

MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE  
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM



*Faculté des Sciences Exactes et d'Informatique*  
Département de Mathématiques et informatique



**Filière: Informatique**

## MEMOIRE DE FIN D'ETUDES

Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique  
Option : Ingénierie des Systèmes d'Information

**THÈME:**

## SYSTÈME DE RECOMMANDATION POUR L'ADOPTION DES ANIMAUX DE COMPAGNIE

Présenté par : « Marouf Nawel » ET « Fettouhi Leïla »

Soutenu le : 24 juin 2023

Devant le jury composé de :

Pr. Sehaba Karim	Professeur	Université de Mostaganem	Président du jury
Dr. Hocine Nadia	MCA	Université de Mostaganem	Encadrante
Dr. Benkerdagh Saliha	MCB	Université de Mostaganem	Examinatrice

Année universitaire 2022-2023

## Résumé

La prise en charge des animaux sans abri ou en risque d'abandon reste une tâche difficile pour les centres et les associations de secours des animaux. Cette prise en charge est souvent très coûteuse et nécessite de l'assistance afin de trouver à ces animaux de nouveaux propriétaires. Ce projet de Master a pour but de développer une application mobile permettant à des associations et des individus de faciliter le partage des annonces d'adoption des animaux et leurs suivis. Les utilisateurs qui souhaitent adopter un animal ont cependant souvent un animal de compagnie idéal en tête et peuvent trouver des difficultés à exprimer leurs critères et préférences. Un système de recommandation peut aider efficacement à trouver un animal de compagnie idéal. Il permet aussi d'augmenter la chance aux animaux défavorisés comme les animaux âgés d'être adoptés en leurs suggérant à l'utilisateur. L'objectif de ce projet est de proposer un algorithme de recommandation qui prend en compte l'équité lors de la recommandation des animaux à un utilisateur.

**Mots clés :** Système de recommandation, équité, application mobile, adoption des animaux.

## Summary

Caring for homeless animals or animals at risk of abandonment remains a difficult task for animal rescue centers and associations. This care is often very expensive and requires assistance to find new owners for these animals. This Master's project aims to develop a mobile application allowing associations and individuals to facilitate the sharing of animal adoption announcements and their follow-up. Users who wish to adopt an animal, however, often have an ideal pet in mind and may find it difficult to express their criteria and preferences. A recommendation system can effectively help find an ideal pet. It also increases the chance of disadvantaged animals like those with health difficulties in being adopted by suggesting them to the user. The objective of this project is to propose a recommendation algorithm that takes equity into account when recommending animals to a user.

**Keywords:** Recommender system, fairness, mobile application, animal adoption.

## ملخص

تظل رعاية الحيوانات أو الحيوانات التي لا مأوى لها والمعرضة لخطر الهجر مهمة صعبة لمراكز وجمعيات إنقاذ الحيوانات غالبًا ما تكون هذه الرعاية باهظة الثمن وتتطلب المساعدة في العثور على مالكين جدد لهذه الحيوانات يهدف مشروع الماستر هذا إلى تطوير تطبيق جوال يسمح للجمعيات والأفراد بتسهيل مشاركة إعلانات تبني الحيوانات ومتابعتها غالبًا ما يكون لدى المستخدمين الذين يرغبون في تبني حيوان أليف مثالي في الاعتبار وقد يجدون صعوبة في التعبير عن معاييرهم يمكن لنظام التوصية أن يساعد بشكل فعال في العثور على حيوان أليف مثالي كما أنه يزيد من فرصة تبني الحيوانات المهمشة من خلال اقتراحها على المستخدم الهدف من هذا المشروع هو اقتراح خوارزمية توصية تأخذ الإنصاف في الاعتبار عند التوصية بالحيوانات للمستخدم

الكلمات المفتاحية: نظام التوصية، الإنصاف، تطبيقات الهاتف، تبني الحيوان

## Dédicaces

Je dédie ce travail

À mon cher père, décédé il y a des années, j'aurais souhaité qu'il soit avec moi en ce moment, et à ma chère mère, qui n'a jamais cessé de me soutenir et de m'encourager pendant tout ce temps

À mes chères sœurs Sousou et Minou pour leur soutien moral et leurs conseils précieux

À ma chère petite sœur Bushra, qui a partagé tous les moments d'émotion avec moi lors de ce travail.

A mon cher binôme Leila pour son entente et sa sympathie.

À toutes mes amies Halima, Meriem, Djihane et Nada qui m'ont toujours encouragée, et à qui je Souhaite beaucoup de succès.

*Marouf Nawel*

Je dédie ce travail

À ma mère, jamais je ne serais arrivée là sans elle et elle seule.

*Fettouhi Leïla*

## **Remerciements**

C'est avec une grande gratitude et reconnaissance que nous réservons ces lignes à toutes les personnes qui nous ont soutenues pour l'élaboration de ce projet de fin d'études.

Nous remercions énormément notre encadrante Nadia Hocine pour tout le temps et l'effort qu'elle a consacré pour nous aider à produire ce travail, pour sa confiance en nous et pour son impeccable professionnalisme et expertise

Nous remercions également tout le corps administratif de FSEI, nos enseignants et nos familles pour leur soutien.

## Table des Figures

<b>Figure 1</b> Filtrage basé sur le contenu [5] .....	9
<b>Figure 2</b> Filtrage collaboratif [5].....	10
<b>Figure 3</b> Combinaison monolithique des systèmes de recommandations hybrides .....	10
<b>Figure 4</b> Combinaison parallèle des systèmes de recommandations hybrides .....	11
<b>Figure 5</b> Combinaison tubulaire des systèmes de recommandations hybrides [5].....	11
<b>Figure 6</b> Page d'accueil <i>FETCH ! Your Pet</i> [8].....	12
<b>Figure 7</b> Questionnaire sur les préférences des adoptants [8].....	13
<b>Figure 8</b> Furescue : Inscription refuges d'animaux [9].....	13
<b>Figure 9-</b> Taxonomie des définitions de l'équité [10] .....	16
<b>Figure 10</b> Diagramme de contexte statique .....	27
<b>Figure 11</b> Diagramme de cas d'utilisation .....	28
<b>Figure 12</b> - Diagramme de séquence du cas d'utilisation Authentification .....	28
<b>Figure 13</b> Diagramme de séquence du cas d'utilisation Ajouter Animal .....	29
<b>Figure 14-</b> Diagramme de séquence du cas d'utilisation Recherche Filtrée .....	30
<b>Figure 15</b> Diagramme de séquence du cas d'utilisation Modification Profil.....	30
<b>Figure 16-</b> Diagramme de séquence du cas d'utilisation Adoption.....	31
<b>Figure 17-</b> Diagramme de séquence du cas d'utilisation Recommandation.....	31
<b>Figure 18-</b> Diagramme de classe simplifié système .....	32
<b>Figure 19-</b> interface d'introduction de l'application .....	
<b>Figure 20-</b> interface de l'authentification .....	34
<b>Figure 21-</b> Interface d'inscription .....	35
<b>Figure 22–</b> Interface de page d'accueil.....	35
<b>Figure 23-</b> Interface d'ajout de chats .....	36
<b>Figure 24-</b> Interface de demande d'adoption.....	37
<b>Figure 25</b> - Interface de validation d'adoption .....	
<b>Figure 26-</b> Requête d'adoption dans la base de donnée .....	38
<b>Figure 27</b> - Interface de recherche filtrée.....	38
<b>Figure 28</b> – Base de données Firebase.....	40
<b>Figure 29–</b> Organigramme .....	42
<b>Figure 30–</b> Recommandation .....	43

# Table des matières

<b>INTRODUCTION GENERALE .....</b>	<b>7</b>
<b>CHAPITRE 1 : SYSTÈMES DE RECOMMANDATION.....</b>	<b>8</b>
1. Introduction.....	8
2. Systèmes de recommandation .....	8
2.1 Systèmes de recommandation à base de contenu .....	9
2.2 Systèmes de recommandation basé sur le filtrage collaboratif.....	9
2.3 Systèmes hybrides .....	10
3. Applications pour l'adoption des animaux et leur recommandation .....	11
3.1 FETCH! Your Pet.....	11
3.2 Furescue .....	13
3.3 Petfinder .....	13
4. Discussion .....	14
5. Conclusion .....	14
<b>CHAPITRE 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION .....</b>	<b>15</b>
1. Introduction.....	15
2. Définition de la notion d'équité dans les systèmes de recommandation.....	15
3. Taxonomie des approches d'équité .....	16
3.1 Niveau d'équité .....	16
▪ Individuel.....	16
▪ Groupe.....	17
3.2 Cible d'équité .....	18
▪ Producteur.....	18
▪ Consommateur .....	19
3.3 Résultats de l'équité.....	19
4. Modèles d'équité dans les recommandations .....	19
4.1. Méthodes d'équité dans les systèmes de recommandation .....	20
4.1.1 Méthodes d'équité en prétraitement .....	20
4.1.2 Méthodes d'équité durant le traitement .....	22
4.1.3 Méthodes d'équité en post-traitement .....	23
5. Discussion .....	23
6. Introduction à la proposition du projet.....	23
7. Conclusion .....	24
<b>CHAPITRE 3 : CONCEPTION .....</b>	<b>25</b>
1. Introduction.....	25
2. Cahier des charges .....	25
2.1 Portée .....	25
2.2 Caractéristiques : matériel et logiciel.....	25
2.3 Fonctionnalités .....	26

2.4	Caractéristiques des utilisateurs.....	26
3	Modélisation.....	27
3.1	Diagramme de contexte statique.....	27
3.2	Diagramme de cas d'utilisation .....	28
3.3	Diagrammes de séquences .....	28
3.3.1	Authentification .....	28
3.3.2	Ajouter un animal .....	29
3.3.3	Recherche filtrée .....	30
3.3.4	Modification du profil utilisateur .....	30
3.3.5	Adopter animal .....	31
3.3.6	Recommandation .....	31
3.4	Diagramme de classe du système .....	32
4	Conclusion .....	32
<b>CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET INTÉGRATION DU SYSTÈME DE RECOMMANDATION ..</b>		<b>33</b>
1	Introduction.....	33
2	Outils de développement.....	33
2.1	Android studio .....	33
2.2	Firebase .....	33
2.3	Langage de programmation.....	33
3	Interfaces de notre application mobile.....	34
4	Base de données Firebase .....	39
5	Système de recommandation proposé.....	40
5.1	Recommandation séquentielle .....	40
6	Principe .....	41
7	Algorithme .....	41
8	Exemple de visualisation de recommandation .....	43
9	Conclusion .....	44
<b>CONCLUSION GENERALE .....</b>		<b>45</b>
<b>Bibliographie .....</b>		<b>46</b>

# INTRODUCTION GENERALE

De nos jours, les animaux domestiques sont vus de plus en plus dans les rues dans plusieurs pays. Ces animaux errants peuvent offrir une fidélité et une compagnie inégalées pour les humains. L'adoption donne non seulement aux animaux la chance d'avoir un nouvel abri, mais permet aussi de réduire le coût de prise en charge par les associations et mes centres de refuge [1]. En Algérie, l'adoption est principalement faite par réseautage entre personnes, d'une manière non encadrée. L'automatisation de ce processus permettra de faciliter énormément la recherche d'un animal convenable à adopter.

Nous proposons dans le cadre de notre projet de fin d'étude une application mobile qui facilite ce processus d'adoption et de communication entre les associations et centre de refuges avec les individus. Nous nous focalisons en particulier sur le développement d'un système de recommandation pour l'adoption des animaux. Ce système aide l'utilisateur à trouver un animal qui est le plus approprié à ses critères et préférences. Nous traitant particulièrement la problématique d'équité dans la recommandation qui est une conséquence de différents biais qui causent la discrimination de certains animaux par rapport aux attributs sensibles tels que l'âge, la race et l'état de santé de l'animal.

Le biais ou la discrimination dans les algorithmes de recommandation a lieu généralement si une requête contient des questions biaisées, ou si une classe spécifique est mal représentée dans les données d'entrée. Pour établir l'équité dans les systèmes de recommandation, des modèles d'équité ont été proposés ainsi que plusieurs approches algorithmiques. Nous proposons dans le cadre de ce projet de Master une application mobile basée sur la recommandation équitable des animaux de compagnie. Ce rapport est réparti en quatre chapitres :

- Le premier chapitre définit le contexte général de ce projet à travers une synthèse sur les principaux algorithmes de recommandation.
- Le deuxième chapitre aborde le problème d'équité en profondeur. Il détaille les approches, modèles et méthodes utilisées à présent dans les systèmes de recommandations.
- Le troisième chapitre présente les différents aspects de conception et de modélisation de l'application que nous avons développés dans le cadre de ce projet.
- Dans le quatrième et le dernier chapitre, nous présentons l'implémentation de notre application et notre algorithme de recommandation proposé.

Enfin, nous terminons ce rapport par une conclusion générale qui résume le travail effectué et les perspectives.

# CHAPITRE 1 : SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

## 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons définir les systèmes de recommandation ainsi que les différentes catégories des méthodes de filtrages qu'un algorithme de recommandation peut utiliser. Nous présentons par la suite les applications d'adoption d'animaux existantes tout en examinant leur méthode de présentation, variant de la recherche filtrée à la recommandation des animaux.

## 2. Systèmes de recommandation

Les systèmes de recommandation sont une forme spécifique de filtrage de l'information qui est susceptible d'intéresser l'utilisateur (films, musique, livres, news, images, pages Web).

*« Souvent, ces systèmes sont utilisés pour assister voire remplacer la prise de décision humaine dans plusieurs domaines. Les exemples incluent les systèmes logiciels utilisés dans les admissions scolaires, le logement, la tarification des biens et services, l'estimation de la cote de crédit. » [1]*

Les systèmes de recommandation ont été étudiés dans de nombreux domaines : la recherche d'informations, le e-commerce, l'exploitation des usages du Web et bien d'autres domaines. Voici quelques exemples de plateformes utilisant les systèmes de recommandation :

- **Netflix** : Netflix utilise des algorithmes de recommandation afin de proposer une expérience personnalisée. Pour le dire autrement. Ils présentent les titres des films sur les pages d'accueil de Netflix, en fonction des préférences des utilisateurs.  
*« Notre service sur abonnement propose des recommandations personnalisées afin de vous aider à découvrir des séries TV et des films susceptibles de vous intéresser. Pour ce faire, nous avons créé un système de recommandations propriétaire complexe. Cet article décrit notre système de manière générale et non technique. » [2]*
- **Facebook** : *« Facebook utilise le filtrage collaboratif pour recommander des personnes que vous pourriez connaître, afficher des publicités en fonction de vos publications, des emplois que vous pourriez aimer, des groupes que vous pourriez vouloir suivre ou des entreprises qui pourraient vous intéresser. » [3].*
- **Spotify** : Les algorithmes de recommandation de la plus grande plateforme de streaming musical jouent un rôle essentiel dans la recherche des artistes auprès des consommateurs.  
*« Spotify utilise une intelligence artificielle pour personnaliser l'expérience de ses utilisateurs, connue sous système de recommandation. » [4].*

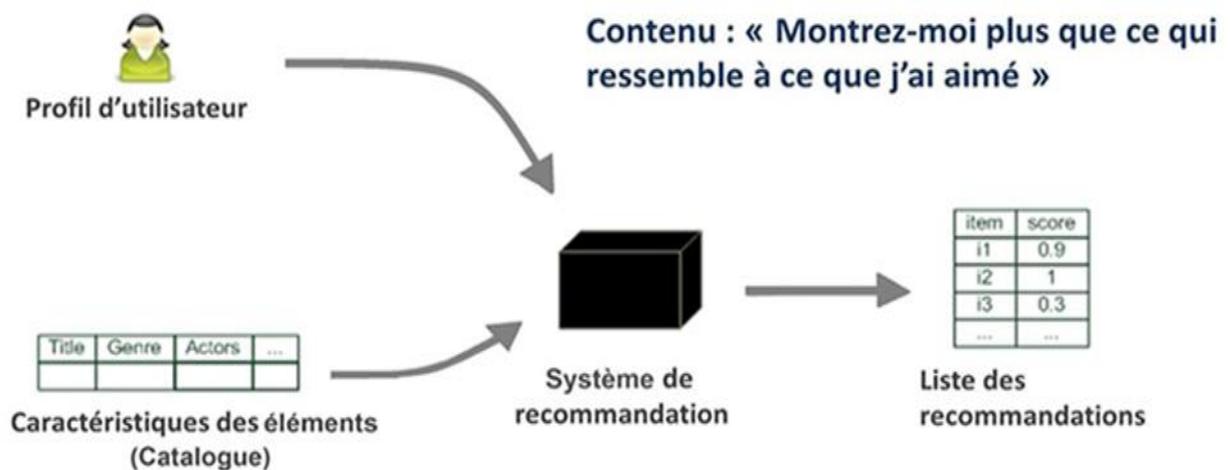
On peut distinguer plusieurs types de systèmes de recommandation selon la manière dont ils collectent les données sur leurs utilisateurs et comment ils les traitent en matière de recommandations. Ci-après les principales catégories existantes.

## Chapitre 1: Systèmes de recommandation

### 2.1 Systèmes de recommandation à base de contenu

L'utilisateur se verra recommander des éléments semblables à ceux qu'il a préférés dans le passé. Pour les recommandations basées sur le contenu, la tâche consiste à déterminer quels éléments du catalogue coïncident le mieux avec les préférences de l'utilisateur [5].

On aura besoin de décrire un catalogue d'éléments contenant une liste des attributs de chacun. Pour un livre par exemple, on peut utiliser le genre, le nom des auteurs et l'éditeur, puis stocker ces caractéristiques. On aura aussi besoin d'un profil d'utilisateur. Ce dernier est exprimé sous forme d'une liste d'intérêts basée sur les mêmes attributs qu'on a cités pour les livres. La coïncidence entre les caractéristiques des éléments et le profil de l'utilisateur détermine si ces éléments vont être suggérés à cet utilisateur ou pas. La figure 1 explique comment la méthode basée sur le contenu fonctionne.



**Figure 1** Filtrage basé sur le contenu [5]

### 2.2 Systèmes de recommandation basé sur le filtrage collaboratif

La méthode consiste à faire des prévisions automatiques sur les intérêts d'un utilisateur en collectant des avis de nombreux utilisateurs. Par exemple, lorsqu'un nombre suffisant de collègues d'Amy disent qu'ils ont aimé la dernière version d'Hollywood, elle peut décider qu'elle devrait également la voir. De même, si beaucoup d'entre eux trouvaient cela désastreux, elle pourrait décider de dépenser son argent ailleurs[6].

Les principales étapes de cette approche sont :

- De nombreuses préférences d'utilisateurs sont enregistrées ;
- Un sous-groupe d'utilisateurs est repéré dont les préférences sont similaires à celles de l'utilisateur qui cherche la recommandation ;
- Une moyenne des préférences pour ce groupe est calculée ;

## Chapitre 1: Systèmes de recommandation

- La fonction de préférence qui en résulte est utilisée pour recommander des éléments à l'utilisateur qui cherche la recommandation.

On cite deux types d'approches pour définir la:

- Les approches *Item-to-Item* basées sur la similarité entre les éléments (items). Notons que cette approche s'adapte à un nombre très important d'utilisateurs ou d'éléments.

Les approches *User-to-User* basées sur la similarité entre les utilisateurs. Notons que cette approche n'est pas adaptée à un nombre très important d'utilisateurs.

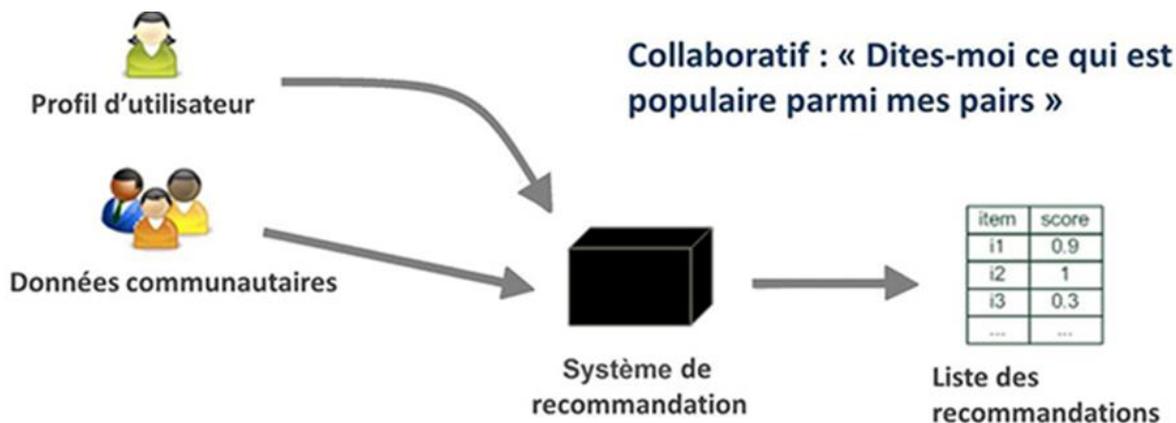


Figure 2 Filtrage collaboratif [5]

### 2.3 Systèmes hybrides

Les systèmes de recommandation hybrides combinent deux ou plusieurs méthodes de recommandation pour obtenir de meilleures performances [7].

Il existe trois grandes catégories de combinaisons de systèmes de recommandation pour concevoir

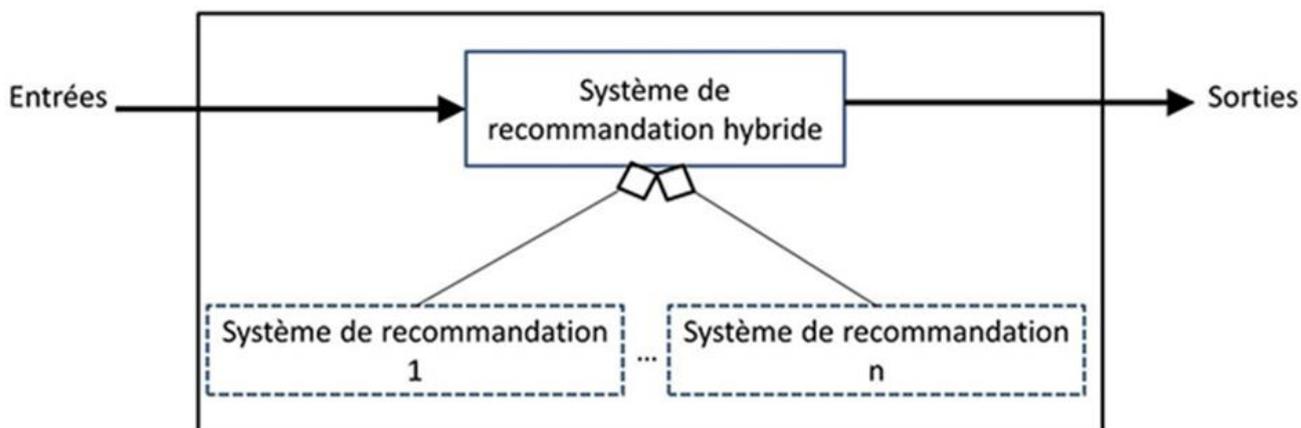


Figure 3 Combinaison monolithique des systèmes de recommandations hybrides

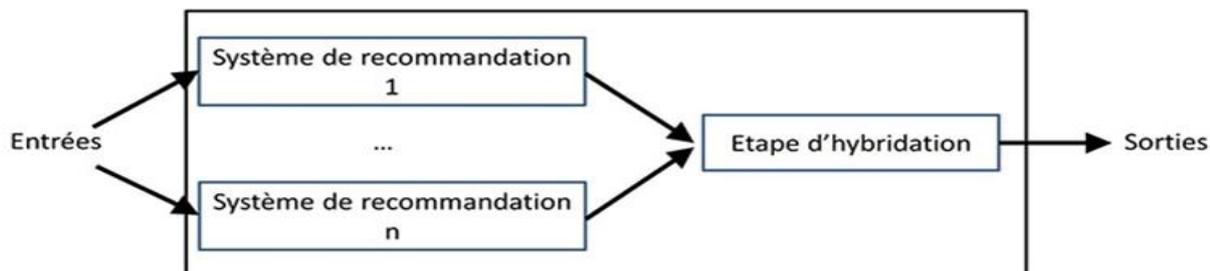
un système de recommandation hybride :

- La combinaison monolithique: cette approche intègre différents systèmes de recommandation

## Chapitre 1: Systèmes de recommandation

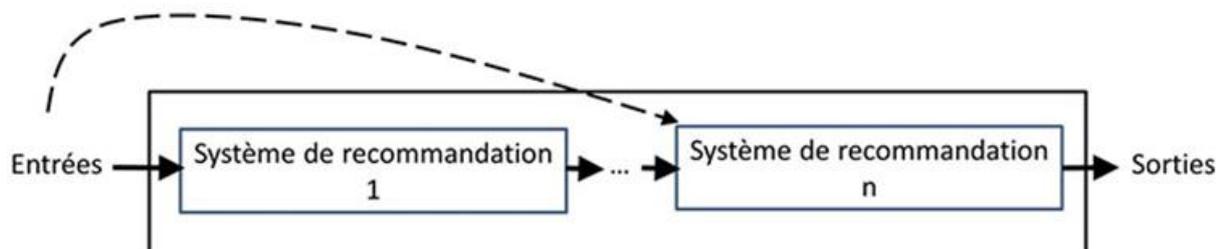
dans un seul algorithme. L'approche hybride utilise des données d'entrée additionnelles qui sont spécifiques à un autre algorithme de recommandation, ou bien les données d'entrée sont complétées par une technique et exploitées par une autre [5]. La figure 3 illustre ceci.

- La combinaison parallèle: Les algorithmes utilisés fonctionnent indépendamment les uns des autres et les listes de recommandations résultantes sont combinées dans une sortie finale. La figure 4 illustre cette combinaison.



*Figure 4 Combinaison parallèle des systèmes de recommandations hybrides*

- La combinaison tubulaire: La sortie d'un système de recommandation devient l'entrée du système de recommandation qui le suit. La figure 5 illustre ceci.



*Figure 5 Combinaison tubulaire des systèmes de recommandations hybrides [5]*

### 3. Applications pour l'adoption des animaux et leur recommandation

Dans cette section, nous allons aborder des applications mobiles/web existantes, conçues pour faciliter l'adoption des animaux. Nous allons voir les services qu'elles fournissent, les techniques qu'elles utilisent pour faire adopter des animaux. Nous allons définir ce qu'elles peuvent améliorer et si elles traitent le problème d'équité, un concept que nous allons détailler par la suite.

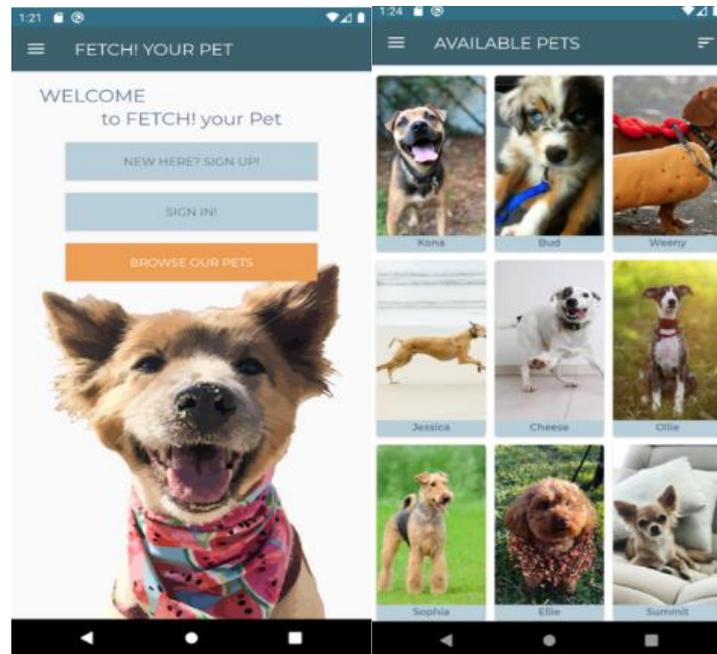
#### 3.1 FETCH! Your Pet

« Fetch! Your Pet » est une application mobile d'adoption d'animaux qui aide les utilisateurs à rechercher des chiens en se basant sur la correspondance de personnalité entre l'animal et l'adoptant [8].

Un questionnaire a été administré pour pouvoir trouver une meilleure correspondance entre un utilisateur et un animal à adopter. Des mesures de similarité sont calculées en fonction de cinq aspects: Volonté, Activité, Limites, Affection et Apparence. La volonté mesure le degré d'ouverture d'un adoptant à apporter des changements à son mode de vie ; l'activité mesure le niveau d'activité du chien

## Chapitre 1: Systèmes de recommandation

et de l'adoptant ; les limites mesurent des choses telles que la qualité comportement l'adoptant veut que son chien soit ; l'affection mesure combien d'amour et d'attention qu'un adoptant peut attendre d'un chien et combien d'amour et d'attention le chien est prêt à montrer ou exige ; et l'apparence mesure des choses telles que la taille du chien, etc.



**Figure 6** Page d'accueil *FETCH ! Your Pet*[8]

L'un des principaux avantages que cette application mobile est sa portabilité. Elle présente aux adoptants des correspondances potentielles au lieu de se déplacer dans les refuges pour rencontrer des chiens. C'est un système de recommandation à base de contenu. Une des pistes d'amélioration futures potentielles inclut plus d'informations sur la personnalité sur les profils de chiens. Cette application trouve des correspondances en calculant des mesures de similarité entre les réponses d'un adoptant sur le questionnaire et la personnalité des chiens disponibles sur la base de données.

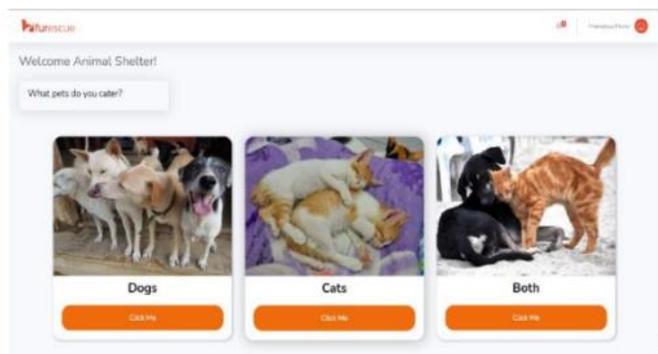
Les figures 6 et 7 sont des captures d'écran de l'application.



**Figure 7** Questionnaire sur les préférences des adoptants [8]

### 3.2 Furescue

Cette étude porte sur le développement d'une application Web et mobile qui permet aux refuges d'animaux de compagnie d'inscrire des chats et des chiens pour adoption [9]. Le système couvre la région de Cebu City, Philippines, avec la possibilité de s'étendre à d'autres régions. La figure 8 illustre la page d'inscription pour les refuges d'animaux où ils peuvent inscrire des animaux qu'ils veulent publier pour adoption.



**Figure 8** Furescue : Inscription refuges d'animaux [9]

L'application offre des fonctionnalités différentes à trois types d'utilisateurs : Refuge, propriétaire d'animal et adoptant. Par exemple, le système permet aux refuges d'inscrire leurs animaux et gérer les demandes d'adoptions. Ainsi qu'ils peuvent recevoir des dons via Fortescue, en addition à plusieurs autres fonctionnalités.

Cependant, le système ne fournit pas de recommandation d'animaux aux utilisateurs, ne supporte pas IOS et ne traite que les utilisateurs enregistrés.

### 3.3 Petfinder

## **Chapitre 1: Systèmes de recommandation**

Petfinder est une base de données en ligne consultable qui contient des animaux pour adoption. C'est également un répertoire de près de 11 000 refuges pour animaux et organisations d'adoption aux États-Unis, au Canada et au Mexique. Leur site web permet d'effectuer des recherches sur les chiens et les chats disponibles. Ces recherches sont à base de race, localisation et d'autres caractéristiques. Ce n'est pas un système de recommandation mais un simple système de recherche filtrée.

Petfinder fournit aussi une API conçue pour aider les développeurs. Elle fournit un accès immédiat aux données des centaines de milliers d'animaux adoptables et des organisations qui en prennent soin, avec la possibilité de les afficher sur d'autres applications Web ou mobiles.

### **4. Discussion**

Ces applications précédemment décrites partagent le but de sauver des animaux de la famine et de l'euthanasie en leur attribuant à des adoptants qui peuvent leur offrir une meilleure vie. Elles permettent aussi de faciliter la tâche pour les refuges d'animaux. Les implémentations et les techniques utilisées sont différentes, ainsi que les avantages et les inconvénients.

On remarque que l'équité dans les recommandations et les recherches filtrées est rarement prise en considération. Les animaux n'ont pas de chances égales d'être adoptés. Les chats blancs par exemple, font un choix très populaire parmi les adoptants, mais si le système continue à les recommander, d'autres chats moins privilégiés, risquent de ne pas avoir la chance d'être adopté. Les chats non privilégiés dans ce contexte seront des chats âgés ou malades qui ne sont pas blancs.

### **5. Conclusion**

Nous avons défini dans ce chapitre les systèmes de recommandation et quelles catégories ils peuvent avoir. Nous avons aussi vu des applications existantes qui automatisent le processus d'adoption d'animaux dont certaines implémentent des systèmes de recommandation. Le problème avec le filtrage à base de contenu est le fait qu'il n'a rien à recommander à un utilisateur qui vient de s'inscrire, ça s'appelle le démarrage froid. D'autre part, le filtrage collaboratif s'appuie sur la détection de similarité entre les intérêts des gens, ce qui s'avère être compliqué parfois. Ainsi, il trouvera des difficultés à suggérer des éléments pertinents à des utilisateurs qui ont un goût unique.

## CHAPITRE 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

### 1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons définir, étudier et comparer les différents modèles, approches et méthodes utilisées pour assurer l'équité dans un système de recommandation. Nous nous basons sur la taxonomie d'Evaggelia Pitoura et al. (2021) [10] pour expliquer les travaux existants.

### 2. Définition de la notion d'équité dans les systèmes de recommandation

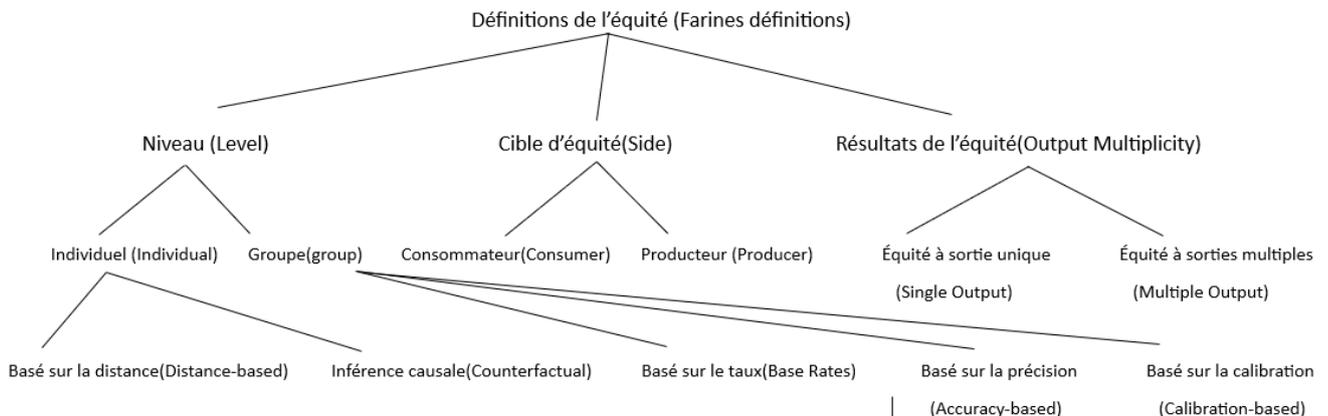
Les systèmes de recommandation sont de plus en plus utilisés dans le but d'automatiser et/ou d'aider à la décision dans divers domaines. Néanmoins, bien qu'ils soient très utiles pour l'amélioration du processus de prise de décision, ils soulèvent d'importantes inquiétudes au niveau de l'équité de leurs résultats, puisqu'ils peuvent encoder différents biais et discriminations. Un exemple connu est le système COMPAS [10], un outil utilisé dans les tribunaux aux États-Unis afin de faciliter les décisions de mise en liberté. Le programme est censé prédire si l'accusé en question commettra de futurs crimes ou pas. Il a été constaté que les résultats faux positifs pour les Afro-Américains étaient presque deux fois plus élevés que celles pour les accusés blancs.

Les biais ou les discriminations dans les algorithmes auront lieu généralement si une enquête contient des questions biaisées, ou si une classe spécifique est mal représentée dans les données d'entrée. Pour établir l'équité dans les systèmes de recommandation et de classement, des modèles d'équité ont été proposés ainsi que plusieurs approches algorithmiques.

Parmi les définitions d'équité on peut citer celle donnée par Sourabh Mehtaal. : *“Le système est considéré comme équitable lorsque la recommandation est impartiale envers tout groupe ou individu, consommateur ou même fournisseur.”* [11]

Etant donné un ensemble d'entités en entrée, un algorithme de recommandation équitable désigne des attributs protégés (race, sexe, âge,...etc.) et produit un classement de ces entités qui n'est pas influençable par les valeurs de ces variable protégées. Les valeurs des attributs protégés ne doivent pas empêcher l'affectation d'une entité à la classe positive, où la classe positive peut, par exemple, correspondre à l'obtention d'un emploi ou à l'admission dans une formation, et la classe négative veut dire dans ce cas l'exclusion de cette entité (individu) de cette formation.

La figure 11 est une taxonomie des définitions de l'équité.



**Figure 9-** Taxonomie des définitions de l'équité [10]

### 3. Taxonomie des approches d'équité

La figure 9 explique qu'on peut établir l'équité par rapport à trois aspects : niveau, cible et résultat.

Le niveau d'équité désigne qu'on peut rendre équitable nos recommandation par rapport aux individus ou aux groupe, c'est-à-dire qu'on peut rendre justice à chaque entité lors de nos recommandation, ou on peut distribuer nos entités en groupes, à base de quelques similarités, et rendre justice à ces groupes. Par exemple, produire des recommandations non racistes.

Concernant la cible d'équité, elle peut varier du consommateur au producteur. Par exemple, on peut s'assurer que les articles populaires dans notre boutique de chaussures ne soit pas trop fréquemment recommandés au point ou certain fournisseurs n'aient de chances égales de vendre leurs chaussures. Ceci est une équité côté producteur. D'autre part, un système de recherche d'emploi qui recommande des jobs à petits salaires plus souvent aux femmes qu'aux hommes, est un système inéquitable du côté consommateur.

Enfin, par rapport à l'équité de résultat, une entité peut ne pas être traitée équitablement lors d'une seule sortie de recommandation, mais lors d'une série de sorties, elle peut être traitée équitablement.

#### 3.1 Niveau d'équité

- **Individuel**

L'équité dans ce cas repose sur le principe que des entités similaires doivent être traitées individuellement de la même manière. Nous avons besoin d'un moyen de quantifier la similarité des entités, puis calculer ces similarités entre les entités d'entrées et les entités de sortie (résultat de l'algorithme).

Différentes méthodes sont utilisées pour calculer la similarité entre les entités, on peut citer les

## Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

suivantes :

### a. Méthode basée sur la distance

On prend  $V$  ensemble d'entités,  $R$  le classement résultant et  $d: V * V \rightarrow R$  métrique de distance entre chaque paire d'entités. Plus la distance est grande, plus les entités sont dissemblables.

### b. Méthode basée sur l'inférence causale

Dans ce cas, on considère un monde contrefactuel et un monde réel. Dans le monde contrefactuel, l'entité en question appartient à un groupe différent de celui auquel elle appartient dans le monde réel. Pour que la recommandation soit équitable, il faut que la sortie d'entité dans le monde contrefactuel et celle dans le monde réel soient les mêmes. Pour formaliser cela on utilise l'inférence causale, le processus par lequel on peut établir une relation de causalité entre un élément et ses effets.

#### ▪ **Groupe**

Dans l'équité à base de groupe, on définit les entités d'un groupe sur la base de la valeur d'un ou plusieurs attributs protégés et vérifie que tous les groupes soient traités de la même manière. On a trois approches pour calculer la similitude de sorties. Soient les définitions suivantes que nous utiliserons pour décrire les approches d'équité de groupe:

- $G^+$  : groupe d'entités protégées, c'est-à-dire les entités défavorisées, par exemple, des individus de race afro-américaine, dans un contexte d'emploi. Ce sont des entités qui partagent une valeur défavorisée sur un attribut sensible.
- $G^-$  : groupe d'entités non protégées. (privilegiée), les individus qui ont plus de chance d'être attribués un résultat favorable par le système de recommandation. Par exemple, les chats blancs, dans un contexte d'adoption de chats.
- $Y$  : vérité terrain.
- $Y'$  : sortie prédite.
- $S$  : la probabilité prédite pour une certaine classification.
- $1$  : décision favorable.

#### a) **Approches basées sur le taux (base rates)**

L'équité à taux de base compare la probabilité  $P(Y^{\wedge} = 1 | v \in G^+)$  qu'une entité  $v$  reçoive le résultat favorable lorsque  $v$  appartient au groupe protégé  $G^+$  avec la probabilité correspondante  $P(Y^{\wedge} = 1 | v \in G^-)$  que  $v$  reçoit le résultat favorable lorsque  $v$  appartient au groupe non protégé  $G^-$ .

Autrement dit, cette approche se base sur le calcul de la probabilité qu'une entité soit assignée à une décision favorable lorsqu'elle appartient à un groupe protégé et la compare avec la probabilité que cette même entité reçoive une décision favorable lorsqu'elle appartient à un groupe non protégé, en faisant :

La différence entre les deux  $1 - (P(Y^{\wedge} = 1 | v \in G^+) - P(Y^{\wedge} = 1 | v \in G^-))$ . [12]

## Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

Ou le taux :  $P(\hat{Y}=1|v \in G+)$   
 $P(\hat{Y}=1|v \in G-)$

Un inconvénient de cette approche est qu'elle ignore carrément la sortie réelle terrain. Elle risque de ne pas refléter la vérité terrain. Par exemple, dans un contexte d'emploi où l'attribut sensible est le genre, le but de cette approche serait de s'assurer qu'un certain taux de femme soit attribué à la classe positive. Même s'il n'existe pas autant de femme compétentes pour le poste dans les données d'entrées [10]. La précision et la calibration considèrent les mesures d'évaluation traditionnelles d'évaluation et exigent que l'algorithme fonctionne également bien en termes d'erreurs de prédiction pour les deux groupes [10].

On constate que l'approche de précision détaillée par la suite peut être un meilleur alternatif pour l'équité de taux de base.

### b) Approches basées sur la précision (accuracy based)

Cette approche s'assure que les différents types de classification, y compris les erreurs (les faux positifs par exemple), soit distribués d'une manière égale sur tous les groupes.

L'équité résultante a diverses appellations, dans l'exemple qui suit, elle s'appelle l'égalité des chances. On demande que le taux des vrais positifs pour le premier groupe soit égale à celui du deuxième groupe [10]:  $P(\hat{Y} = 1|Y = 1, v \in G+) = P(\hat{Y} = 1|Y = 1, v \in G-)$

### c) Approches basées sur la calibration (calibration based)

Ces approches utilisent des algorithmes de classification pour prédire une probabilité pour chaque classe. Un algorithme est dit calibré lorsqu'il prédit qu'un ensemble d'entités va appartenir à la classe positive, une fraction  $p$  de cet ensemble est réellement affectée à la classe positive. En équité, nous voudrions que cet algorithme soit calibré pour les deux groupes (protégé et non protégé).

Exemple: pour que tout score de probabilité prédit  $p$  dans  $[0, 1]$ , la probabilité d'obtenir réellement un résultat favorable soit égale pour les deux groupes :

$$P(Y = 1|S = p, v \in G+) = P(Y = 1|S = p, v \in G-)$$

Les mesures basées sur le groupe tendent en général à ignorer les mérites de chaque individu du groupe. Certaines personnes d'un groupe peuvent être meilleures pour une tâche donnée que d'autres personnes du groupe, ce qui n'est pas pris en compte par certaines définitions d'équité basée sur le groupe.

## 3.2 Cible d'équité

### ▪ Producteur

L'algorithme peut être injuste envers les fournisseurs des produits à recommander. Dans un contexte de boutique en ligne, le système ne doit pas développer des biais pour les produits populaires en les suggérant en boucle aux utilisateurs. Les produits doivent tous avoir leurs chances d'être recommandés.

## Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

### ▪ *Consommateur*

L'algorithme peut être injuste envers les utilisateurs qui reçoivent les recommandations. Dans un contexte d'attribution de prêts bancaires, les résultats du système, variant de décision favorable à décision défavorable, peuvent être influencés par des attributs comme la race ou le sexe du candidat.

### 3.3 Résultats de l'équité

Dans cet aspect, nous abordons l'équité par rapport à la multiplicité de sortie. C'est-à-dire dans le cas d'un seul résultat de recommandation ou classement et dans celui d'une liste de sortie.

On peut distinguer deux types d'approches :

- **Équité à sortie unique:** on exige que l'équité soit atteinte même dans le cas d'un seul classement ou une seule recommandation.
- **Équité à sorties multiples:** dans ce cas, on exige l'équité éventuelle, c'est-à-dire que les consommateurs ou les producteurs soient traités équitablement dans une série de classements ou de recommandations, même s'ils sont traités injustement dans une ou plusieurs sorties de la série.

## 4. Modèles d'équité dans les recommandations

Dans cette section, nous présentons des modèles concrets qui servent à mesurer l'équité d'un système. En général, les systèmes de recommandation estiment un score, ou une estimation  $\hat{s}(u, i)$  pour un utilisateur  $u$  et un item  $i$  qui reflète la pertinence de  $i$  pour  $u$ . Ensuite, une liste de recommandation  $l$  est élaborée pour l'utilisateur  $u$  contenant les items aux scores de pertinence les plus hauts.[10]

Soit  $N$  la taille de la liste de recommandations.  $EG^+[\hat{s}]_j$  et  $EG^-[\hat{s}]_j$  le score moyen prédit ( $\hat{s}$ ) qu'un item  $j$  reçoit pour les utilisateurs protégés et les utilisateurs non protégés, respectivement, ainsi,  $EG^-[\hat{s}]_j$ ,  $EG^+[s]_j$  et  $EG^-[s]_j$  étant le(s) score (s) réel(s) moyen(s) correspondant(s) de l'item  $j$ . Voici les principaux modèles utilisés pour le calcul de l'équité :

- **Injustice de valeur (Uval) :** elle compte les incohérences dans les erreurs d'estimation entre les groupes, c'est-à-dire lorsqu'un groupe reçoit des prédictions supérieures ou inférieures à ses véritables préférences [13].

$$U_{val} = \frac{1}{N} \sum_{j=1}^n |(EG^+[\hat{s}]_j - EG^+[s]_j) - (EG^-[\hat{s}]_j - EG^-[s]_j)|$$

- **Injustice absolue (Uabs) :** estime la qualité de la prédiction pour chaque groupe [14].

$$U_{abs} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N |EG^+[\hat{s}]_j - EG^+[s]_j| - |EG^-[\hat{s}]_j - EG^-[s]_j|$$

- **Injustice de sous-estimation (Under) :** compte les incohérences dans la mesure dans laquelle les prédictions sous-estiment les vraies estimations [15].

## Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

$$U_{\text{under}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N \max|0, EG + [s]j - EG + [\hat{s}]j| - \max|0, EG - [s]j - EG - [\hat{s}]j|$$

- **Injustice de surestimation (Uover)** : calcule les incohérences dans la mesure dans laquelle les prédictions surestiment les véritables estimations [12].

$$U_{\text{over}} = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^N \max|0, EG + [\hat{s}]j - EG + [s]j| - \max|0, EG - [\hat{s}]j - EG - [s]j|$$

- **Injustice de non-parité (Upar)**: calcule la différence absolue entre les estimations moyennes globales des utilisateurs protégés et des utilisateurs non protégés. [16]

$$U_{\text{par}} = EG + [\hat{s}] - EG - [s]$$

### 4.1. Méthodes d'équité dans les systèmes de recommandation

On peut distinguer généralement trois types de méthodes d'équité :

- **Les méthodes d'équité en prétraitement**: à transformer les données d'entrée pour éliminer tout biais ou discrimination sous-jacent. Ces méthodes sont indépendantes de l'application.
- **Les méthodes d'équité durant le traitement**: visent à apprendre un modèle sans biais et à modifier les algorithmes pour avoir des résultats équitables.
- **Les méthodes d'équité en post-traitement**: pour améliorer l'équité, elles reclassent les éléments de la sortie sans toucher au modèle ou aux algorithmes.

Différentes méthodes d'équité sont proposées dans la littérature pour chacun des types précédents. Nous nous intéressons en particulier dans notre projet aux méthodes permettant d'assurer l'équité durant le processus de calcul de la recommandation.

#### 4.1.1 Méthodes d'équité en prétraitement

L'idée est d'appliquer un traitement sur les données d'entrée avant de les introduire à l'algorithme de recommandation. Ce traitement est similaire à celui appliqué sur les jeux de données utilisés pour l'apprentissage machine. Ce processus permet de raffiner les données avant qu'elles soient utilisées pour la construction du modèle de recommandation.

- **Suppression**

Elle consiste à supprimer l'attribut protégé (ex le sexe). Le problème avec cette méthode c'est que l'algorithme peut toujours apprendre la discrimination à partir d'attributs corrélé avec les attributs protégés. Toutes les variables incluses qui sont corrélées avec les variables protégées contiennent toujours des informations sur la caractéristique protégée, et le classificateur apprendra toujours la discrimination reflétée dans les données d'entraînement [10]

## Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

- *Réétiquetage de classes*

Il s'agit de modifier les étiquettes de certaines entités dans l'ensemble de données. Un sous-ensemble de données recevra une promotion et un autre recevra une rétrogradation, selon leur probabilité d'avoir une étiquette positive. L'ensemble de données résultant sera utilisé pour former un classificateur. Cette méthode permet d'atteindre l'objectif zéro discrimination. En revanche, cela entraîne une diminution dans la précision de recommandation [10]. Des recommandations aussi équitables peuvent ne pas être pertinentes pour l'utilisateur.

- *Repesée*

Dans ces méthodes des poids sont attribués aux objets pour compenser le biais. Ces méthodes exploitent les fréquences et calculent la probabilité que chaque objet ou groupe reçoive le traitement et utilisent ces probabilités pour équilibrer les données.[17]

- *Transformation de données*

Elle ne peut être appliquée que sur des jeux de données numériques. L'objectif est de déterminer une transformation à la fois des données d'apprentissage et de test tout en satisfaisant trois propriétés:

- Contrôle des discriminations: limiter l'influence des variables protégées sur le résultat.
- Contrôle de la distorsion: réduire ou éviter certains changements importants dans les données.
- Préservation de l'utilité: s'assurer qu'un modèle appris à partir des données transformées n'est pas trop différent de celui appris à partir des données d'origine.

- *Réparation de données*

Une approche pour réparer les données consiste à supprimer les informations sur les variables protégées de l'ensemble des variables à utiliser dans les modèles prédictifs. Par exemple, parmi les algorithmes utilisés, Strongly Preserves Rank modifie les données de manière à ce que la prédiction de la classe soit toujours possible. [18]

- *Augmentation de données*

Il s'agit d'augmenter les données d'entraînement avec des données supplémentaires. Les données d'entrée des nouveaux utilisateurs, appelées données antidote, sont choisies de manière à améliorer une propriété socialement pertinente des recommandations fournies aux utilisateurs d'origine. » [19] [20]

Les différentes méthodes de prétraitement peuvent être très utiles pour établir un système équitable néanmoins, elles peuvent ne pas être suffisantes pour limiter l'influence des attributs sensibles sur les résultats de recommandation. Ceci parce qu'elles ne permettent pas de contrôler la construction du modèle lui-même, ou la manière dont ils traitent les données d'entrées. Elles risquent également de compromettre la précision des recommandations en sortie. En appliquant trop de prétraitement, on risque de fournir un jeu de donnée non enrichie pour l'algorithme.

### 4.1.2 Méthodes d'équité durant le traitement

Elles se concentrent sur la modification des modèles ou algorithmes existants ou sur l'introduction de nouveaux modèles ou algorithmes.

- **Méthodes basées sur l'apprentissage**

Parmi les méthodes existantes à base d'apprentissage machine est d'ajouter à la fonction de perte **des termes de régularisation** qui représentent la mesure de non équité.

Une approche de régularisation dans les systèmes de recommandation consiste à prendre:  $U$  et  $I$  des variables aléatoires pour les utilisateurs et les éléments, respectivement, et  $R$  une variable aléatoire pour la sortie de recommandation. Soit également  $S$  l'attribut sensible, c'est-à-dire l'information à ignorer dans le processus de recommandation, comme par exemple le sexe d'un utilisateur ou la popularité d'un article. L'objectif dans ce cas est d'obtenir une recommandation ou une indépendance statistique. Cela signifie qu'il n'y a aucune information sur la caractéristique sensible qui influence le résultat, et que les recommandations doivent satisfaire à une contrainte d'indépendance des recommandations.

Le cœur de cette approche de régularisation est inclus dans l'équation suivante qui adopte un régularisateur imposant une contrainte d'indépendance, tout en entraînant le modèle de recommandation.[10]

$$\sum_D \text{loss}(r_i, r(x_i, y_i, s_i)) - \eta \cdot \text{ind}(R, S) + \lambda \cdot \text{reg}(\theta)$$

Où :

$\eta$  : paramètre d'indépendance qui contrôle l'équilibre entre l'indépendance et la précision

ind : terme d'indépendance, c'est-à-dire le régularisateur pour contraindre l'indépendance

La valeur la plus élevée indique que les recommandations et les valeurs sensibles sont plus indépendantes. Loss est la perte empirique, tandis que  $\lambda$  est le paramètre de régularisation et  $\theta$  est le régularisateur L2.

Enfin, on peut trouver d'autres méthodes d'apprentissages utilisées qui se basent sur les auto-encodeurs variationnels [21] et l'apprentissage des représentations[22] dont l'idée est d'introduire un niveau intermédiaire entre l'espace d'entrée et l'espace de sortie. Ce niveau intermédiaire doit être une représentation fidèle de  $X$  qui l'encode au mieux et masque toute information sur l'appartenance au groupe protégé. [10]

- **Méthodes basées sur des fonctions de préférences linéaires**

Les éléments peuvent être classés en fonction d'un score qui est une combinaison linéaire pondérée des valeurs de leurs attributs. Une fonction de classement linéaire  $f$  utilise un vecteur de poids pour calculer un score d'utilité (qualité) pour chaque élément. L'équité est formulée comme le problème suivant :

Étant donné la fonction  $f$  avec le vecteur de poids  $w = (w_1, \dots, w_d)$ , trouvez une fonction  $f$  qui,  $f$  produit un classement équitable et ses poids sont aussi proches que possible des poids de la fonction

## Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION

originale. [23]

### 4.1.3 Méthodes d'équité en post-traitement

Cette section concerne les techniques utilisées pour établir l'équité après que l'algorithme produit des sorties. Elles prennent les résultats d'un classement et y introduit l'aspect de l'équité puis reclassant ces résultats à nouveau.

- **L'équité comme processus générateur** : On réinitialise le classement  $r$  à nulle et on produit un classement  $\hat{r}$  satisfait les contraintes de monotonie intragroupe. Cela signifie qu'au sein de chaque groupe, les items sont classés avec des qualifications décroissantes. [10]
- **L'équité comme problème d'optimisation des contraintes** : Cette méthode formule le problème de la production d'un classement équitable  $r'$  comme un problème d'optimisation avec  $F$  une mesure d'équité pour les classements et  $U$  une mesure de l'utilité d'un classement pour une tâche particulière.
- **Équité avec les méthodes d'étalonnage**: elles suggèrent de reclasser une liste d'éléments en tant qu'étape de post-traitement. Elles quantifient le degré d'étalonnage des résultats du recommandeur en fonction de paramètres spécifiques.
- **Équité dans plusieurs sorties**: Les utilisateurs ont tendance à regarder beaucoup plus les premiers résultats affichés, donc ces algorithmes modifient la position des items dans des tours séquentiels de classements ou de recommandation.

## 5. Discussion

Nous avons vu les diverses méthodes de traitement qui permettent d'établir l'équité dans les systèmes de recommandation. Certaines s'appliquent sur les données d'entrée, d'autres sur l'implémentation de l'algorithme lui-même et d'autres sur le résultat de classement.

La projection de leurs avantages et inconvénients sur le contexte de l'adoption des animaux, a fait que nous nous intéressons à la combinaison entre quelques méthodes de prétraitement et les méthodes de traitement en cours. Nous trouvons que cette combinaison permettra d'optimiser l'équité dans les résultats, tout en préservant une précision dans la recommandation puisqu'on pourra contrôler à la fois les entrées et le traitement de données.

## 6. Introduction à la proposition du projet

Notre étude s'intéresse à l'équité pour producteur, l'équité de groupe et l'équité à sorties unique. Nous voudrions concevoir un système qui soit équitable envers les animaux à adopter en premier lieu. L'idée est de favoriser les chances d'être adopté pour un chat malade par exemple, ou un chat âgé. Ainsi, nous voudrions que les groupes d'entités soient traités avec équité dans une série de sorties, les chats seront traités avec une éventuelle équité. Le système désignera des groupes protégés, comme les chats noirs, et essaiera d'équilibrer leurs chances d'être adopté par rapport aux chats blancs.

Nous optons pour une application mobile que nous appelons **Chadope**. Une application pour adoption de chats au dans le territoire algérien. Elle permettra aux utilisateurs de rechercher des chats ainsi

## **Chapitre 2 : ÉQUITÉ DANS LES SYSTÈMES DE RECOMMANDATION**

qu'elle leurs recommande d'autres. Les utilisateurs peuvent aussi publier leurs animaux pour adoption, qu'ils soient des individus ou des refuges. Elle sera dotée d'un système de recommandation suggérant aux utilisateurs des chats à adopter.

Pour l'algorithme de recommandation, nous nous inspirons des algorithmes précédents qui seront adaptés tout en prenant en compte les préférences des utilisateurs. L'application fournira des recommandations équitables et pertinentes durant l'interaction de l'utilisateur avec l'application. Par exemple, lorsque l'utilisateur clique sur des chats blancs, une nouvelle recommandation lui est attribuée affichant d'autres chats avec d'autres cloueurs. La recommandation s'appuie sur les interactions de l'utilisateur avec l'application en temps réel. Nous essayons de suggérer un algorithme de recommandation séquentielle.

### **7. Conclusion**

Les systèmes de recommandation s'appliquent sur plusieurs domaines où l'équité est très importante. Dans ce chapitre, nous avons défini les aspects de l'équité et explorons les différentes approches et méthodes pour l'appliquer.

## CHAPITRE 3 : CONCEPTION

### 1. Introduction

Ce chapitre a pour objectif de situer le projet dans son cadre général à savoir, ses fonctions ainsi que ses activités. Nous y décrivons les objectifs à atteindre ainsi que la modélisation du projet.

### 2 .Cahier des charges

Cette section a pour objet de définir les termes, les conditions et les règles qui régissent le projet de l'élaboration de l'application destinée à la l'adoption des animaux.

#### 2.1 Portée

« Chadope » est une application mobile pour l'adoption des animaux, elle permet de trouver et/ou de publier des animaux à adopter, par des individus ou par des associations de secours.

#### Objectifs

- Faciliter la recherche d'un animal à adopter.
- Donner la chance aux animaux les moins privilégiés d' être adoptés.
- Créer un lien entre les associations de secours et les individus.
- Diminuer le nombre d'animaux errants ou euthanasiés.

#### 2.2 Caractéristiques : matériel et logiciel

Cette partie décrit notre système et les exigences et les fonctionnalités de notre application.

Le système « Chadope » ne fait pas partie d'un autre système plus vaste. Il est indépendant et autonome. Nous avons utilisé les dispositifs suivants:

- 2 ordinateurs portables (de la marque DELL, LENOVO).
- Ram 16 GB, 8GB.
- Processeur Intel (i7) 64 bits, processeur Intel (i5) 64 bits.
- Système d'exploitation : Windows 10.
- WAN:

## Chapitre 3 : Conception

- xDSL
- Connexion RMS (réseau principal) 2 MO
- 4G « modem OOREDOO/DJEZZY » (Réseau de secours)

### 2.3 Fonctionnalités

Notre système doit aider l'utilisateur à trouver des chats à adopter des animaux à adopter, à travers une recherche filtrée et une rubrique de recommandation. Il doit aussi fournir des recommandations équitables pour les animaux. De plus, il permettra aux utilisateurs de créer des profils, qu'ils soient des individus ou des organisations. Enfin, ces utilisateurs pourront à leur tour publier des animaux, plus particulièrement des chats qu'ils veulent faire adopter. On trouvera tous les chats qu'un utilisateur a publiés sur son profil.

Les principales fonctionnalités de l'application sont:

- Inscription et création de profil.
- Authentification.
- Modification de profil.
- Ajout animal.
- Recherche filtrée.
- Rubrique recommandation

### 2.4 Caractéristiques des utilisateurs

Dans cette section nous décrivons les caractéristiques générales des utilisateurs de l'application mobile.

Administrateur :

- Ingénieur en informatique.
- Connaissances techniques.

Utilisateur :

- N'importe quelle personne s'inscrivant à l'application pour adopter un animal ou publier une annonce.

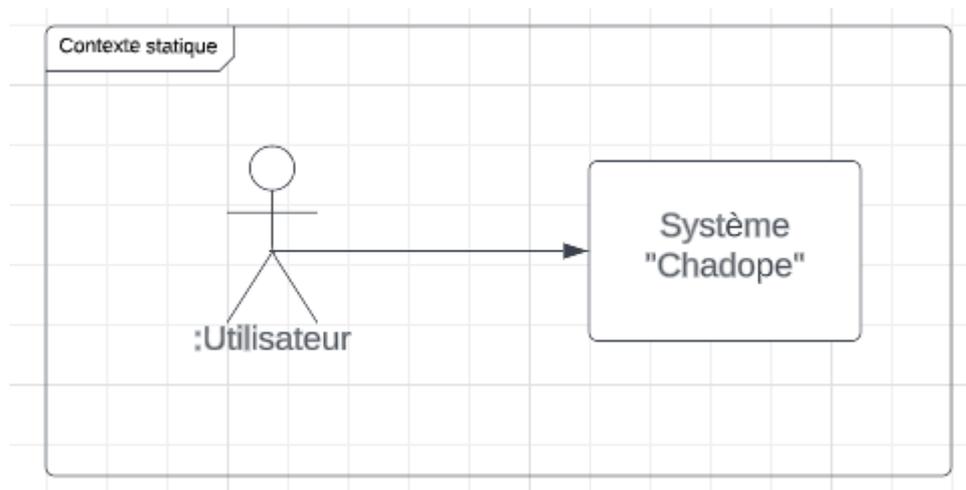
### 3 .Modélisation

Nous nous sommes focalisé sur la méthode RUP (Rational Unified Process) est une méthode générique, itérative et incrémentale assez lourde mais qui s'adapte très facilement aux processus et aux besoins du développement. Cette méthode permet de répondre aux besoins des utilisateurs rapidement, dans les délais impartis. En effet, elle canalise et modélise toutes les étapes du développement d'un logiciel.

Nous avons également utilisé UML (Unified Modeling Language), un langage de modélisation graphique à base de diagrammes, conçu pour représenter, spécifier les artefacts de systèmes logiciels. De plus, il est destiné à comprendre et à décrire les besoins spécifiés et documentés des systèmes et ne se limite pas seulement au domaine informatique. Il existe plusieurs outils qui supportent le langage UML. Dans ce travail nous utilisons Papyrus. Cet outil vise à fournir un environnement intégré facile à utiliser pour éditer les modèles de type EMF (Eclipse Modeling Framework).

Lucidchart est une application Web de création de diagrammes. « Elle permet aux utilisateurs de collaborer visuellement pour dessiner, réviser et partager des graphiques et des diagrammes, et d'améliorer les processus, les systèmes et les structures organisationnelles. » [24]

#### 3.1 Diagramme de contexte statique



*Figure 10 Diagramme de contexte statique*

- **Description textuelle :** Ce diagramme de contexte statique représente l'environnement extérieur du système et l'acteur avec lequel il interagit. Dans notre cas, l'utilisateur peut être un adoptant, une association de secours d'animal, des refuges ou même des individus voulant publier des chats pour adoption.

### 3.2 Diagramme de cas d'utilisation

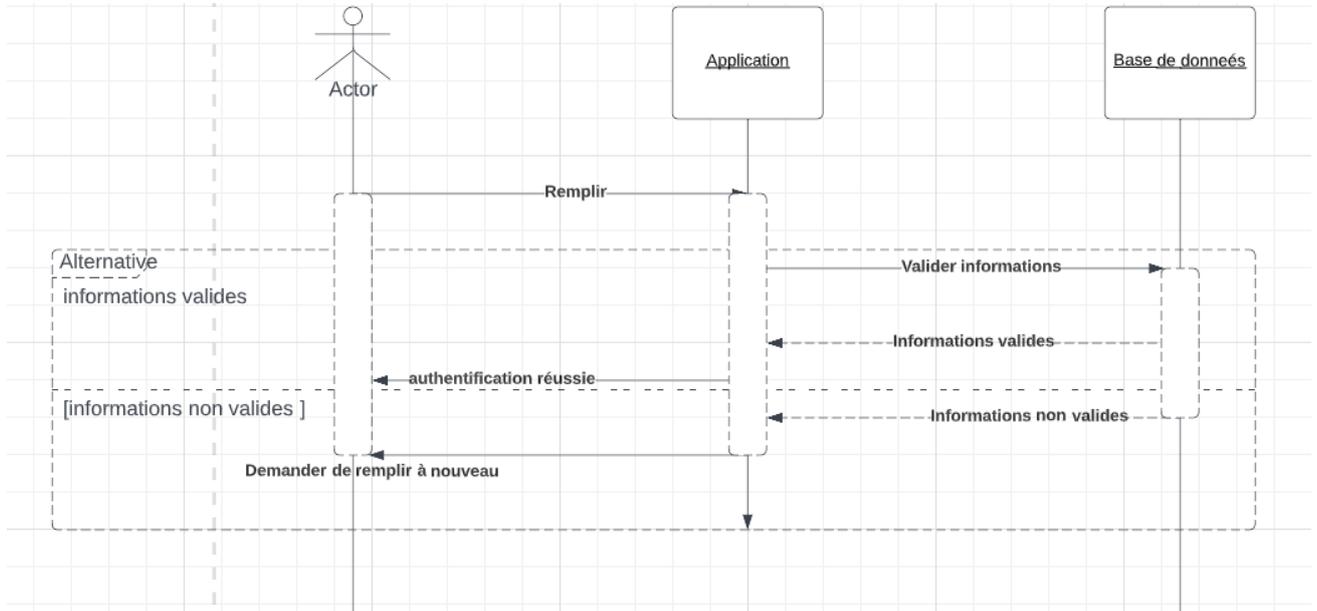


Figure 11 - Diagramme de cas d'utilisation

- Description textuelle :** L'utilisateur de Chadope peut ajouter un animal, rechercher des animaux à adopter par une recherche filtrée ou recommandation, modifier son profil, adopter des animaux. Il pourra aussi naviguer à travers des suggestions et des recommandations. Afin d'effectuer ces actions, il lui faudra s'authentifier, c'est-à-dire, se connecter ou s'inscrire.

### 3.3 Diagrammes de séquences

#### 3.3.1 Authentification

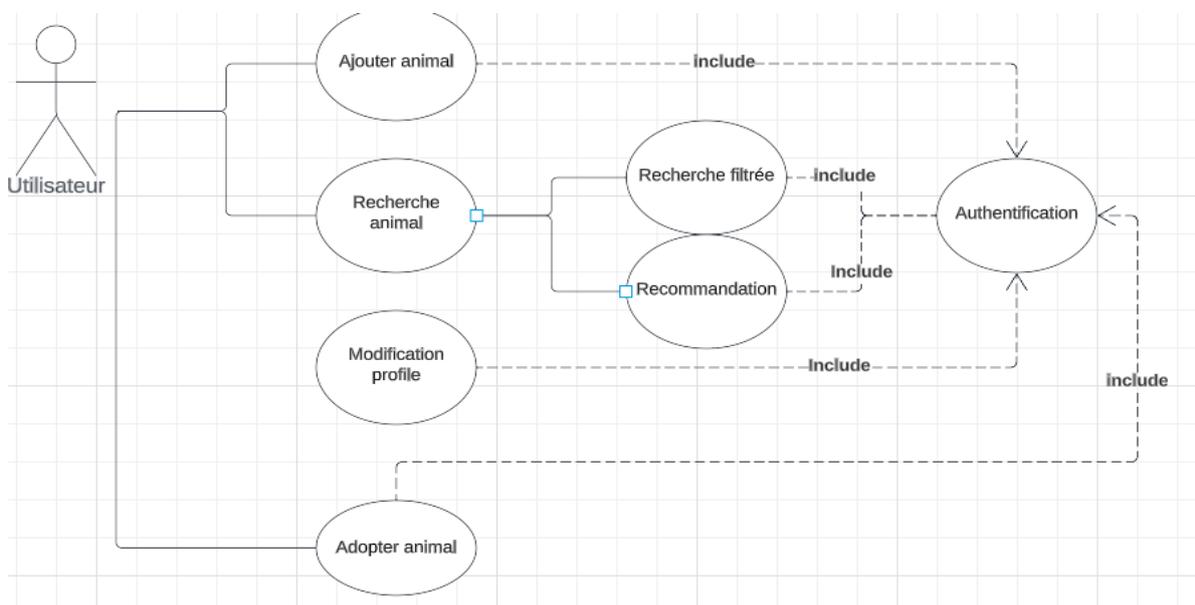


Figure 12 - Diagramme de séquence du cas d'utilisation Authentification

### Chapitre 3 : Conception

- **Description textuelle :** Afin de s'authentifier (s'inscrire ou se connecter), l'utilisateur remplit ses informations. Dans le cas de connexion : email et mot de passe et dans le cas d'inscription : nom, prénom, email, mot de passe, numéro de téléphone, wilaya, date d'anniversaire, genre). L'application vérifiera la validité de ces informations. Si elles sont valides, l'utilisateur est connecté, si elles ne le sont pas, on lui demande de remplir à nouveau.

#### 3.3.2 Ajouter un animal

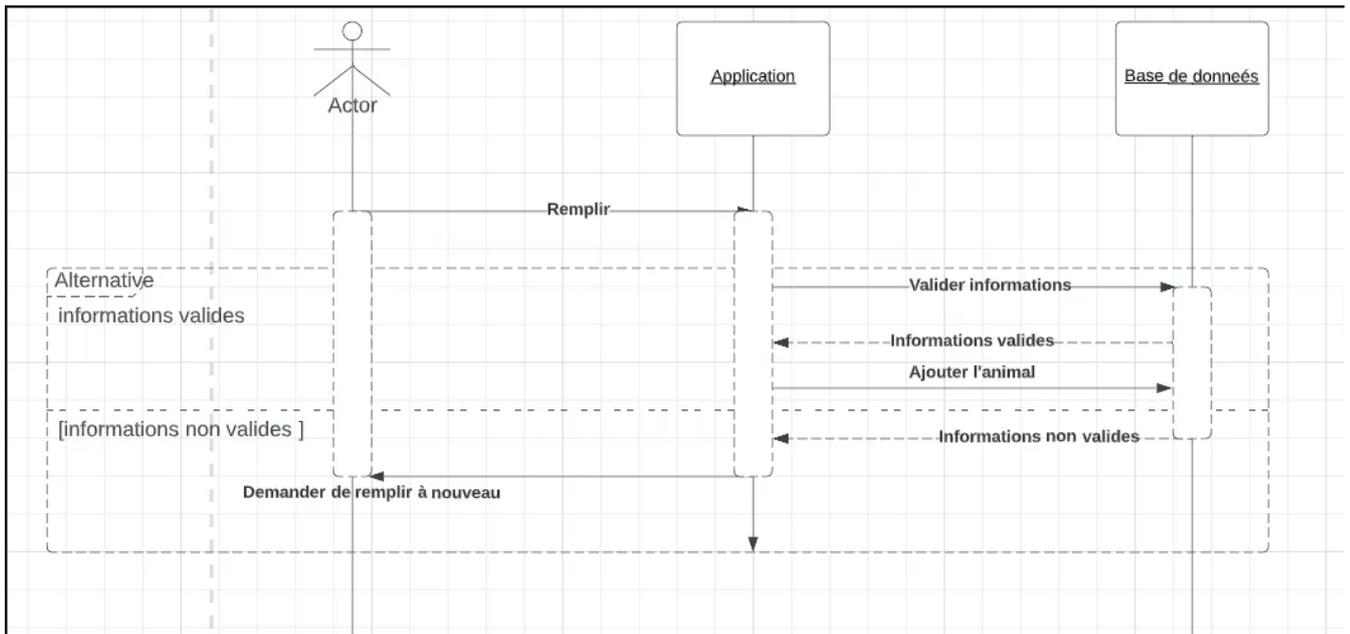


Figure 13 Diagramme de séquence du cas d'utilisation Ajouter Animal

- **Description textuelle :** L'utilisateur remplit les informations de son animal : nom, âge, couleur, wilaya, race, genre, photo, description (facultative). L'application vérifiera la validité de ces informations. Si elles sont valides, l'animal est publié, si elles ne le sont pas, on lui demande de remplir à nouveau.

### 3.3.3 Recherche filtrée

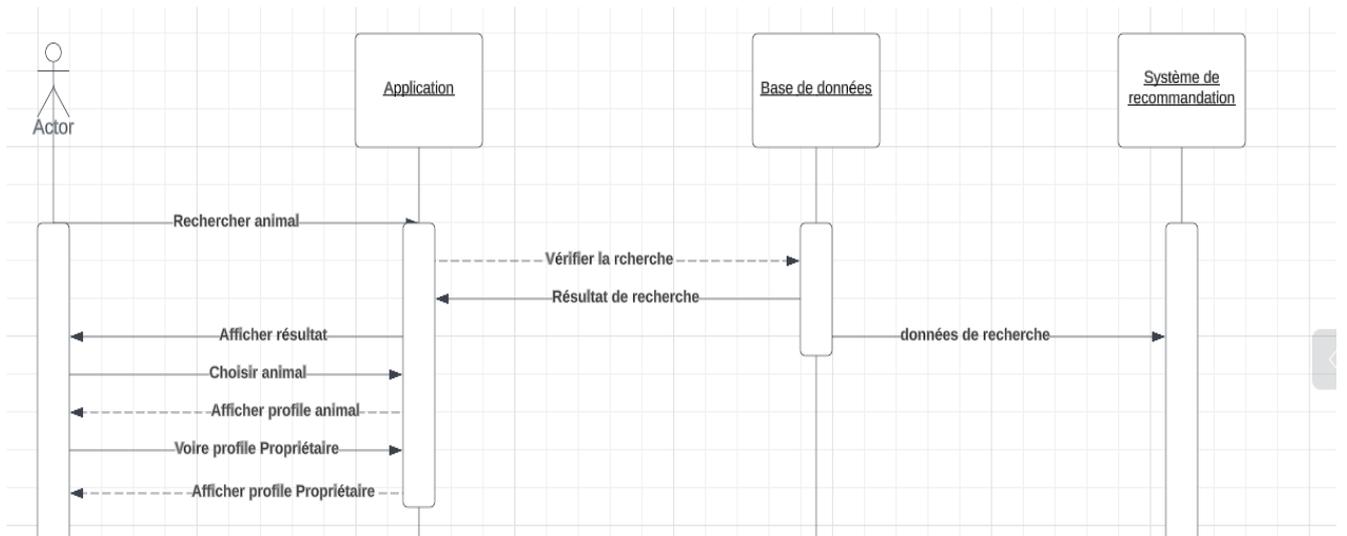


Figure 14- Diagramme de séquence du cas d'utilisation Recherche Filtrée

- Description textuelle :** Chadope aide les utilisateurs à trouver des animaux convenables avec une recherche filtrée ou ils remplissent des attributs préférables. L'application vérifie la disponibilité de la recherche et affiche le résultat. De plus, l'utilisateur peut voir les profils des animaux affichés et les profils de leurs propriétaires. La recherche filtrée peut être effectuée par race, couleur, genre ou âge.

### 3.3.4 Modification du profil utilisateur

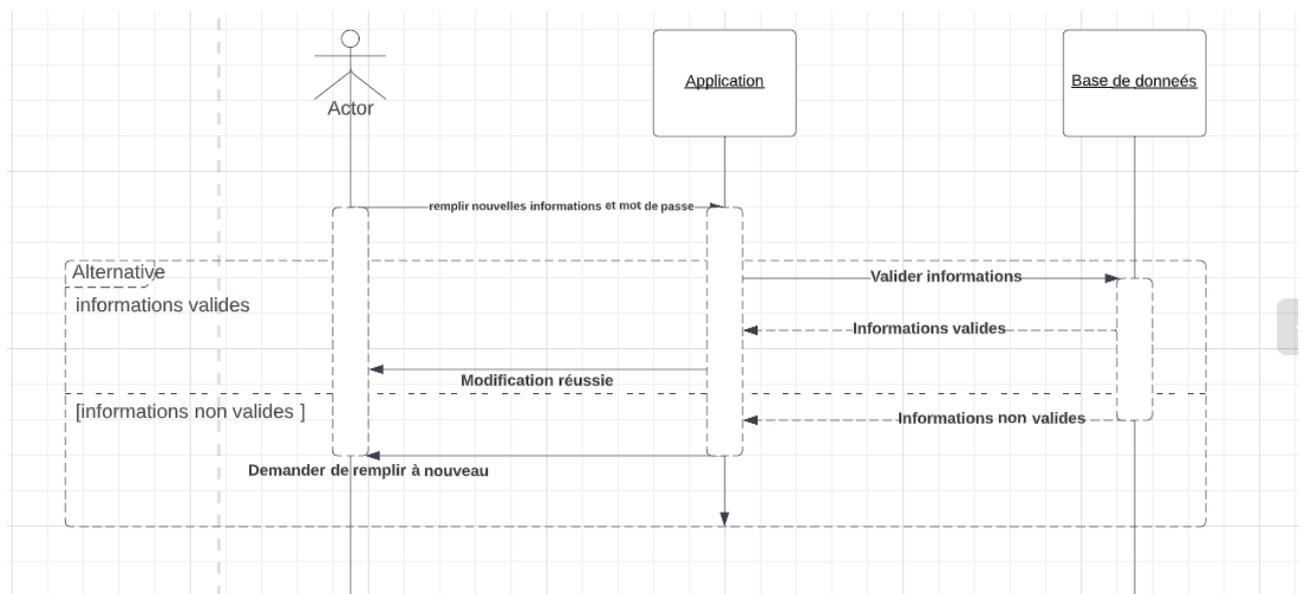


Figure 15 Diagramme de séquence du cas d'utilisation Modification Profil

### Chapitre 3 : Conception

- **Description textuelle :** L'utilisateur peut modifier son profil en remplissant les nouvelles informations et le mot de passe. Si ces informations sont validées, la modification est réussie, si elles ne le sont pas, on lui demande de remplir à nouveau.

#### 3.3.5 Adopter animal

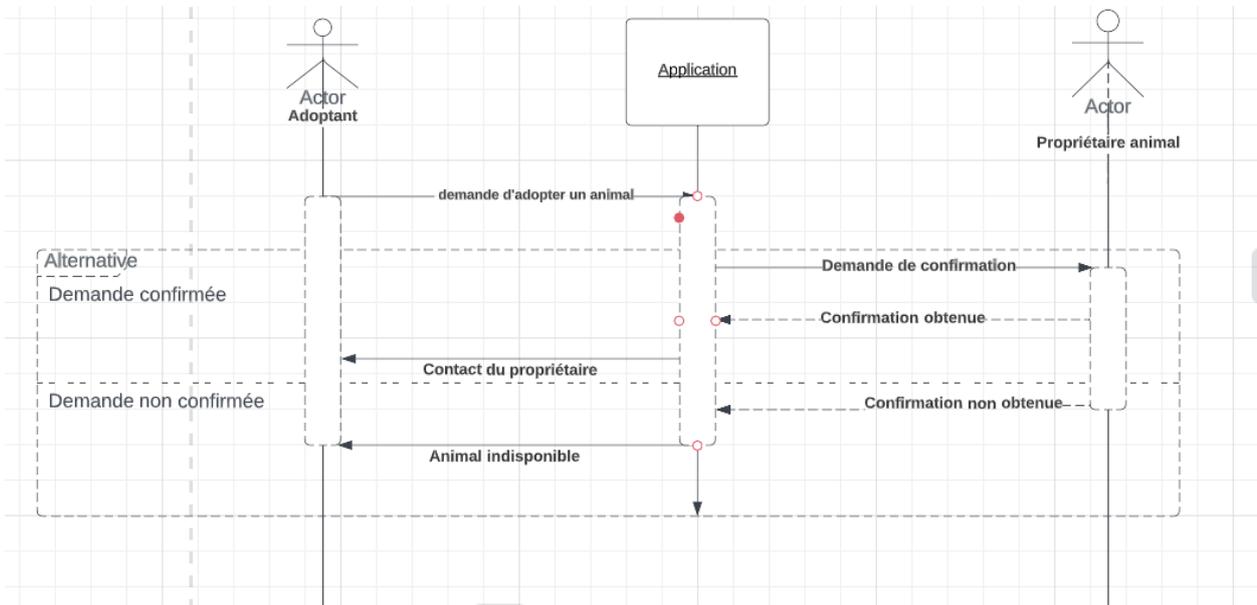
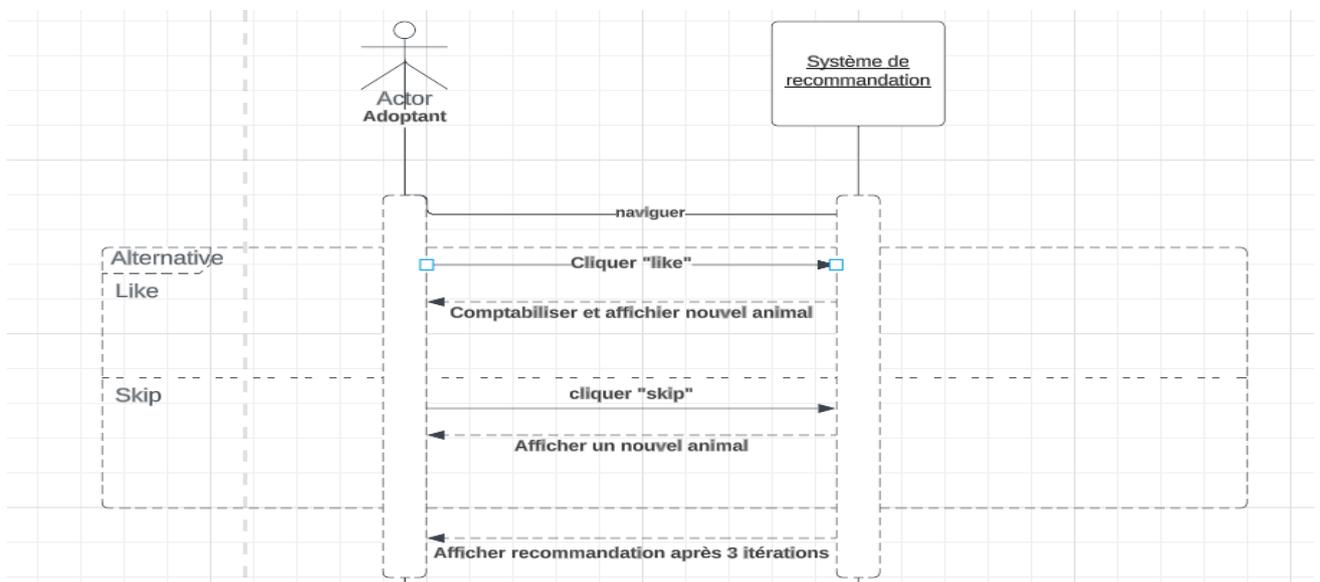


Figure 16- Diagramme de séquence du cas d'utilisation Adoption

- **Description textuelle :** Si l'utilisateur décide d'adopter un chat, il envoie une demande à son propriétaire. Si ce dernier confirme la demande, l'application envoie à l'adoptant le contact du propriétaire afin qu'il puisse le contacter, et le chat est marqué adopté dans la base de donnée. Si le propriétaire ne confirme pas la demande, l'utilisateur est informé que l'animal est indisponible.

#### 3.3.6 Recommandation



## Chapitre 3 : Conception

- **Description textuelle :** L'utilisateur navigue à travers des chats ou il peut cliquer sur « j'aime » ou « passer ». L'utilisateur reçoit une recommandation de la part de l'application après son interaction (minimum 3 mentions j'aime).

### 3.4 Diagramme de classe du système

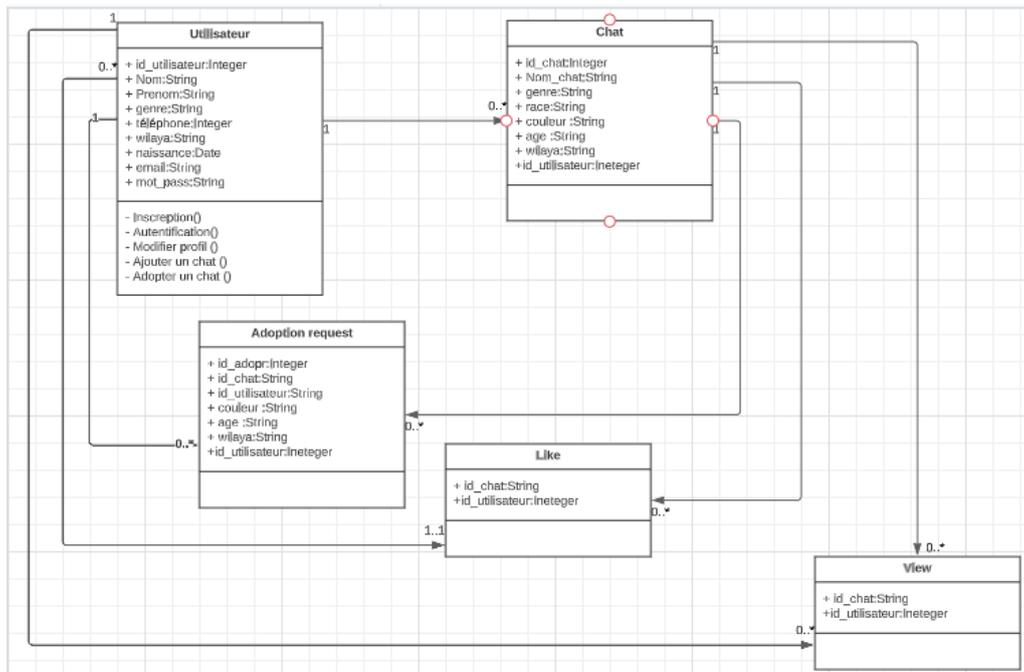


Figure 18- Diagramme de classe simplifié système

## 4. Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre le cahier de charges que nous avons fixé au début de notre projet. Nous avons également décrit le résultat de la conception de notre système incluant l'application mobile et son lien avec notre système de recommandation à l'aide des différents diagrammes UML. On se focalise dans le chapitre suivant sur la présentation de l'implémentation de l'application mobile et la description détaillée de l'algorithme de recommandation proposé.

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET INTÉGRATION DU SYSTÈME DE RECOMMANDATION

### 1. Introduction

Nous allons présenter dans ce chapitre les outils de développements et les langages de programmation utilisés. Nous décrivons par la suite la partie implémentation de l'application mobile en illustrant ses différentes fonctionnalités. Nous présenterons ensuite l'algorithme de recommandation proposé et comment nous l'avons intégré à l'application mobile.

### 2. Outils de développement

#### 2.1 Android studio

C'est un environnement de développement intégré (IDE) pour créer des applications mobile et qui comprend un éditeur de code. Android Studio utilise un système de construction basé sur Gradle, des émulateurs, des modèles de code et l'intégration Github. C'est l'environnement de développement officiel de Google pour le système d'exploitation Android, construit sur le logiciel JetBrains IntelliJ IDEA. Le système de build Android est un ensemble d'outils utilisés pour créer, tester, exécuter et empaqueter vos applications. [25]

#### 2.2 Firebase

C'est une plateforme de développement d'applications web et mobiles soutenue par Google, pour aider les développeurs à offrir des expériences d'applications plus riches. Firebase gère sa propre infrastructure avec un ensemble d'outils pour simplifier le travail du développeur en lui fournissant des kits de développement et un tableau de bord en ligne. [26]

#### 2.3 Langage de programmation

- *Java*

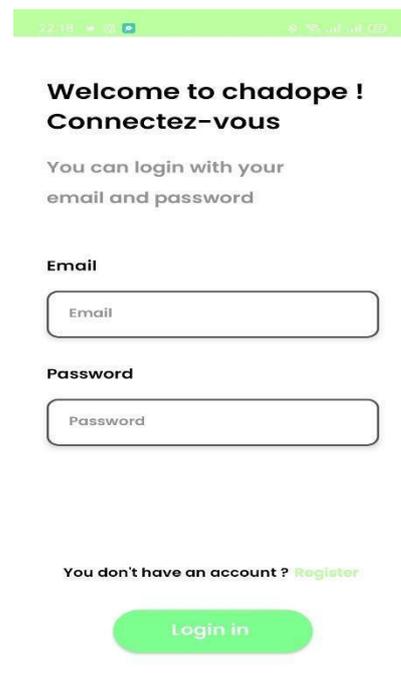
Just Another Virtual Accelerator est un langage de programmation largement utilisé pour coder des applications web. Il a été fréquemment choisi parmi les développeurs depuis plus de deux décennies, des millions d'applications Java étant utilisées aujourd'hui. Java est un langage multiplateforme orienté objet et centré sur le réseau, qui peut être utilisé comme une plateforme à part entière. Il s'agit d'un langage de programmation rapide, sécurisé et fiable qui permet de tout coder, des applications mobiles aux logiciels d'entreprise en passant par les applications de big data et les technologies côté serveur. [27]

- *XML*

Extensible Markup Langage permet de définir et de stocker des données de manière à pouvoir les partager. XML prend en charge l'échange d'informations entre des systèmes informatiques tels que les sites web, les bases de données et les applications tierces. Les règles prédéfinies facilitent la transmission des données sous forme de fichiers XML sur n'importe quel réseau, car le destinataire peut utiliser ces règles pour lire les données avec précision et efficacité. [28]

### 3. Interfaces de notre application mobile

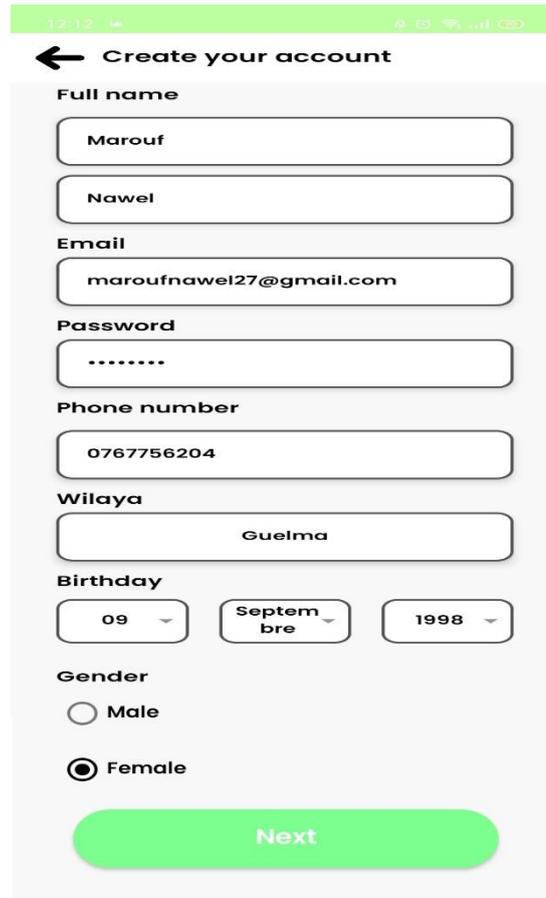
Ci-dessous, l'interface de la première fenêtre de l'application et l'interface de l'authentification : Interface d'authentification ayant déjà un compte sur l'application. Pour s'identifier, on a besoin d'une adresse mail et un mot de passe contenant obligatoirement au minimum cinq lettres ou chiffres. Si l'adresse mail mise n'est pas valide, l'utilisateur recevra un message indiquant que ce dernier est invalide et conformément au mot de passe utilisé.



*Figure 19- interface d'introduction de l'application*

*Figure 20- interface de l'authentification*

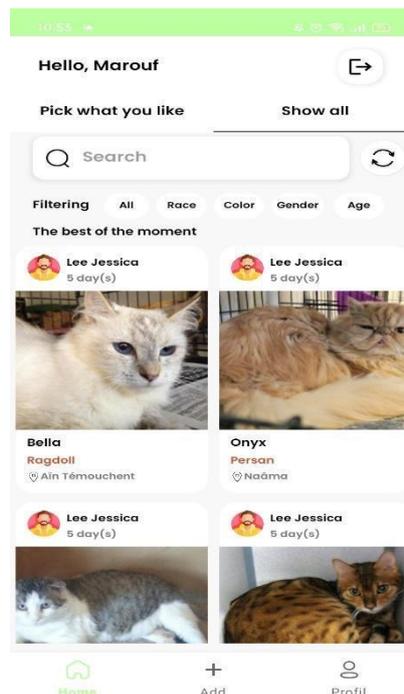
**La figure 21** illustre l'interface d'inscription : Si l'utilisateur n'a pas de compte, il pourra s'inscrire en suivant les instructions mise en forme pour pouvoir s'identifier et avoir accès à l'application par la suite. Après son inscription, ses données seront enregistrées dans la base de données.



The screenshot shows a mobile application interface for creating an account. At the top, there is a green header with the time '12:12' and various status icons. Below the header is a back arrow and the text 'Create your account'. The form consists of several input fields: 'Full name' with two rows containing 'Marouf' and 'Nawel'; 'Email' with 'maroufnawel27@gmail.com'; 'Password' with a masked field '.....'; 'Phone number' with '0767756204'; 'Wilaya' with 'Guelma'; and 'Birthday' with three dropdown menus for '09', 'Septem bre', and '1998'. Below these fields are radio buttons for 'Gender', with 'Female' selected. At the bottom of the form is a large green button labeled 'Next'.

*Figure 21- Interface d'inscription*

La figure 22 illustre l'interface de page d'accueil ou l'utilisateur peut voir les chats disponibles et effectuer des recherches.



*Figure 22- Interface de page d'accueil*

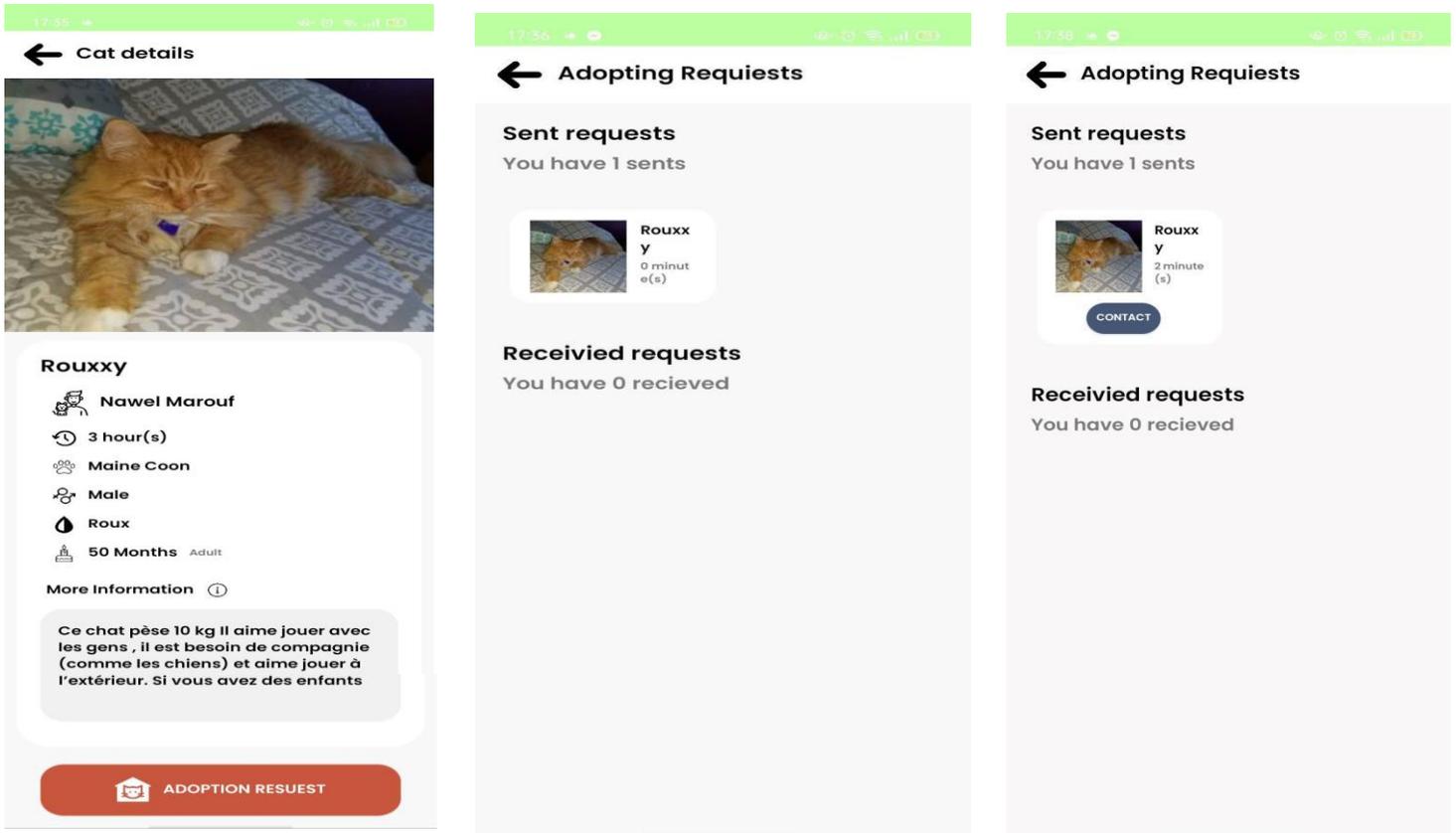
La Figure 23 représente l'interface utilisée pour ajouter un chat. Pour l'ajout d'une offre d'adoption, l'utilisateur doit impérativement remplir le formulaire suivant : la photo du chat, nom, l'âge, couleur, rase et son genre. Ces informations seront enregistrées dans la base de données.



The screenshot shows a mobile application interface titled "Add your cat". At the top, there is a status bar with the time 14:02 and various icons. Below the title, there is a photo of an orange cat lying on a patterned blanket. To the right of the photo is a red circular icon with a white camera symbol. Below the photo, there are several input fields: "Rouxy" (name), "50" (age), "Roux" (color), "M'Sila" (breed), and "xtérieur. Si vous avez des enfants" (location). Below these fields, there is a "Gender" section with two radio buttons: "Male" (selected) and "Female". At the bottom of the form is a green "Add" button. The bottom navigation bar has three icons: "Home", "Add" (highlighted), and "Profil".

*Figure 23- Interface d'ajout de chats*

Ci-dessous, l'interface de demande d'adoption d'un chat. Si un utilisateur veut adopter un chat, il n'a qu'à cliquer sur "ADOPTION REQUEST" pour activer sa demande. Ensuite, pour voir si sa demande a bien été effectuée, il peut la suivre sur son profil en cliquant sur le bouton "Requests".



*Figure 24- Interface de demande d'adoption*

Ci-dessous, quant au propriétaire, au moment d'envoi d'une demande d'adoption, il reçoit immédiatement une notification qui lui permettra d'accepter ou de refuser la demande. Ces données seront également enregistrées dans la base de données.

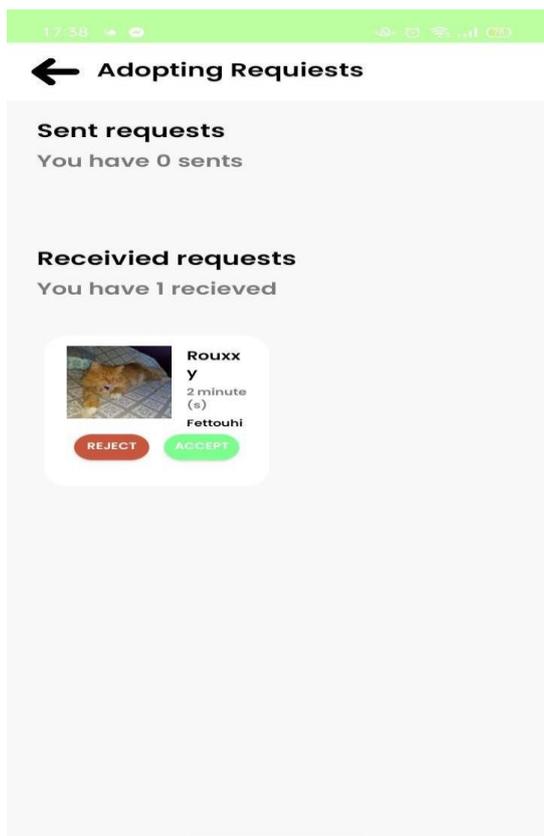


Figure 25 - Interface de validation d'adoption

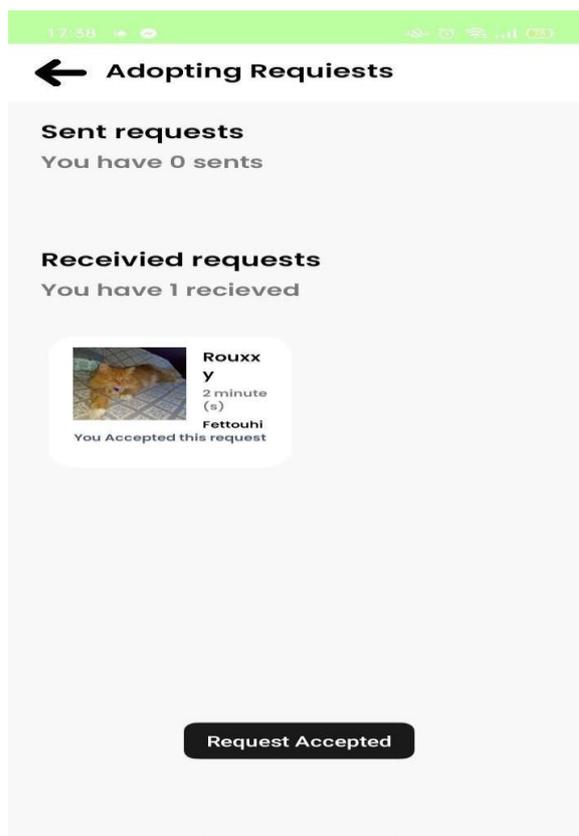


Figure 26- Requête d'adoption dans la base de donnée

La figure 27 illustre la recherche filtrée par race, couleur, genre et âge.

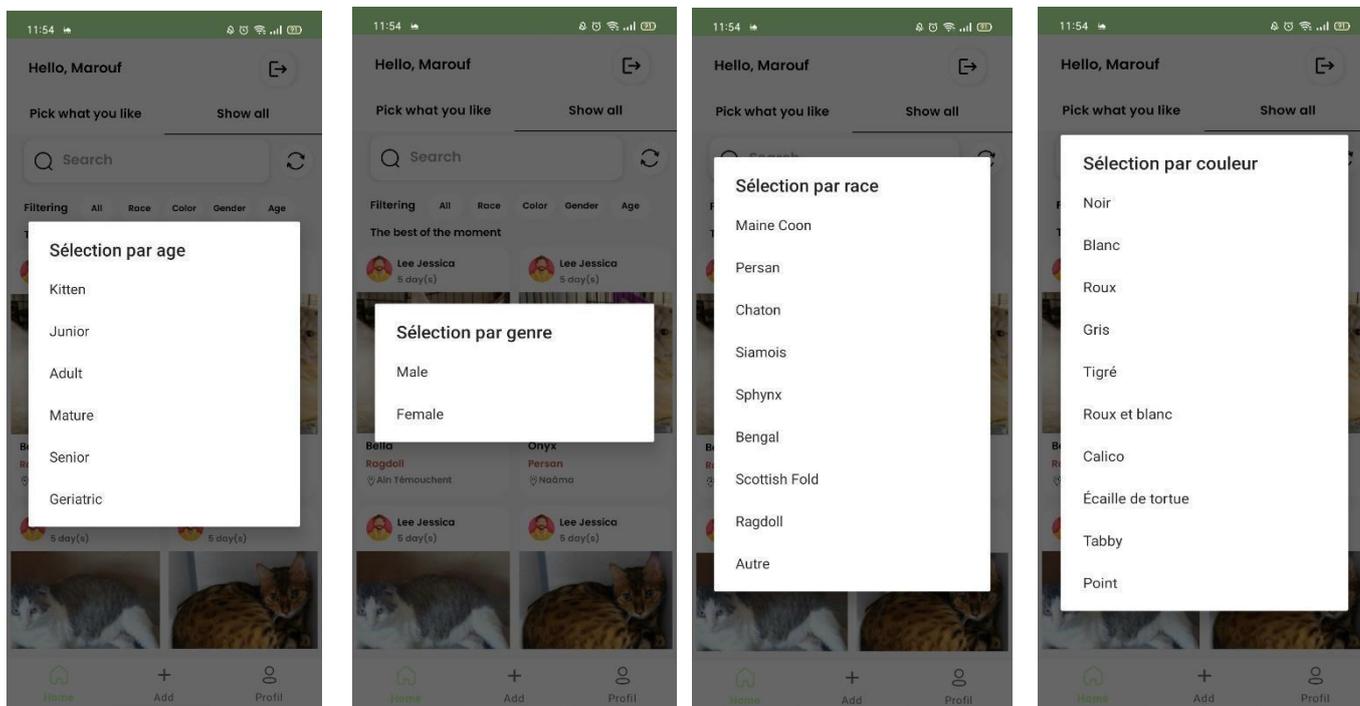


Figure 27 - Interface de recherche filtrée

### 4. Base de données Firebase

La figure 28 illustre les tables dans notre base de données Firebase.



```
users
├── 2R865Tb5q0YDJwW0TiLIQWMfTxd2
└── 9JpOfQSDRwTxmZ9sxEH0ks768z72
    ├── birthdate: "09/Septembre/1998"
    ├── email: "Maroufnawel27@gmail.com"
    ├── firstName: "Nawel"
    ├── gender: "Female"
    ├── id: "9JpOfQSDRwTxmZ9sxEH0ks768z72"
    ├── lastName: "Marouf"
    ├── password: "Nawel23+"
    ├── phoneNumber: "0767562408"
    └── wilaya: "Guelma"
```

```
16864885961289JpOfQSDRwTxmZ9sxEH0ks768z72
├── age: "50"
├── color: "Roux"
├── date: "11/06/2023 14:03:16"
├── extraInformation: "Ce chat pèse 10 kg Il aime jouer avec les gens , il est besoin de compagnie (comme les chiens) et aime jouer à l'extérieur. Si vous avez des enfant"
├── gender: "Male"
├── id: "16864885961289JpOfQSDRwTxmZ9sxEH0ks768z72"
├── name: "Rouxxy"
├── owner: "9JpOfQSDRwTxmZ9sxEH0ks768z72"
├── ownerName: "Nawel Marouf"
├── picURL: "https://firebasestorage.googleapis.com/v0/b/chadope-rl.appspot.com/o/cats%2F16864885961289JpOfQSDRwTxmZ9sxEH0ks768z72.jpg?alt=media&token=..."
├── race: "Maine Coon"
└── wilaya: "M'Sila"
```

*Figure 28 – Base de données Firebase*

## 5. Système de recommandation proposé

### 5.1 Recommandation séquentielle

Nous proposons dans le cadre de ce projet un système de recommandation séquentielle à base d'une mesure d'équité. La recommandation séquentielle consiste à recommander des éléments à des utilisateurs en fonction de leur historique d'interactions. Ces systèmes sont actuellement utilisés dans divers domaines tels que le e-commerce et les réseaux sociaux.

Un exemple connu est YouTube, une plateforme de partage de vidéos qui utilise un système de recommandation séquentiel pour suggérer des vidéos à ses utilisateurs en fonction de leur historique et leurs comportements. [30]

Les systèmes de recommandation séquentielle fournissent des recommandations personnalisées en tenant compte des interactions et des préférences historiques de l'utilisateur au fil du temps. Cela

conduit à des recommandations plus précises et pertinentes adaptées aux utilisateurs individuels. [29]

Les systèmes de recommandation séquentielle encouragent l'exploration de nouvelles options en proposant des recommandations basées sur les actions précédentes de l'utilisateur tout en introduisant une diversité dans les suggestions, ces systèmes peuvent aider les utilisateurs à élargir leurs horizons. Ainsi, les systèmes de recommandation séquentielle peuvent gérer le problème de la saturation, où le même type d'élément est recommandé répétitivement au même utilisateur.

Cependant, peu de travaux ont considéré l'équité dans les systèmes de recommandation séquentielle. Notre proposition dans le cadre de ce projet consiste à définir une mesure d'équité à base de l'interaction de l'utilisateur. Nous décrivons dans ce qui suit le principe du système proposé, l'algorithme de recommandation et son intégration dans notre application Chadope.

### 6. Principe

Le principe de cet algorithme est d'implémenter des recommandations qui soient à la fois pertinentes et « justes », à travers une recommandation séquentielle. C'est-à-dire qu'on va observer les interactions de l'utilisateur avec l'application et adaptera au fur et à mesure nos recommandations. Nous avons désigné un seul attribut protégé : La race. Il est connu que les chats de race représentent un choix très populaire, donc notre classe protégée représente l'ensemble des chats sans race connue. Cela afin d'éviter qu'ils ne finissent pas souvent défavorisés lors de l'adoption.

### 7. Algorithme

Nous avons implémenté l'algorithme de recommandation séquentielle. Cet algorithme suit les étapes suivantes :

- Répéter les étapes suivantes jusqu'à ce que l'utilisateur clique sur « Like » 3 fois :
  - a. Afficher un chat à l'utilisateur.
  - b. Si l'utilisateur clique sur "Skip" :  
Attribuer 1 point au chat. (view)
  - c. Si l'utilisateur clique sur "j'aime" :  
Attribuer 2 points au chat. (view + like)
  
- Créer deux tables : table G+ pour les chats sans race connue et table G- pour les chats avec une race connue.
- Répéter les étapes suivantes pour chaque chat qui a été visualisé et qui a été aimé ou simplement visualisé :
  - a. Si le chat n'a pas de race connue :  
Ajouter le chat à la table G+.
  - b. Si le chat a une race connue :  
Ajouter le chat à la table G-.
- Calculer la moyenne des chats aimés pour chaque table :  
 $Moyenne\ G+ = \text{points } G+ / \text{taille de tableau}$   
 $Moyenne\ G- = \text{points } G- / \text{taille de tableau}$
- Si moyenne G+ > moyenne G- afficher un chat qui correspond aux préférences de l'utilisateur :
  - a. Créer une liste pour stocker les chats ayant un maximum d'attributs similaires aux préférences

## CHAPITRE 4 : IMPLÉMENTATION ET INTÉGRATION DU SYSTÈME de DE RECOMMANDATION

précédentes de l'utilisateur.

b. Afficher recommandation à partir de cette liste.

- Si moyenne  $G+ \leq$  moyenne  $G-$ , afficher une recommandation 50% équitable et 50% pertinente pour l'utilisateur:

a. Créer une liste.

b. Remplir 50% de cette liste avec des chats ayant un maximum d'attributs similaires aux préférences précédentes de l'utilisateur.

c. Remplir les 50% restants de avec des chats sans race connue.

d. Afficher recommandation à partir de cette liste.

La figure 29 représente un organigramme qui résume ces étapes :

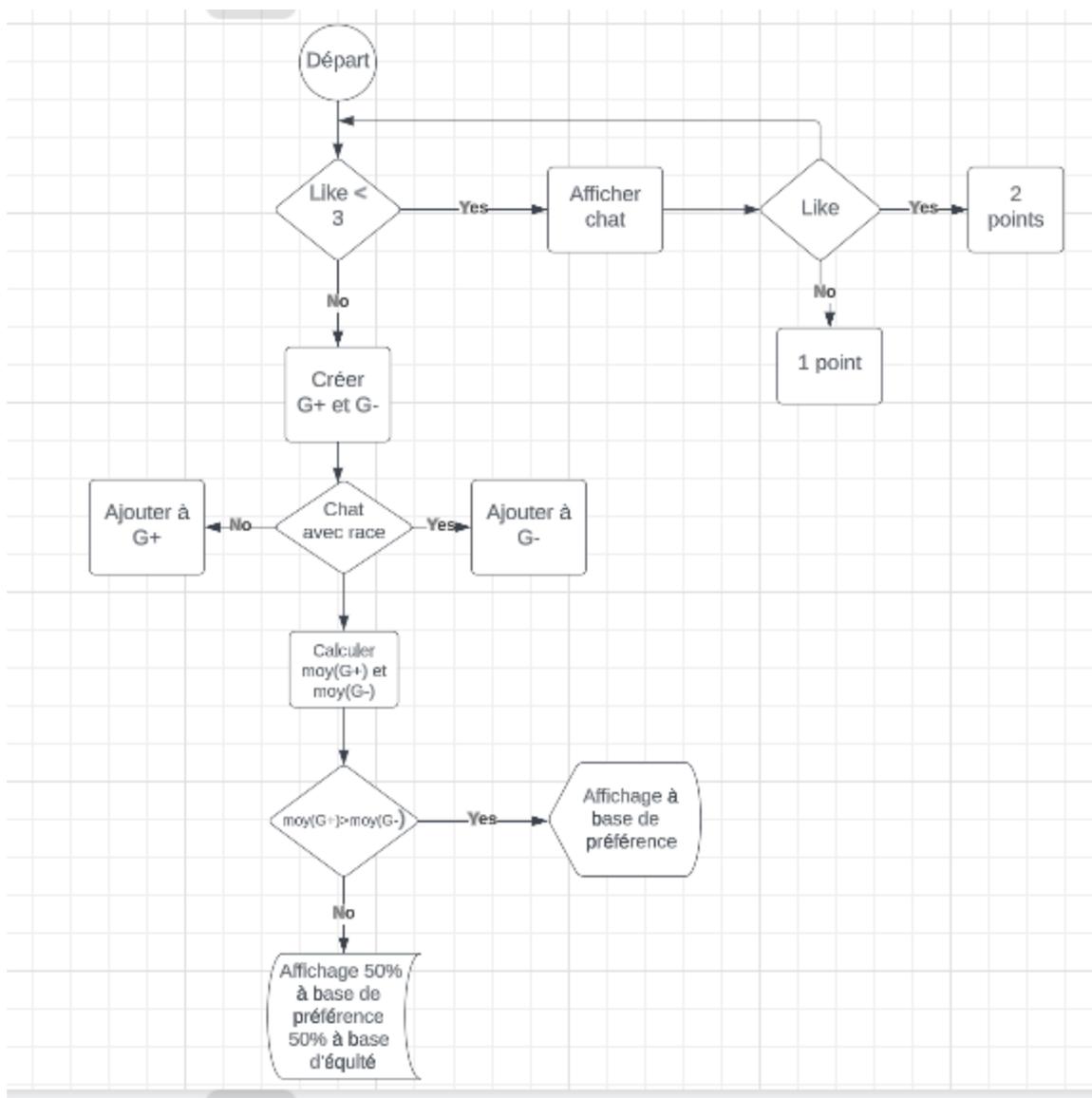


Figure 29– Organigramme

### 8. Exemple de visualisation de recommandation

Dessous, un cas où l'utilisateur aime les trois premiers chats qui sont tous des chats de race. A la fin de cette itération, le quatrième affichage est un chat sans race recommandé par le système. Une nouvelle itération commence à partir de là et on commence à comptabiliser les Like de nouveau. Que l'utilisateur clique sur Skip ou Like, les affichages continueront de se défiler.

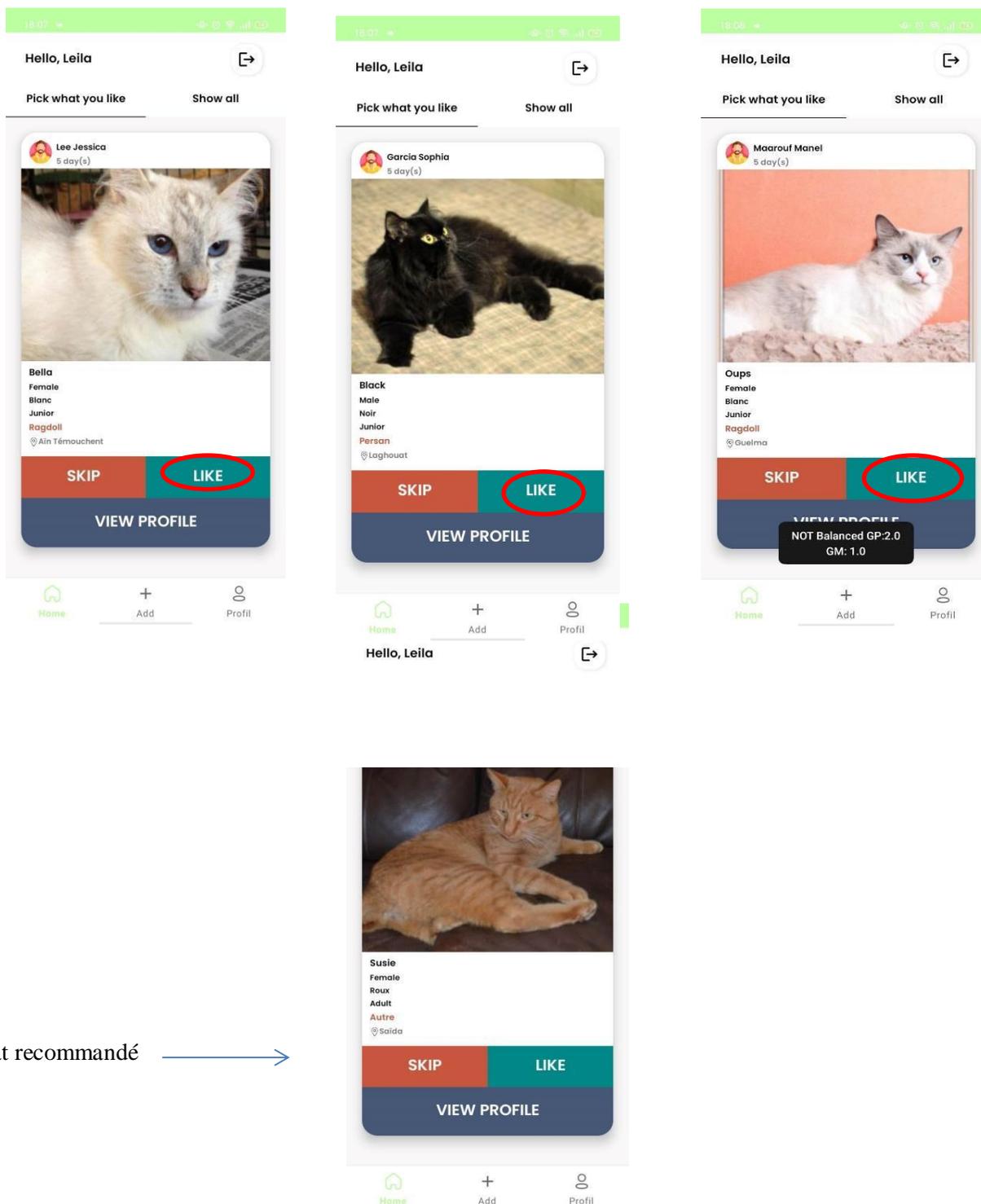


Figure 30– Recommendation

### **9. Conclusion**

Nous avons expliqué dans ce chapitre les outils et les langages de programmation avec lesquels nous avons travaillé sur le côté technique de notre projet. Nous avons également présenté les différentes interfaces de l'application et la base de données utilisée. On présentera dans le chapitre notre proposition de projet qui concerne la partie recommandation ainsi que son principe et son intégration à l'application mobile.

## CONCLUSION GENERALE

Notre objectif scientifique à travers notre projet de Master était d'étudier et analyser les systèmes de recommandation existants ainsi que les différents biais, en particulier l'équité. Pour établir l'équité dans les systèmes de recommandation, différents modèles ont été proposés dans la littérature ainsi que plusieurs approches algorithmiques. Ces modèles et approches dépendent souvent des données utilisées et du contexte de recommandation. Nous nous sommes intéressés plus particulièrement par la recommandation séquentielle qui considère l'interaction en temps réel de l'utilisateur avec une application. L'équité était principalement liée au contenu, pour assurer une "interaction équitable". Nous avons choisi un contexte d'application qui est les applications mobiles pour l'échange de services et biens.

Nous avons proposé plus particulièrement une application mobile Chadope permettant de trouver des animaux à adopter en Algérie en effectuant des recherches filtrées ainsi qu'à travers les recommandations séquentielles faites aux utilisateurs. Les tests initiaux de l'application avec une base de données des animaux existante nous ont permis d'améliorer au fur et à mesure l'algorithme. Cependant, des tests avec des utilisateurs sont à prévoir pour valider l'utilisabilité de l'application. Des comparaisons entre l'algorithme proposé et d'autres algorithmes à base d'équité sont également considérées comme perspectives de ce travail.

Enfin, ce projet nous a permis de mettre en œuvre nos connaissances sur les systèmes de recommandation et d'en acquérir de nouvelles. Il nous a également permis de proposer une nouvelle application au niveau de l'Algérie pour l'adoption des animaux. Nous espérons après le déploiement de cette application que les associations et les centres de refuges en bénéficieront pour faciliter leurs tâches et réduire le coût de prise en charge des animaux sans abri.

## Bibliographie

- [1] Pitoura, E., Stefanidis, K., & Koutrika, G. (2021, Octobre 2). Fairness in rankings and recommendations: an overview. *The VLDB Journal*, pp. 431-458.
- [2] Netflix. (s.d.). How Netflix's Recommendation System Works. Consulté le 4 Novembre, 2022, sur Netflix Help Center: <https://help.netflix.com/en/node/100639>
- [3] Gad, G. (2020, Avril 13). Facebook Recommender System Analysis. Consulté le Novembre 10, 2022, sur Amazon-AWS: <https://rstudio-pubs-static.s3.amazonaws.com/>
- [4] Björklund, G., Bohlin, M., Olander, E., Jansson, J., Walter, C.E., Au-Yong-Oliveira, M. (2022). An Exploratory Study on the Spotify Recommender System. In: Rocha, A., Adeli, H., Dzemyda, G., Moreira, F. (eds) *Information Systems and Technologies. WorldCIST 2022. Lecture Notes in Networks and Systems*, vol 469. Springer, Cham.
- [5] Elsa Negre. Les systèmes de recommandation : une catégorisation. Consulté le 14 Novembre 2022, sur Interstices: <https://interstices.info/les-systemes-de-recommandation-categorisation/>
- [6] P. Brusilovsky, A. Kobsa, and W. Nejdl (Eds.): *The Adaptive Web*, LNCS 4321, pp. 291 – 324, 2007.
- [7] XixiLi, Jia hao Xing, Haihui Wang. Octobre 2017. A Hybrid Recommendation Method Based on Feature for Offline Book Personalization. *Journal of Computers*
- [8] Kinsley Sigmund. 2021. IMPRNT: A CROSS-PLATFORM MOBILE APPLICATION FOR PERSONALITY-BASED PET ADOPTION. A Capstone Project Submitted to the University of North Carolina Wilmington in Partial Fulfillment of the Requirements for the Degree of Master of Science
- [9] Bell S. Campanilla, Jonathan O. Etcuban, Angelbert P. Maghanoy, Pet Andrew P. Nacua, Narcisan S. Galamiton. 2022. Pet Adoption App To Free Animal Shelters. *Journal of Positive School Psychology* 2022, Vol. 6, No. 8, 5993-6006
- [10] EvaggeliaPitoura, Kostas Stefanidis, GéorgieKoutrika. (2021, Octobre 2). Fairness in rankings and recommendations: an overview. *The VLDB Journal*, pp. 431-458.
- [11] Sourabh Mehta. (2022, Juillet 2). Why is the fairness in recommender systems required?. *DEVELOPERS CORNER*
- [12] Calders, T., Verwer, S. (2010): Three Naive Bayes approaches for discrimination-free classification. *Data Min. Knowl. Discov.* 21(2), 277–292
- [13] Bolukbasi, T., Chang, K., Zou, J.Y., Saligrama, V., Kalai, A.T.(2016). Man is to computer programmer as woman is to homemaker? Debiasing word embeddings. In: *Advances in Neural Information Processing Systems 29: Annual Conference on Neural Information Processing Systems*, pp. 4349–4357
- [14] Borges, R., Stefanidis, K.(2019). Enhancing long term fairness in recommendations with variational autoencoders. In: *11th International Conference on Management of Digital EcoSystems, MEDES*, pp. 95–102. ACM
- [15] Burges, C.J.C., Shaked, T., Renshaw, E., Lazier, A., Deeds, M., Hamilton, N., Hullender, G.N.(2005). Learning to rank using gradient descent. In: *Machine Learning, Proceedings of the Twenty-Second International Conference, ACM International Conference Proceeding Series*, vol. 119, pp. 89–96. ACM
- [16] Cao, Z., Qin, T., Liu, T., Tsai, M., Li, H.(2007). Learning to rank: from pairwise approach to listwise approach. In: *Machine Learning, Proceedings of the Twenty-Fourth International Conference, ACM International Conference Proceeding Series*, vol. 227, pp. 129–136. ACM
- [17] Kamiran, F., Calders, T. (2011). Techniques de prétraitement des données pour une classification sans discrimination. *Savoir. Inf. Syst.* 33(1), 1–33
- [18] Lum, K., Johndrow, J.E (2016). A statistical framework for fair predictive algorithms. *CoRR* abs/1610.08077 <http://arxiv.org/abs/1610.08077>
- [19] Rastegarpanah, B., Gummadi, KP, Crovella, M. (2019). Combattre le feu par le feu : utiliser des données d'antidote pour améliorer la polarisation et l'équité des systèmes de recommandation. Dans : *Actes de la douzième ACM International Conference on Web Search and Data Mining, WSDM 2019*, pp.

- [20] Hainmueller, J.(2012).Entropy balancing for causal effects: a multivariate reweighting method to produce balanced samples in observational studies. *Polit. Anal.* 20(1), 25–46
- [21] Liang, D., Krishnan, RG, Hoffman, MD, Jebara, T. (2018).auto-encodeurs variationnels pour le filtrage collaboratif. Dans : Actes de la conférence World Wide Web 2018 sur le World Wide Web, WWW 2018, pp. 689–698. ACM
- [22] Zemel, RS, Wu, Y., Swersky, K., Pitassi, T., Dwork, C. (2013). Apprentissage des représentations équitables. Dans : Actes de la 30e Conférence internationale sur l'apprentissage automatique, ICML 2013, JMLR Workshop and Conference Proceedings, vol. 28, p. 325–333. JMLR.org
- [23] Asudeh, A., Jagadish, H.V., Stoyanovich, J., Das, G. (2019). Designing fair ranking schemes. In: Proceedings of the 2019 International Conference on Management of Data, SIGMOD Conference 2019, pp. 1259–1276. ACM
- [24] Lucidchart. Consulté le 11 Juin, 2023, sur Wikipedia: <https://en.wikipedia.org/wiki/Lucidchart>
- [25] Android Studio. Consulté le 12 Janvier 2023 sur Android : <https://androidayuda.com/fr/android-studio/>
- [26] Firebase. Consulté le 10 Juin 2023 sur Boryl : <https://www.boryl.fr/glossaire/firebase/>
- [27] Qu'est-ce que Java ? Consulté le 5 Juin 2023 sur Amazon : <https://aws.amazon.com/fr/what-is/java/>
- [28] Qu'est-ce que XML ? Consulté le 5 Juin 2023 sur Amazon : <https://aws.amazon.com/fr/what-is/xml/#>
- [29] Hidasi, B., Karatzoglou, A., Baltrunas, L., & Tikk, D. (2016). Session-based recommendations with recurrent neural networks. arXiv preprint arXiv:1511.06939.
- [30] Covington, P., Adams, J., & Sargin, E. (2016). Deep Neural Networks for YouTube Recommendations. In Proceedings of the 10th ACM Conference on Recommender Systems (pp. 191-198).