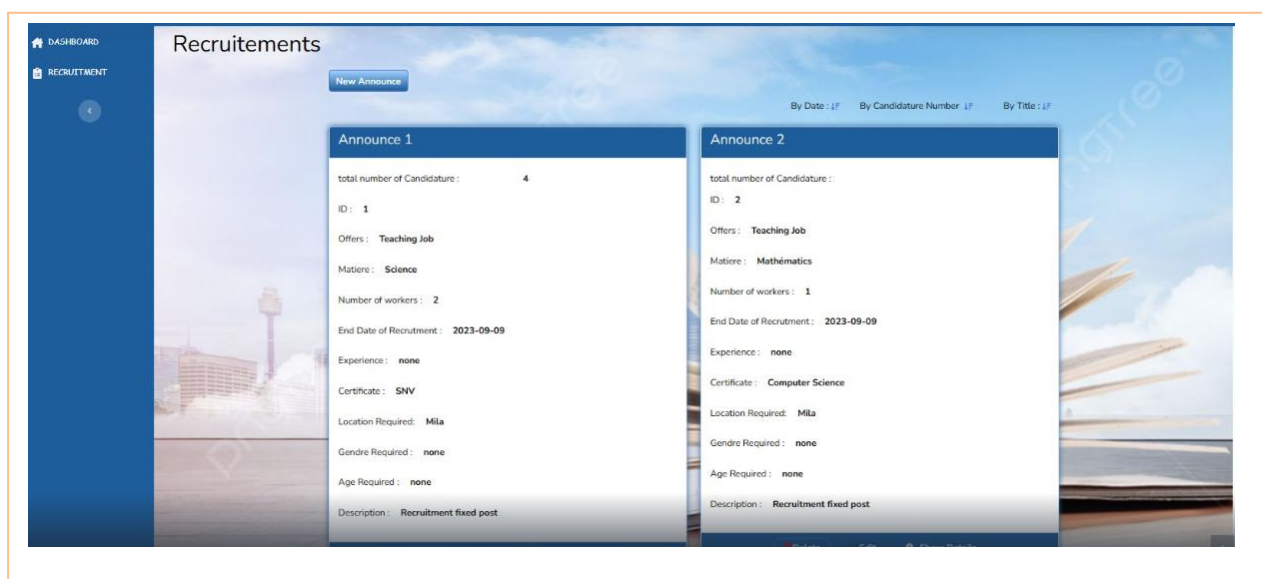


Figure 5.31 : interface consulter List des annonces

4. Conclusion

Dans ce chapitre final, nous avons présenté tous les éléments liés au développement de notre application. Nous avons abordé les différents outils et choix technologiques qui ont été utilisés pour mettre en œuvre les différents composants. Enfin, nous avons fourni une description détaillée des interfaces graphiques de notre application. La prochaine section marquera la conclusion de notre projet.

Conclusion générale

Dans le cadre de ce projet de fin d'études, nous avons développé une application web de gestion et d'aide à la décision pour les établissements d'enseignement privés. Notre application est considérée comme une amélioration des systèmes de gestion classiques utilisés dans les établissements scolaires, car elle se base sur des fonctionnalités d'aide à la décision fournies sous forme de modules implémentés en utilisant les nouvelles technologies telles que les techniques d'apprentissage automatique et d'optimisation.

Notre application permet aux responsables de l'école d'améliorer leur prise de décision dans trois tâches clés : la formation de groupes d'élèves, qui permet aux enseignants d'adopter les méthodes d'enseignement adéquates pour chaque groupe d'élèves ; la prédiction de la performance des élèves, qui facilite l'orientation des élèves et l'augmentation des séances de rattrapage, ainsi que la communication d'informations aux parents sur l'état de leur enfant à un stade précoce ; enfin, la dernière fonctionnalité concerne la bonne gestion des ressources de ramassage des élèves. Cette fonctionnalité fournit une aide efficace au gestionnaire de transport en optimisant les itinéraires de ramassage.

En plus des fonctionnalités liées à l'aide à la décision, l'application propose également l'informatisation de certaines fonctionnalités classiques. Celles-ci incluent la gestion des inscriptions des élèves, des candidatures des enseignants, des suivis, des horaires et des emplois du temps, ainsi que la signalisation des absences. Cela permet à tous les acteurs impliqués de rester informés et de collaborer de manière plus efficace.

L'objectif de notre projet a été atteint grâce à un processus organisé, basé sur des outils et des approches de modélisation variés. Nous avons suivi une méthodologie rigoureuse pour développer notre application, en utilisant une approche de développement multiprocessus (UP, CRISP et PGO) et des diagrammes d'UML pour la modélisation. Nous avons également utilisé des algorithmes d'apprentissage automatique et d'optimisation pour la mise œuvre des fonctionnalités d'aide à la décision de manière efficace.

En ce qui concerne l'implémentation, une gamme de langages de programmation et d'outils de développement ont été utilisés pour offrir les fonctionnalités dans une forme finale. Nous avons utilisé des langages tels que Python, JavaScript, HTML et CSS, ainsi que des frameworks tels que laraval et bootstraps.

Notre travail reste ouvert à des améliorations au niveau des fonctionnalités proposées. D'autres fonctionnalités d'aide à la décision pourront être ajoutées pour assurer une utilisation efficace des différentes technologies dans le processus de gestion d'un établissement scolaire. La liste suivante de perspectives pourra servir de point de départ pour des travaux futurs :

- Améliorer la fonctionnalité de prédiction de clustering en utilisant des datasets plus pertinents et des algorithmes plus puissants.

- Améliorer l'algorithme d'optimisation avec des opérateurs plus performants et une API de cartographie plus performante.
- Améliorer la qualité du clustring par des méthodes plus efficaces.
- Assurer un parsing automatique des CV basé sur le traitement automatique du langage naturel (NLP) lors de la phase de consultation des candidatures.
- Développer des fonctionnalités d'orientation des élèves basées sur l'apprentissage automatique.

.

Référence bibliographiques :

- [1] <https://www.cairn.info/pedagogie-generale--9782130438335-page-168.html> [en ligne- consulter le mars 2022]
- [2] <https://uis.unesco.org/fr/glossary-term/etablissement-denseignement-vocation-pedagogique> [en ligne- consulter le mars 2022]
- [3] https://preparerlecrpe.files.wordpress.com/2016/10/okcse_missions-de-lc3a9cole[en ligne- consulter le [mars 2022]
- [4] <https://www.education.gov.dz/fr/systeme-educatif-algerien>[en ligne- consulter le février 2022]
- [5] <https://fr.strephonsays.com/difference-between-government-school-and-private-school>[en ligne- consulter le février 2022]
- [6] <https://www.fcassq.quebec/centres-de-services-scolaires/emplois-en-education/gestionnaire-administratif-d-etablissement-563>. [en ligne- consulter le février 2022]
- [7] J. ROCAMO . (2010) la gestion informatisée d'une école quelques éléments de réflexion pour un choix. le bulletin de l'epi
- [8] F. Azoh, C. Koutou, S. Fanta. (2009). Tic dans éducation en Afrique.
- [9] B. Pont, D.Nusche, H.Moorman (2008) Améliorer la direction des établissements scolaires VOLUME 1 : POLITIQUES ET PRATIQUES – ISBN: 978-92-64-04472-2.
- [10] <https://www.groupe-igs.fr/actualites/impact-intelligence-artificielle-education>[en ligne- consulter le mars 2022]
- [11] I.Pasina , G. Bayram , W.Labib (2019) Clustering students into groups according to their learning. Sciencedirect.
- [12] A. Shahiri , W. Husain (2015). A review on predicting student's performance using data mining techniques. *Procedia Comput.*
- [13] A. Badier, M. Lefort et M .Lefevre. (2021) Système de recommandation de ressources pédagogiques pour un apprentissage sur application mobile parascolaire. Hal science.
- [14] M. Erdt , A. Fernandez, C. Rensing (2015) Evaluating Recommender Systems for Technology Enhanced Learning : A Quantitative Survey. IEEE Transactions on Learning Technologies.

- [15] S. LAZIB.(2020) Un système pour la E-Orientation Scolaire Intégrant l'Analyse d'Opinion. thèse de doctorat.
- [16] A. boucharab(2022) Etude comparative sur la génération des emplois du temps en utilisant les algorithmes bio-inspirés.
- [17] B. Pont, (2000). horaires d'examens et optimisation combinatoire. IEEE Transactions.
- [18] <https://www.education.gov.dz/fr/> Ministère de l'Education Nationale. Site officiel [en ligne-consulter le mars 2022]
- [19] <https://ecolebranchee.com/lalgerie-numerise-ses-manuels-et-relie-ses-ecoles-en-videoconference/>[en ligne-consulter le mars 2022]
- [20] N. bengafour,(2011). L'intelligence Artificielle En Éducation : De La Formation À La Professionnalisation Des Métiers
- [21] <https://fr.blog.businessdecision.com/methode-crisp-la-cle-de-la-reussite-en-data-science/>[en ligne-consulter le février 2022]
- [22] <https://www.datascience-pm.com/crisp-dm-2/> [en ligne-consulter le février 2022]
- [23] Rock pascal. (2006) UML2 modéliser une application web.
- [24] C. Mancel (2004). Modelisation et resolution de problemes d'optimisation combinatoire issus d'applications spatiales. Thèse de doctorat. l'Institut National des Sciences Appliquées de Toulouse.
- [25] A. Fikri Mohamed, N. Sani. (2022) Clustering Analysis for Classifying Student Academic Performance in Higher Education. Center for Artificial Intelligence Technology,
- [26] A. Hellas, A. Ithantola Petersen, (2018) .Predicting academic performance: A systematic literature review. In Proceedings of the Companion of the 23rd Annual ACM Conference on Innovation and Technology in Computer Science
- [27] A. Daud, N.R. Aljohani (2017) Predicting student performance using advanced learning analytics. In Proceedings of the 26th International Conference on World Wide Web Companion
- [28] A.M.Shahiri, W. Husain.(2015). A review on predicting student's performance using data mining techniques. *Procedia Comput.*
- [29] A.Namoun A Alshantiti (2020),Predicting Student Performance Using Data Mining and Learning Analytics Techniques: A Systematic Literature Review

Index:

1. Présentation de L'apprentissage automatique

L'apprentissage automatique est une branche de l'intelligence artificielle (IA) et de l'informatique qui porte sur l'utilisation des données et des algorithmes pour imiter la manière dont les êtres humains apprennent, afin d'améliorer progressivement sa précision.

2. Méthodes d'apprentissage automatique

Les modèles d'apprentissage automatique appartiennent à trois catégories principales.

2.1. Apprentissage automatique supervisé

L'apprentissage automatique supervisé, est l'utilisation d'ensembles de données étiquetées pour entraîner des algorithmes qui permettent de classer des données ou de prédire des résultats avec précision. Lorsque des données d'entrée sont introduites dans le modèle, il ajuste ses pondérations jusqu'à ce qu'il soit correctement ajusté

2.2. Apprentissage automatique non supervisé

L'apprentissage non supervisé, ou apprentissage automatique non supervisé, utilise des algorithmes d'apprentissage automatique pour analyser et regrouper des jeux de données non étiquetées. Ces algorithmes découvrent des modèles cachés ou des regroupements de données sans nécessiter d'intervention humaine. La capacité de l'apprentissage automatique non supervisé à découvrir des similitudes et des différences dans les informations en fait la solution idéale pour l'analyse exploratoire des données.

2.3. Apprentissage semi-supervisé

L'apprentissage semi-supervisé est un juste milieu entre l'apprentissage supervisé et l'apprentissage non supervisé. Pendant l'entraînement, il utilise un jeu de données étiquetées plus petit pour guider la classification et l'extraction de caractéristiques à partir d'un jeu de données non étiquetées plus grand. L'apprentissage semi-supervisé peut résoudre le problème de quantité insuffisante de données étiquetées pour un algorithme d'apprentissage supervisé.

3. Algorithmes courants d'apprentissage automatique

- **Kmeans :**

K-means est un algorithme de clustering non supervisé largement utilisé. Il regroupe un ensemble de données en K clusters en minimisant la distance entre les points d'un cluster et leur centroid. Il commence par initialiser K centroides de manière aléatoire, puis itère pour attribuer chaque point au cluster le plus proche et recalculer les centroides. Ce processus se répète jusqu'à ce que les

centroïdes convergent. L'algorithme est sensible au choix initial des centroïdes et peut être affecté par des valeurs aberrantes. Il nécessite également de spécifier le nombre de clusters K à l'avance.

- **DBSCAN :**

L'algorithme DBSCAN fonctionne en définissant un rayon de voisinage autour de chaque point. En identifiant les points qui ont un nombre minimum de voisins à l'intérieur de ce rayon, il distingue les points centraux, les points de bordure et les points de bruit. Les points centraux sont ceux qui ont suffisamment de voisins à l'intérieur du rayon, formant ainsi un cluster. Les points de bordure sont ceux qui ont moins de voisins, mais qui se trouvent à l'intérieur du rayon d'un point central, et ils sont inclus dans le cluster correspondant. Les points de bruit sont ceux qui ont moins de voisins et qui ne sont pas à l'intérieur du rayon d'un point central.

- **Logistic Regression**

La régression logistique utilise une fonction logistique (ou sigmoïde) pour estimer la probabilité d'appartenance à la classe positive. La fonction logistique transforme une combinaison linéaire des variables indépendantes en une valeur entre 0 et 1, représentant la probabilité.

L'étape clé de la régression logistique est d'estimer les paramètres (coefficients) optimaux du modèle. Cela est généralement réalisé en utilisant un algorithme d'optimisation tel que la descente de gradient. L'objectif est de trouver les valeurs des coefficients qui maximisent la vraisemblance des observations dans l'ensemble d'entraînement. Une fois que les paramètres sont estimés, le modèle de régression logistique peut être utilisé pour prédire la classe d'un nouvel exemple

- **Data tree décision**

L'algorithme de l'arbre de décision construit l'arbre en sélectionnant la caractéristique la plus discriminante à chaque nœud, en utilisant une mesure de pureté telle que l'indice de Gini ou l'entropie. Les données sont divisées en sous-ensembles en fonction de la valeur de la caractéristique sélectionnée, créant ainsi des branches dans l'arbre.

Après la construction de l'arbre, une étape d'élagage peut être effectuée pour éviter le surajustement (overfitting). L'élagage consiste à supprimer certaines branches de l'arbre qui peuvent être trop spécifiques aux données.

- **Random Forest Classifier**

Random Forest Classifier est basé sur un certain nombre d'arbres de décision. Chaque arbre est construit en utilisant un sous-ensemble aléatoire des données d'entraînement et un sous-ensemble aléatoire des caractéristiques à chaque nœud (sous-espaces de caractéristiques). Les arbres sont construits en utilisant des mesures de pureté telles que l'indice de Gini ou l'entropie pour diviser les données.

- **Gaussian Naive Bayes**

Le classifieur Gaussian Naive Bayes estime les paramètres de distribution pour chaque classe et chaque caractéristique. Pour les caractéristiques continues, il est supposé que la distribution suit une distribution normale (gaussienne), et les paramètres estimés sont la moyenne et l'écart type pour chaque classe. Pour les caractéristiques catégorielles, les paramètres estimés sont les probabilités conditionnelles. Une fois que les paramètres sont estimés, le classifieur calcule les probabilités a posteriori pour chaque classe donnée une observation

- **Support Vector Classifier**

Support Vector Classifier est basé sur la théorie des vecteurs de support, qui cherche à trouver un hyperplan optimal pour séparer les différentes classes dans un espace de caractéristiques. Le classifieur SVC utilise des fonctions de noyau pour projeter les données dans un espace de dimension supérieure, où il est plus facile de trouver un hyperplan séparateur. Différents types de noyaux peuvent être utilisés, tels que le noyau linéaire, le noyau polynomial ou le noyau gaussien.