



Université Djillali Liabes de Sidi Bel Abbès  
Faculté des Sciences Exactes

## THÈSE

En vue d'obtenir le titre de

Doctorat 3ème cycle LMD

Option : INFORMATIQUE

Présentée et soutenue par

**ABDERRAHIM NAZIHA**

## Contribution des réseaux sociaux dans l'ingénierie des services Web

le jury est composé de :

- Président :* PR. ELBERRICHI ZAKARIA - Université de Sidi Bel Abbès, Algérie.
- Directeur :* PR. BENSLIMANE SIDI MOHAMED - Ecole Supérieure en Informatique, Sidi Bel Abbès, Algérie.
- Examineurs :* PR. ADLA ABDELKADER - Université d'Oran I, Algérie.
- DR. DIDI FEDOUA - Université de Tlemcen, Algérie.
- DR. AMAR BENSABER DJAMEL - Université de Sidi Bel Abbès, Algérie.
- DR. HAMOU MOHAMED RÉDA - Université de Saida, Algérie.
- Invité :* PR. MALKI MIMOUN - Ecole Supérieure en Informatique, Sidi Bel Abbès, Algérie.

---

# Dédicace

A ma chère famille et mes proches.

---

# Remerciements

Je voudrais exprimer mes sentiments les plus spontanés envers les personnes qui sans lesquelles ce travail de thèse n'aurait pas pu voir le jour. Leur aide, accompagnement et soutien m'ont été indispensables afin de pouvoir aboutir aux contributions de ma thèse.

Je voudrais tout d'abord exprimer ma reconnaissance envers tous les membres du jury pour la grande attention qu'ils ont bien voulu porter à mon travail.

Je suis très reconnaissante à mon directeur de thèse **Pr. BENSLIMANE Sidi Mohamed**, qui m'a encadré et dirigé dans mes recherches tout au long de ces années. Je lui dis ma gratitude pour l'aide compétente qu'ils ma apportée et pour ses encouragements.

Je remercie ma famille pour son soutien, son écoute et ses encouragements tout au long de cette thèse. Mes parents, pour les sacrifices qu'ils ont faits en faveur de mon éducation et sans qui je n'aurais pas pu réaliser cette thèse, mes sœurs, mon frère et mon fiancé pour leurs encouragement.

Je remercie les membres de l'équipe SOC pour toutes les discussions intéressantes et enrichissantes que nous avons eues, ainsi que pour leur sympathie.

Merci à tous ceux qui, de prêt ou de loin, ont contribué à l'élaboration de cette thèse.

---

# Résumé

Les services web sont de plus en plus utilisés lors du développement des applications web. Une des plus grandes difficultés de ce type de développement, qui va s'accroître avec l'augmentation du nombre et de la variété des services web disponibles en ligne, réside dans la découverte de services web adéquats. Les systèmes de recommandation aident les utilisateurs à trouver le service Web approprié en se basant sur les expériences précédentes des pairs qui ont utilisé ces services Web. Cependant, avec la prolifération des services Web, la recommandation est devenue une tâche complexe. L'analyse des réseaux sociaux semblent offrir des solutions innovatrices pour améliorer la qualité des recommandations. L'analyse des réseaux sociaux est à l'intersection entre les disciplines de l'informatique et des sciences sociales, en regardant dans la manière d'améliorer la conception et le développement d'application en utilisant les éléments que les gens rencontrent quotidiennement telles que la collaboration, la compétition et la confiance. Dans ce travail de thèse, nous proposons un système de recommandation des services Web à base de confiance, en se basant, d'une part, sur les qualités sociales des services Web qu'ils montrent envers d'autres pairs lors d'exécution, et d'une autre part, sur la confiance entre les utilisateurs qui fournissent un feedback sur leur expérience en utilisant des services Web. Plusieurs expérimentations ont été menées pour évaluer la fiabilité et la performance du système proposé, montrant des résultats prometteurs.

---

# Abstract

Web services are more and more used during the development of Web application. One of the greatest difficulties of this type of development, which will increase with the increase in the number and the variety of Web services available on line, resides in the discovery of adequate Web services. Recommender systems help users find relevant Web service based on peers' previous experiences dealing with Web services (WSs). However, with the proliferation of WSs, recommendation has become a complex task. Social computing seems offering innovative solutions to improve the quality of recommendations. Social computing is at the crossroad of computer sciences and social sciences disciplines by looking into ways of improving application design and development using elements that people encounter daily such as collaboration, competition and trust. In this thesis, we propose a social trust-aware system for recommending WS based on social qualities of WSs that they exhibit towards peers at run-time, and trustworthiness of the users who provide feedback on their overall experience using WSs. Several experiments to assess the fairness and accuracy of the proposed system are reported, showing promising results.

---

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Introduction générale . . . . .</b>	<b>2</b>
1.1	Contexte . . . . .	2
1.2	Motivation . . . . .	3
1.3	Problématique . . . . .	4
1.4	Contribution . . . . .	5
1.5	Plan du manuscrit . . . . .	7
<b>2</b>	<b>Le Développement orienté Service et l'ingénierie sociale . . . . .</b>	<b>8</b>
2.1	Introduction . . . . .	8
2.2	Les services Web . . . . .	9
2.2.1	Architecture Orientée Service (SOA) . . . . .	9
2.2.2	Les Services Web : Vue d'ensemble . . . . .	10
2.2.3	La qualité des services Web (QoS) . . . . .	26
2.3	L'ingénierie sociale (Social Computing) . . . . .	33
2.3.1	Les réseaux sociaux . . . . .	35
2.3.2	Profil et communauté . . . . .	41
2.3.3	La confiance dans les réseaux sociaux . . . . .	44
2.4	Les services Web sociaux . . . . .	51

---

2.4.1	Le modèle social des services Web . . . . .	51
2.4.2	Types de relations sociales . . . . .	52
2.4.3	Les réseaux sociaux des services Web . . . . .	53
2.4.4	Les qualités sociales de services Web . . . . .	57
2.5	Conclusion . . . . .	58
<b>3</b>	<b>Les systèmes de recommandation . . . . .</b>	<b>59</b>
3.1	Introduction . . . . .	59
3.2	Architecture du système de recommandation . . . . .	61
3.2.1	La collecte d'information . . . . .	61
3.2.2	Le modèle Utilisateur . . . . .	64
3.2.3	Liste de recommandations . . . . .	64
3.3	Techniques de recommandation . . . . .	65
3.3.1	Le filtrage collaboratif . . . . .	65
3.3.2	Le filtrage basé sur le contenu . . . . .	72
3.3.3	Filtrage contextuel . . . . .	73
3.3.4	Filtrage démographique . . . . .	73
3.3.5	Filtrage à base de données communautaire . . . . .	74
3.3.6	Filtrage basé sur la sémantique . . . . .	75
3.3.7	Filtrage basé sur la confiance . . . . .	76
3.3.8	Filtrage à base de connaissance . . . . .	77
3.3.9	Filtrage hybride . . . . .	78

---

3.4	Classification des systèmes de recommandation . . . . .	80
3.5	Forces et faiblesses des systèmes de recommandations . . . . .	81
3.6	Évaluation des systèmes de recommandation . . . . .	84
3.7	Conclusion . . . . .	88
<b>4</b>	<b>Ingénierie des services Web Sociaux : état de l'art . . . . .</b>	<b>89</b>
4.1	Introduction . . . . .	89
4.2	Ingénierie des services Web à base des réseaux sociaux . . . . .	89
4.2.1	Découverte des services Web . . . . .	89
4.2.2	Sélection des services Web . . . . .	92
4.2.3	Composition des services Web . . . . .	94
4.2.4	Tableau comparatif . . . . .	98
4.3	Recommandation des services Web . . . . .	98
4.3.1	Les systèmes de recommandation de service Web . . . . .	99
4.3.2	Tableau comparatif . . . . .	101
4.3.3	Synthèse . . . . .	102
4.4	Conclusion . . . . .	103
<b>5</b>	<b>STRESS : Système de recommandation de services Web à base de confiance sociale . . . . .</b>	<b>104</b>
5.1	Introduction . . . . .	104
5.2	Présentation de l'approche . . . . .	104
5.2.1	Découverte des relations sociales . . . . .	105



---

5.2.2	Relation utilisateur-utilisateur . . . . .	106
5.2.3	Dérivation du réseau social de confiance . . . . .	111
5.2.4	Recommandation des services Web à base de confiance . . . . .	113
5.3	Implémentation et Expérimentation . . . . .	116
5.3.1	Collection de données . . . . .	117
5.3.2	Impacte des SQoS sur la recommandation des services Web . . . . .	118
5.3.3	Impact de chacune des SQoS sur la recommandation des services Web . . . . .	122
5.3.4	Impact de la qualité de confiance de l'utilisateur sur la recom- mandation des services Web . . . . .	123
5.3.5	Impact des techniques du filtrage collaboratif sur la recomman- dation des services Web . . . . .	125
5.3.6	Analyse de performance . . . . .	126
5.3.7	Évaluation de la qualité des top-k services Web sélectionné en utilisant DCG . . . . .	128
5.4	Conclusion . . . . .	130
<b>6</b>	<b>Conclusion Générale et perspectives . . . . .</b>	<b>132</b>
6.1	Conclusion . . . . .	132
6.2	Perspectives . . . . .	133
<b>A</b>	<b>Fichiers sources . . . . .</b>	<b>135</b>
A.1	Liste des utilisateurs (339 utilisateurs) . . . . .	135
A.2	Liste des services Web (5825 services Web) . . . . .	136

---

A.3	Les interactions de l'utilisateur "12.108.127.136" (10,000 invocations) .	136
A.4	Interaction user/Web service (142 utilisateurs qui ont invoqué 4532 services Web) . . . . .	137

---

# Table des figures

2.1	Modèle de base des services Web. . . . .	15
2.2	Structure de l'enveloppe SOAP. . . . .	16
2.3	Entités composant un annuaire UDDI. . . . .	20
2.4	Hiérarchie de concepts de QoS [Vogel et al., 1995]. . . . .	27
2.5	La classification des attributs de QoS [Dobson et al., 2005]. . . . .	30
2.6	Attribut de QoS de WSQDL. . . . .	33
2.7	Réseau démontrant la théorie des six degrés de séparation. . . . .	37
2.8	Une proposition de classement des applications Web 2.0 [Girard and Fallery, 2010]. . . . .	41
2.9	Exemple de communauté. . . . .	43
2.10	Définitions de la confiance selon [Sherchan et al., 2013]. . . . .	45
2.11	Représentation générale du modèle social de services Web [Maamar et al., 2011b]. . . . .	52
2.12	Réseau social de compétition de services Web [Maamar et al., 2011c]. . . . .	55
2.13	Réseau social de collaboration de services Web [Maamar et al., 2011c]. . . . .	56
2.14	Réseau social de supervision [Maamar et al., 2011c]. . . . .	57
3.1	Principe général du filtrage collaboratif. . . . .	66

---

3.2	Principales classifications des systèmes de recommandations. . . . .	80
4.1	Architecture de communauté des services Web [Maamar, 2011]. . . . .	91
4.2	Composeur, exécuteur et moniteur en actions [Maamar et al., 2012c]. . .	96
5.1	Système à base de confiance sociale pour la recommandation des services Web. . . . .	105
5.2	Interface principale de STRESS. . . . .	116
5.3	Impact des SQoS et la QoS sur la recommandation des services Web. . .	121
5.4	Impact de chacune des SQoS sur la recommandation des services Web. . .	123
5.5	Impact de la qualité de confiance de l'utilisateur sur la recommandation des services Web. . . . .	124
5.6	Impact des techniques du filtrage collaboratif sur la recommandation des services Web. . . . .	126
5.7	Evaluation de STRESS basé sur MAE. . . . .	128
5.8	Evaluation de STRESS basé sur RMSE. . . . .	128
5.9	Valeurs de $DCG_{Tr}$ des top-k en se basant sur les techniques du filtrage collaboratif. . . . .	129
5.10	Valeurs de $DCG_{Tr}$ des top-k en se basant sur SQoS et/ou QoS. . . . .	130

---

# Liste des tableaux

2.1	Le modèle de QoS des services web proposé par Araban et Sterling [Araban and Sterling, 2004]. . . . .	29
2.2	Types de relations entre services Web. . . . .	53
3.1	Avantages et Inconvénients de la collecte explicite et implicite. . . . .	63
3.2	Les avantages et les inconvénients des techniques de recommandations. . . . .	83
3.3	Les attributs qualitatifs pour évaluer la qualité d'un système de recommandation. . . . .	88
5.1	Exemples d'interactions. . . . .	117
5.2	Top-k des services Web recommandés à l'utilisateur "12.108.127.136" triés selon la valeur de confiance pour $\lambda = 0$ . . . . .	119
5.3	Top-k des services Web recommandés à l'utilisateur "12.108.127.136" triés selon la valeur de confiance pour $\lambda = 0.5$ . . . . .	120
5.4	Top-k des services Web recommandés à l'utilisateur "12.108.127.136" triés selon la valeur de confiance pour $\lambda = 1$ . . . . .	121
5.5	Comparaison de la valeur de confiance en se basant sur les SQoS. . . . .	122
5.6	Les valeurs de la qualité de confiance de l'utilisateur. . . . .	124
5.7	Comparaison entre les valeurs de confiance pour $\epsilon = 1$ , $\epsilon = 0.5$ et $\epsilon = 0$ . . . . .	125
5.8	Évaluation de la performance de prédiction de STRESS. . . . .	127

---

# CHAPITRE 1

## Introduction générale

### 1.1 Contexte

L'accès aux systèmes d'information s'appuie aujourd'hui de plus en plus sur des technologies Internet. Les efforts de standardisation dans ce contexte ont accentué l'engouement des personnes et des organisations (aussi bien académiques, qu'industrielles, commerciales, ou institutionnelles) pour l'utilisation de l'Internet et ont permis l'émergence des services Web comme support de développement des applications accessibles par Internet. Ainsi, les technologies associées aux services Web sont devenues incontournables pour le développement d'applications interagissant les unes avec les autres par le biais de l'Internet.

Les services Web sont la réalisation la plus importante d'une architecture SOA. Ce sont des applications auto descriptives, modulaires et faiblement couplées fournissant un modèle simple de programmation et de déploiement d'applications. Ils reposent principalement sur des technologies basées sur SOAP pour la structure et le contenu de messages échangés entre services, WSDL pour la description des services, UDDI pour la découverte des services et BPEL pour leur composition. Ils permettent l'interopérabilité entre les utilisateurs d'applications à travers le Web. Cette interopérabilité est possible du fait que les services Web reposent sur l'architecture SOA.

Cette dernière est caractérisée par son couplage faible, son indépendance par

rapport aux plateformes, et sa grande capacité d'intégration et de réutilisation.

Le couplage faible signifie que la dépendance entre les entités est très réduite, et ceci permet une large capacité de réutilisation et d'intégration de ces composants.

Les services web possèdent un cycle de vie qui ramifie le modèle d'interaction de l'architecture SOA et en particulier l'étape de consultation de service. A savoir la phase de description du service Web, la phase de découverte qui cherche les services Web adéquats à une requête, et la phase de sélection qui permet de choisir le service Web recherché.

Avec l'apparition du Web 2.0 qui a été marqué non seulement par le nombre important des services Web, mais aussi par le social computing (ingénierie sociale) qui est devenu un sujet de discussion très important. Certaines applications sociales bien connues comme FaceBook et Twitter ont exemplifié la réussite du Web 2.0.

L'ingénierie social (social computing) est un nouveau paradigme de calcul naissant qui implique une approche multidisciplinaire en analysant et en modélant des comportements sociaux sur différents médias et des plateformes dans le but de produire des applications intelligentes. Les domaines multidisciplinaires inclut la sociologie, la psychologie sociale, la théorie d'organisation, la théorie de communication, l'interaction humain-ordinateur (HCI) [King et al., 2009], etc.

## **1.2 Motivation**

Avec la popularité croissante des réseaux sociaux sur le Web comme LinkedIn, Facebook, Orkut et Twitter, il y a un grand potentiel pour déterminer la valeur de la confiance d'un fournisseur de service Web en utilisant l'analyse des réseaux sociaux.

La croissance exponentielle du Web social à la fois présente des possibilités et pose des défis pour la recherche en système de recommandation. Les utilisateurs du Web ne sont plus simplement les consommateurs d'informations mais ils sont devenus les contributeurs actifs qui génèrent de gros volumes de données en ligne. Les systèmes sociaux encouragent les interactions entre les participants du Web et donc créent des nouvelles sources d'informations pour la recommandation.

### **1.3 Problématique**

Avec l'avènement de la technologie des services Web, la conception d'applications informatiques repose, de plus en plus, sur l'utilisation des services Web existants. Ainsi choisir les services Web adéquats pour l'application en cours de conception n'est pas une chose aisée. Ceci nécessite en effet de trouver les services Web qui satisfont les besoins fonctionnels de l'application en cours de développement et qui, autant que possible, respectent les autres besoins (besoins non fonctionnels) et en particulier le niveau de qualifié requis.

Les systèmes de recommandation ont été introduits comme une technique intelligente pour faire le filtrage d'informations afin de présenter les éléments d'information qui sont susceptibles d'intéresser l'utilisateur. Ils peuvent être utilisés pour fournir efficacement des services personnalisés dans la plupart des domaines de commerce électronique, en tant que client ou commerçant. Les systèmes de recommandation sont bénéfiques pour le client en lui faisant des suggestions sur les produits susceptibles d'être appréciés. En même temps, l'entreprise va bénéficier de l'augmentation des ventes qui se produit normalement quand on présente au client plus d'articles susceptibles d'être aimés [Margaritis and Vozalis, 2003].



Cependant, Les systèmes de recommandation restent encore trop inhumains. Pour devenir plus humanisés on a besoin d'intégrer l'analyse des aspects sociaux. La littérature récente nous montre que l'utilisateur a encore la sensation de ne pas obtenir les résultats attendus. Pour essayer de comprendre ces défaillances il faut prendre en compte les aspects sociaux.

## 1.4 Contribution

Dans cette thèse, nous proposons un système de recommandation de services Web qui repose sur un algorithme hybride et original qui combine le filtrage collaboratif basé utilisateur avec le filtrage basé Web services, amélioré par l'analyse des réseaux sociaux des utilisateurs et des services Web, afin de produire les meilleures recommandations et adéquates aux besoins de l'utilisateur.

L'objectif de notre approche est d'améliorer la qualité de recommandation des Systèmes de Recommandation de services Web en se basant non seulement sur une hybridation des techniques de filtrage collaboratif mais aussi sur le degré de confiance de chaque service Web retourné par le système de recommandation. Nos principales contributions sont comme suit :

- Découverte des relations sociales service web/service web, utilisateur/utilisateur, et utilisateur/service web à partir des interactions qui existent entre le réseau social des utilisateurs et celui des services Web. Pour la relation service web/service web, nous proposons d'améliorer le calcul de similarité des services Web en considérant en plus des qualités de service (QoS), les qualités sociales des services Web (SQoS) identifiées préalablement par l'analyse du réseau social de services Web. Pour la relation utilisateur-utilisateur, nous proposons d'améliorer la qualité de confiance entre deux utilisateurs, en combinant : la qualité de leurs relations sociales identifiées par l'analyse du réseau social d'utilisateurs, et la qualité de

leurs précédentes recommandations. Enfin, pour la relation utilisateur/web service, nous évaluons les opinions que les utilisateurs ont fourni sur les services Web. Pour cela, nous mesurons la perception de l'utilisateur en termes de préférences personnelles sur des qualités multiples des services Web comprenant les QoS et les SQoS du service Web.

- Dérivation du réseau social de confiance des utilisateurs en utilisant le coefficient de corrélation de Pearson (PCC) pour calculer la similarité entre les utilisateurs en se basant sur : (i) les relations utilisateur-utilisateur, et (ii) les opinions que les utilisateurs ont fourni sur les services Web qu'ils ont co-invoqué.
- Dérivation du réseau social de confiance des services web en utilisant le coefficient de corrélation de Pearson (PCC) pour calculer la similarité entre les services web en se basant sur : (i) les relations service Web-service Web, et (ii) les préférences personnalisés des utilisateurs sur les QoS et les SQoS des services web qu'ils ont co-invoqué.
- Proposition d'un algorithme de recommandation de services Web à base de confiance. L'algorithme combine le filtrage collaboratif à base d'utilisateur et celui à base de services Web pour calculer la valeur de confiance d'un point de vue utilisateur et service Web. Les top-k services Web triés selon leurs valeurs de confiance seront recommandés à l'utilisateur.
- Développement d'un prototype pour l'évaluation et la validation expérimentale du Framework que nous avons proposé et nommé STRESS. La série de tests que nous avons effectué sur la base expérimentale WS-DREAM, concernée la vérification de l'impact de la qualité de confiance de l'utilisateur ainsi que la SQoS sur la recommandation des services Web. Nous avons employé deux métriques prédictives MAE et RMSE pour évaluer la performance de prédiction de STRESS.

## 1.5 Plan du manuscrit

En plus d'une introduction et une conclusion générale, ce manuscrit est organisé comme suit :

Dans le chapitre 2, nous présentons d'abord les concepts de base de l'architecture orientée services, ainsi que son modèle à travers les différents standards sous-jacents : SOAP, WSDL et UDDI. En suite, nous présentons les principes fondamentaux du paradigme ingénierie sociale et son application aux services Web. Aussi, nous détaillons les notions de qualité sociale et de confiance qui sont des facteurs importants pour notre système de recommandation.

Dans le chapitre 3 nous introduisons les systèmes de recommandation, en particulier nous détaillons l'architecture des systèmes de recommandation, les différentes techniques de recommandation ainsi que leur évaluation.

Le Chapitre 4 est consacré à l'état de l'art des travaux connexes qui nous ont permis de positionner notre approche par rapport à ce qui existe dans la littérature.

La première partie du chapitre 5 décrit les différentes phases de notre approche, et ce en présentant tous les éléments qui nous ont permis d'aboutir à notre système de recommandation de services Web basé sur la confiance, dans le but de résoudre le problème de sélection du service Web adéquat parmi tant d'autres. La seconde partie présente le prototype de test que nous avons développé et nommé STRESS pour le test du système de recommandation proposé. Cette partie expose aussi une série d'expérimentations que nous avons réalisé, afin de valider notre approche.

---

## CHAPITRE 2

# Le Développement orienté Service et l'ingénierie sociale

### 2.1 Introduction

L'accès aux systèmes d'information s'appuie aujourd'hui de plus en plus sur les technologies d'Internet. Les efforts de standardisation dans ce contexte ont accentué l'engouement des personnes et des organisations (aussi bien académiques, qu'industrielles, commerciales, ou institutionnelles) pour l'utilisation de l'Internet et ont permis l'émergence des services Web comme support de développement des applications accessibles par Internet. Ainsi, les technologies associées aux services Web sont devenues incontournables pour le développement d'applications interagissant les unes avec les autres par le biais d'Internet.

Ces dernières années ont vu l'émergence d'architectures logicielles fondées sur les services Web qui visent à mettre en place des processus métiers performants ainsi que des systèmes d'information constitués de services applicatifs indépendants et inter-connectés. Ces architectures sont connues sous le nom d'architectures Orientées Services (SOA). Elles facilitent l'exposition, l'interconnexion et la réutilisation d'applications à base de services Web. Ainsi, de nouveaux services Web peuvent être créés à partir d'une infrastructure informatique de systèmes déjà existante. Ces services Web peuvent être utilisés par des processus métiers ou par des clients dans différentes

applications.

Dans ce chapitre, nous introduisons le concept de "Service Web", ainsi que son modèle au travers des différents standards sous-jacents : SOAP, WSDL et UDDI.

## **2.2 Les services Web**

### **2.2.1 Architecture Orientée Service (SOA)**

L'architecture orienté service est une approche architecturale permettant la création des systèmes basés sur une collection de services développés dans différents langages de programmation, hébergés sur différentes plates-formes avec divers modèles de sécurité et processus métier [Benhalima, 2009].

L'idée maitresse de l'architecture orientée service est que tout élément du système d'information doit devenir un service identifiable, documenté, fiable, indépendant des autres services, accessible, et réalisant un ensemble de tâches parfaitement définies. SOA est axée autour de trois concepts fondamentaux, à savoir, le fournisseur de services, le client de services, et l'annuaire de publication [Justin et al., 2002].

L'architecture orientée service est apparue pour pallier les limites des architectures distribuées. Cette architecture n'est pas simplement une mode, elle se place plutôt dans la continuité logique des multiples tentatives de distribution de traitements, de répartition de données, d'intégration d'applications, d'homogénéisation du système d'informations, etc. [Benhalima, 2009].

Beaucoup considèrent que la première SOA est apparue avec l'utilisation de DCOM<sup>1</sup> ou ORB<sup>2</sup> basés sur les spécifications de CORBA<sup>3</sup>. La principale différence entre SOA et les autres architectures distribuées, telles que CORBA, est le faible couplage des services par l'expression des interactions entre les services. En effet, le point de départ des spécifications SOA a été le besoin croissant de sélectionner et d'intégrer, au fil de l'eau, des services hétérogènes et inter-organisationnels, aussi bien à travers le web qu'au sein d'environnements intelligents et pervasifs.

Toutefois, là où CORBA se concentre sur les objets pour créer un environnement de programmation distribué, SOA se focalise sur les documents et l'interopérabilité des processus métiers entre partenaires et consommateurs à travers l'Internet moyennant des transactions à long terme (et pas seulement des transactions à court terme). L'adoption de la SOA a été grandement facilitée par l'émergence opportune de la technologie des services web et leurs standards bien définis [Benhalima, 2009].

### **2.2.2 Les Services Web : Vue d'ensemble**

Comme suite logique au succès des architectures orientées services au cours de ces dernières années, un nombre important de services Web est disponible en ligne. Avec cette augmentation, plusieurs problèmes ont été soulevés, notamment liées à la sélection, la disponibilité, la qualité de services, etc.

Nous proposons dans cette section de faire un point sur le sujet des services Web. L'objectif de cette section est de traiter des aspects conceptuels de la modélisation des services Web aussi bien que des aspects liés à leur implantation.

---

1. DCOM pour Distributed Component Object Model.  
2. ORB pour Object Request Brokers.  
3. CORBA pour Common Object Request Broker Architecture.

### **Définition des services Web**

Le Web est de plus en plus le support privilégié des applications. Les Services Web constituent le développement ultime dans ce domaine. Les services Web ont été proposés initialement par IBM et Microsoft, puis en partie standardisés par le consortium du World Wide Web : le W3C<sup>4</sup>.

Un service web est concrètement un ensemble de fonctionnalités exposées sur un réseau. Ces fonctionnalités sont bien délimitées, auto-contenues et ne dépendent ni du contexte ni de l'état d'autres services. Cependant, il existe plusieurs définitions pour le Service Web. Nous citons quelques-unes :

**Définition 1** Le consortium W3C définit un Service Web comme étant une application, ou un composant logiciel qui vérifie les propriétés suivantes :

- Il est identifié par un URI ;
- Ses interfaces et ses liens peuvent être décrits en XML ;
- Sa définition peut être découverte par d'autres Services Web ;
- Il peut interagir directement avec d'autres Services Web à travers le langage XML en utilisant des protocoles Internet standards.

**Définition 2** Un Service Web est une application accessible à partir du Web. Il utilise les protocoles Internet pour communiquer et un langage standard pour décrire son interface [Melliti, 2004].

---

4. Le World Wide Web Consortium, abrégé W3C, est un consortium fondé en octobre 1994, par Tim Berners Lee, pour promouvoir la compatibilité des technologies du World Wide Web telles que HTML, XHTML, XML, CSS, PNG, SVG et SOAP. Le W3C n'émet pas des normes, mais des recommandations.

**Définition 3** Selon [Papazoglou, 2003] : Les services Web sont des éléments auto-descriptifs et indépendants des plateformes qui permettent la composition à faible cout d'applications distribuées. Les services Web effectuent des fonctions allant de simples requêtes à des processus métiers complexes. Les services Web permettent aux organisations d'exposer leurs programmes résultats sur Internet (ou sur un intranet) en utilisant des langages (basés sur XML) et des protocoles standardisés et de les mettre en œuvre via une interface auto-descriptive basée sur des formats standardisés et ouverts".

Techniquement, un service Web est donc une entité logicielle offrant une ou plusieurs fonctionnalités allant des plus simples aux plus complexes. Ces entités sont publiées, découvertes et invoquées à travers le Web grâce à l'utilisation d'Internet comme infrastructure de communication ainsi que de formats de données standardisés comme XML.

L'infrastructure des services web s'est concrétisée autour de trois spécifications considérées comme des standards, à savoir SOAP, UDDI et WSDL. Nous les détaillerons dans les sections suivantes.

### Objectifs des services Web

L'approche de service Web vise essentiellement trois objectifs fondamentaux expliquant son grand succès :

Permettre **l'interopérabilité** à des applications écrites dans des langages de programmation différents et s'exécutant sur des plateformes différentes de communiquer entre elles. En manipulant différents standards que ce soit XML ou les protocoles d'Internet, les services Web garantissent un haut niveau d'interopérabilité des applications et ceci indépendamment des plateformes sur lesquelles elles sont déployées et des langages de programmation dans lesquels elles sont écrites.



Permettre le **couplage faible** des applications (évolution indépendante) et leur coopération via des interfaces de haut niveau d'abstraction (services globaux). Le couplage est une métrique indiquant le niveau d'interaction entre deux ou plusieurs composants logiciels. Deux composants sont dits couplés s'ils échangent de l'information. Nous parlons de couplage fort si les composants échangent beaucoup d'information et de couplage faible dans le cas contraire. Vu que la communication avec les services Web est réalisée via des messages décrits par le standard XML caractérisé par sa généralité et son haut niveau d'abstraction, les services Web permettent la coopération d'applications tout en garantissant un faible taux de couplage. Par conséquent, il est possible de modifier un service sans briser sa compatibilité avec les autres services composant l'application.

**La réutilisation** permet de réduire les coûts de développement en réutilisant des composants déjà existants. Dans le cas de l'approche service Web, l'objectif de la séparation des opérations en services autonomes est en effet pour promouvoir leur réutilisation.

### Cycle de vie d'un service Web

Le cycle de vie d'un service Web se décompose en quatre étapes successives :

**Déploiement** : le fournisseur de services déploie le service Web sur un serveur et génère une description du service (WSDL). Cette description précise les opérations disponibles et comment les invoquer.

**Publication** : le fournisseur expose son service Web en publiant la description du service auprès d'un annuaire (UDDI).

**Découverte** : le client du service Web lance une recherche auprès de l'annuaire UDDI pour retrouver la description du service. Cette étape de découverte permet de connaître les différents fournisseurs disponibles et de sélectionner celui qui répond le mieux aux

critères du client.

**Invocation** : Le client utilise la description du service pour établir une connexion avec le fournisseur et invoquer le service Web.

### Modèle de base des services Web

Le modèle des Services Web repose sur une Architecture Orientée Service (SOA). Celle-ci fait intervenir trois catégories d'acteurs : le fournisseur de service, l'annuaire des services et le client.

- **Le fournisseur de service** : correspond au propriétaire du service. D'un point de vue technique, il est constitué par la plate-forme d'accueil du service.
- **Le client** : correspond au demandeur de service. D'un point de vue technique, il est constitué par l'application qui va rechercher et invoquer un service. L'application cliente peut être elle-même un service web.
- **L'annuaire des services** : correspond à un registre de descriptions de services offrant des facilités de publication de services à l'intention des fournisseurs ainsi que des facilités de recherche de services à l'intention des clients.

Les interactions de base entre ces trois rôles (Figure 2.1) incluent les opérations de publication, de recherche et de liens d'opérations. Pour garantir l'interopérabilité de ces trois opérations, des propositions de standards ont été élaborées pour chaque type d'interaction. Nous citons, notamment les standards émergents suivants :

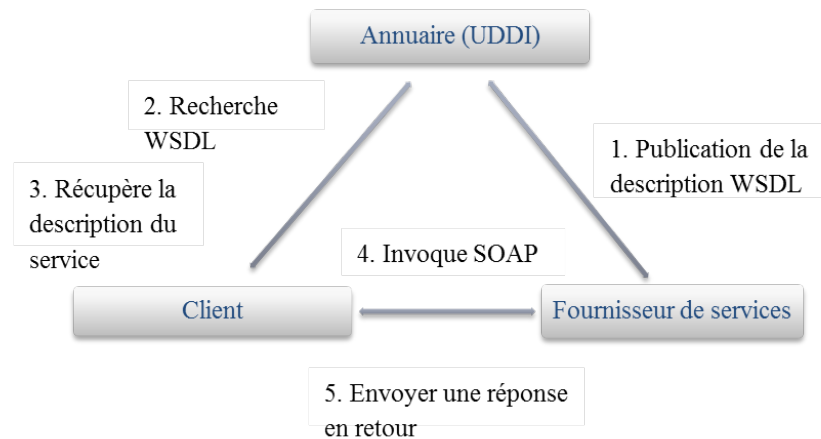


FIGURE 2.1 – Modèle de base des services Web.

### A) SOAP (Simple Object Acces Protocol)

Les communications entre les différentes entités impliquées dans le dialogue avec le service web se font par l'intermédiaire du protocole SOAP (Simple Object Access Protocol). SOAP est un protocole de communication basé sur XML qui permet aux services Web d'échanger des informations dans un environnement décentralisé et distribué en utilisant HTTP/SMTP/POP comme protocole de communication, tout en s'affranchissant des plateformes et des langages de programmation utilisés définit un ensemble de règles pour structurer les messages envoyés. Mais SOAP ne fournit aucune instruction sur la façon d'accéder aux services Web. C'est le rôle du langage WSDL.

Le protocole SOAP est une sur-couche de la couche application du modèle OSI des réseaux. Le protocole applicatif le plus utilisé pour transmettre les messages SOAP est HTTP, mais il est également possible d'utiliser les protocoles

SMTP ou FTP, la norme n'impose pas de choix.

**Structure des messages SOAP** La technologie des services web repose principalement sur le protocole SOAP qui est indépendant des langages de programmation ou des systèmes d'exploitation. Le standard SOAP définit trois éléments composants un message (Figure 2.2) :

- **Enveloppe** : Permet de spécifier la version de SOAP en utilisant un espace de nom « `http://www.w3.org/2003/05/soap-envelope` », permet aussi de spécifier les règles d'encodage (sérialisation et désérialisation) ;
- **En-tête** : Élément optionnel permet de spécifier certaines directives pour le traitement du message ;
- **Corps** : Contiens les données (paramètres) utilisées pour un appel de procédure distante effectué par le destinataire final, qui ne sont pas des éléments SOAP, mais des éléments spécifiques à l'application ;
- **Pièces jointes** : Permetts l'envoi de données non-XML.

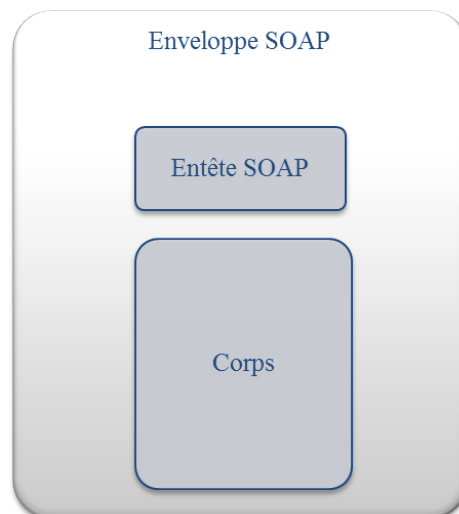


FIGURE 2.2 – Structure de l'enveloppe SOAP.

## B) WSDL (Web Service Description Language)

WSDL, acronyme de Web Services Description Language (langage de description des services Web) est un standard XML proposé par le W3C, utilisé pour décrire les Web Services et pour permettre aux clients de savoir comment accéder au service. Il est issu d'une fusion des langages de descriptions NASSL (Network Accessibility Service Specification Language - IBM) et SCL (Service Conversation Language - Microsoft). Son objectif principal est de séparer la description abstraite du service de son implémentation même.

Le fichier de description WSDL d'un Web Service contient un ensemble de définitions décrivant :

- L'interface du service c'est à dire les opérations que le service fournit, les formats des données et les protocoles utilisés,
- L'implémentation du service c'est à dire l'adresse applicative (URL ou URI) pour accéder au service [Freddy, 2005].

**La structure d'un document WSDL** Dans WSDL, il existe une séparation entre deux niveaux indépendants, respectivement nommés abstrait et concret. Le niveau abstrait regroupe les informations pouvant être réutilisées (non spécifique à un service), tandis que le niveau concret est constitué de la description des protocoles d'accès au service Web (information particulière à un service). Le niveau abstrait est utilisé principalement lors du processus de sélection, tandis que le niveau concret est seulement utilisé lors de l'invocation des méthodes du service Web.

Le niveau abstrait décrit les informations propres aux méthodes proposées par le service, ainsi que les informations traitant des messages et des données échangés

lors de l'invocation du service. Si deux services proposent les mêmes méthodes, le niveau abstrait de description WSDL peut être réutilisé. Ce niveau est composé des informations suivantes :

- **Les types de données.** Le document WSDL permet de décrire les types de données échangées. WSDL supporte les types élémentaires (tels que les entiers, les chaînes de caractères) et les types complexes. Si les données échangées possèdent une structure particulière (i.e. un type complexe), il est possible de les décrire par l'intermédiaire d'un schéma XML.
- **Les messages.** Un message correspond aux données qui sont véhiculées selon les méthodes invoquées. Chaque opération du service possède deux définitions de message : la première correspond à la requête et la seconde correspond à la réponse. La description d'un message contient le nom de l'élément en paramètre d'entrée ou de sortie selon le type du message et son type.
- **Les opérations.** Une opération représente une unité de travail, c'est-à-dire une méthode proposée par le service Web décrit. Chaque opération est identifiée par son nom.

Le niveau concret décrit la manière dont le client accède à un service en particulier, et, est de ce fait, non réutilisable (propre à un service unique). Les informations décrites dans le niveau concret sont les suivantes :

- Le protocole de communication. La description des protocoles de communication permet de définir le protocole à utiliser pour l'appel des méthodes du service. Si nécessaire, le document WSDL peut contenir autant de descriptions de protocole que d'opérations, étant donné que le protocole de communication peut être différent pour chaque opération du service décrit.
- Les ports d'accès au service. Dans un document WSDL, l'accès au service

est défini par une collection de ports d'accès. Chaque port représente la localisation du service (i.e. son URL). Un même service peut être accessible sur plusieurs ports différents.

Plusieurs parties concrètes peuvent être proposées pour une même partie abstraite. Cette séparation des éléments du document WSDL en deux parties renforce la réutilisabilité de la partie abstraite.

Les informations contenues dans WSDL constituent la description du profil fonctionnel du service. Avec WSDL, le client peut invoquer le service par le biais de sa description abstraite (méthodes disponibles, paramètres d'entrée et sortie) et concrète (description des protocoles de communication et des points d'accès du service) [Lopez-Velasco, 2008].

### C) UDDI (Universal Description, Discovery and Integration)

Un service web doit être référencé afin de pouvoir être retrouvé et utilisé par une autre organisation. Pour cela, il existe des annuaires pouvant être soit internes à l'organisation, soit universels. Il existe de nombreux annuaires, mais nous choisissons de décrire seulement le registre UDDI, annuaire dit universel.

UDDI est une spécification et un service de registre permettant de publier et de découvrir des services Web. Un registre UDDI est un registre basé sur XML qui contient des informations à propos d'entités d'affaire fournissant des services Web ainsi que des méta-données concernant ces services (informations techniques ou légales).

L'annuaire UDDI repose sur le protocole SOAP, les requêtes et les réponses sont des messages SOAP. L'UDDI est subdivisé en deux parties principales : partie publication ou inscription, et partie recherche.

**Publication de services Web avec UDDI** Les différents composants de la publication faite par UDDI sont des documents XML manipulant de l'information à propos du fournisseur (Business Entity), le service lui-même (Business Service), les accès au service (Binding Template), le type de service (tModel) et des relations entre deux parties (Publisher Assertion) (Figure 2.3) [Lopez-Velasco, 2008].

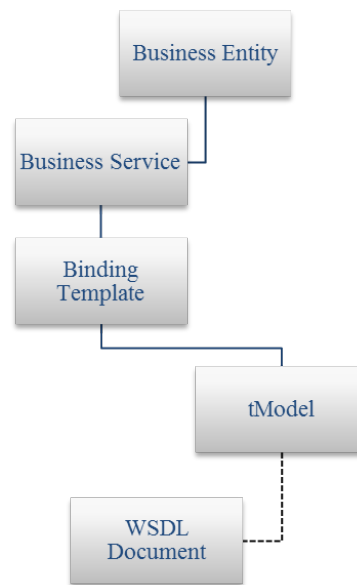


FIGURE 2.3 – Entités composant un annuaire UDDI.

- **Le fournisseur (Business Entity)**. Les informations concernant l'organisation hébergeant le service, le fournisseur et celles nécessaires à l'identification de l'entreprise sont répertoriées dans ce document XML. Ce document contient de l'information descriptive sur l'entreprise ou le fournisseur et sur les services proposés.

- **Le service (Business Service)**. Ce composant représente les services proposés par l'organisation. La description des services contenue dans l'entité Business Service est de haut niveau (aucune information technique n'est décrite ici). Les informations à propos du nom du service et de son objectif sont représentées dans ce composant. Le fournisseur peut rassembler dans cette entité un ensemble de



services répondant aux mêmes objectifs dans une même catégorie. Par exemple, une catégorie tourisme peut contenir un service météorologique et un service localisant les sites touristiques. Les catégories de service (contenant un ou plusieurs services) sont liées (selon le nombre de services) à un ou plusieurs points d'accès.

- **Les accès au service (Binding Template)**. Ce module décrit les points d'accès aux services Web (URL) et le moyen d'y accéder (les différents protocoles à utiliser) afin d'invoquer les services.

- **Le type de service (tModel)**. Le tModel permet d'associer un service à sa description WSDL. Le client potentiel peut ainsi avoir connaissance des conventions d'utilisation du service. La liaison entre les entités Binding Template et tModel est nécessaire pour l'invocation du service.

**Recherche de services Web avec UDDI** La recherche et la sélection dans UDDI reposent sur la publication préalablement décrite du service et de son fournisseur (cf. sous-section précédente). Le futur client peut connaître par l'intermédiaire d'UDDI : les fournisseurs d'un service, les services proposés par un fournisseur donné, les moyens d'invoquer un service.

Pour apporter aux clients la réponse à ces questions, UDDI organise l'ensemble des informations qu'il contient en trois parties, spécifiées en XML. Chacune d'elles peut être utilisée pour faire une recherche via UDDI. Ces parties sont les suivantes :

- **Les pages blanches (White Paper)**. Ce composant permet de connaître les informations à propos de l'organisation proposant le service. Cette description contient toutes les informations jugées pertinentes pour identifier l'organisation (telles que son nom, son adresse physique). Le futur client du service retrouve dans les pages blanches les informations que le fournisseur a renseignées dans l'élément Business Entity lors de la publication.
- **Les pages jaunes (Yellow Paper)**. Les pages jaunes d'UDDI détaillent la

description de l'organisation faite dans les pages blanches en répertoriant les services proposés. Dans cette section, sont décrits : la catégorie de l'entreprise, le secteur d'activité dans lequel exerce l'entreprise, les services offerts par cette organisation, le type de services et les conventions d'utilisation : prix, qualité de service, etc. Cette description repose sur les classifications standard de l'industrie nord-américaine (NAICS28 et UNSPSC29). La description des services contenue dans les pages jaunes est non technique et est renseignée par les fournisseurs eux-mêmes.

- **Les pages vertes (Green Paper)**. Les pages vertes comportent les informations techniques liées aux services Web et basées sur leur description WSDL.

A l'origine, il existait des registres UDDI dits publics (tels que ceux de Microsoft ou IBM) pour lesquels n'importe qui pouvait devenir, soit fournisseur, soit client de services Web. L'universalité de ces registres devait amener UDDI à devenir le standard de publication des services Web. En 2006, le nombre de services Web publiés a atteint le nombre de 50000. Malgré ce nombre, UDDI n'a jamais atteint son but : devenir le registre standard des services Web. Par conséquent, la maintenance des registres publics UDDI (tels que ceux de Microsoft et d'IBM) a été suspendue. Le réel succès d'UDDI se situe au niveau des registres privés. En effet, de nombreuses organisations utilisent les spécifications de UDDI afin d'implémenter leur propre registre de services Web [Lopez-Velasco, 2008].

#### **D) Composition des services Web**

Dans la réalité il est rare de trouver un seul service Web satisfaisant une requête complexe de l'utilisateur. Pour ce faire un autre type de service Web existe appelé services Web composés.

La composition ou l'agrégation de services Web est une opération qui consiste à

construire de nouvelles applications ou services appelés services composites ou agrégats par assemblage de services déjà existants nommés services basiques ou élémentaires. Un service Web composé est un service Web faisant interagir un ensemble de services Web afin de satisfaire la requête de l'utilisateur.

La composition spécifie quels services doivent être invoqués, dans quel ordre et sous quelles pré-conditions. Les services basiques peuvent être soit des services atomiques soit des services composites.

La composition de services Web vise essentiellement quatre objectifs :

- Créer de nouvelles fonctionnalités en combinant des services déjà existants.
- Résoudre des problèmes complexes auxquels aucune solution n'a été trouvée.
- Faire collaborer plusieurs entreprises ensemble.
- Optimiser et améliorer une fonctionnalité existante.

Généralement, il existe trois types de compositions des services Web [Chelbabi, 2012] :

- **Composition automatique**

Dans ce type de composition, le service composé est généré à la volée sur la base de la requête exprimée par le client. Ce dernier spécifie les fonctionnalités du service désiré à l'aide d'un langage de requête de haut niveau. Les services constituant le service composé sont alors comparés aux caractéristiques des services Web édités dans UDDI. Le processus conforme aux spécifications du client, génère un ensemble de services composés alternatifs.

Les compositions alternatives sont alors classées, ou choisies par le

client, selon des critères non fonctionnels tel que : le coût, la qualité de service, la disponibilité. Ce type de composition exige que les services constituants du service composé soient dynamiquement orchestrés.

- **Composition semi automatique**

Dans ce cas, la composition des services est spécifiée de façon statique, mais les liaisons bindings des services avec les services Web ne sont faites qu'au moment de l'exécution, en sélectionnant le service Web le plus adéquat. Quand un service composé est invoqué, la composition est générée dynamiquement en sélectionnant les services Web comparables aux services spécifiés dans la composition. Enfin, la définition du service composé est alors enregistrée dans un dépôt de services composés, et peut être utilisé comme n'importe quel autre service Web.

- **Composition manuel**

Un service Web est composé manuellement, lorsque les liaisons des services constituants avec les services Web sont définies au moment du développement du service Web composé. Microsoft Biztalk et WebLogic sont deux exemples de ce type de service composé [Sun et al., 2003].

## **Avantages et inconvénients des services Web**

### **A) Avantages**

La technologie des services Web est populaire et couramment utilisée car elle offre des avantages intéressants pour les utilisateurs des systèmes distribués [Bekkouche Amina, 2012].

- Grâce aux services Web, les coûts sont réduits par l'automatisation interne et externe des processus commerciaux.
- Les services Web réduisent le temps de mise en marché des services offerts par les diverses entreprises.

- Les services Web permettent à des programmes écrits en des langages différents et sur des plateformes différentes de communiquer entre eux par le biais de certaines normes. En d'autres termes, les services web permettent une meilleure interopérabilité entre les logiciels.
- Les services Web utilisent des normes et protocoles ouverts.
- Grâce au protocole HTTP, les services web peuvent fonctionner malgré les pare-feu sans pour autant nécessiter des changements sur les critères de filtrage.

### **B) Inconvénients**

La technologie des services web comporte plusieurs inconvénients dont [Bekouche Amina, 2012] :

- **Fiabilité** : Il est difficile de s'assurer de la fiabilité d'un service car on ne peut garantir que ses fournisseurs ainsi que les personnes qui l'invoquent travaillent d'une façon fiable.
- **Disponibilité** : Les services web peuvent bien satisfaire un ou plusieurs besoins du client. Seront-ils pour autant toujours disponibles et utilisables ? ça reste un défi pour les services web.
- **Confiance** : Les relations de confiance entre différentes composantes d'un service web sont difficiles à bâtir, puisque parfois ces mêmes composantes ne se connaissent même pas.
- **Problèmes de sécurité** : L'utilisation du protocole HTTP n'a pas que des avantages, car les normes de sécurité des services web laissent encore à désirer.

### 2.2.3 La qualité des services Web (QoS)

Avec la prolifération des services web, la notion de QoS émerge aujourd'hui et prend de plus en plus une grande importance pour les fournisseurs de service aussi bien que pour les clients de service. Les QoS d'un service Web sont principalement relatives aux aspects de qualité du service Web, c'est-à-dire les qualités de services de l'application offrant le service. Toutefois, il faut distinguer entre les QoS relatives à l'application service et ceux relatifs au réseau, tel que délai de livraison de paquets, etc.

#### Définition de QoS

La recommandation ITU-X.902<sup>5</sup> définit la QoS comme "un ensemble d'exigences dans le comportement collectif d'un ou plusieurs objets". Dans le contexte des technologies de l'information et multimédia, la QoS (Figure 2.4) a été définie par [Vogel et al., 1995] comme "l'ensemble des caractéristiques quantitatives et qualitatives d'un système multimédia, nécessaires pour atteindre la fonctionnalité requise par l'application". La qualité de service représente l'aptitude d'un service à répondre d'une manière adéquate à des exigences, exprimées ou implicites, qui visent à satisfaire ses usagers. Ces exigences peuvent être liées à plusieurs aspects d'un service, par exemple : sa disponibilité, sa fiabilité, etc.

---

5. The International Telecommunication Union (ITU) standard X.902, Information technology Open distributed processing - Reference Model.

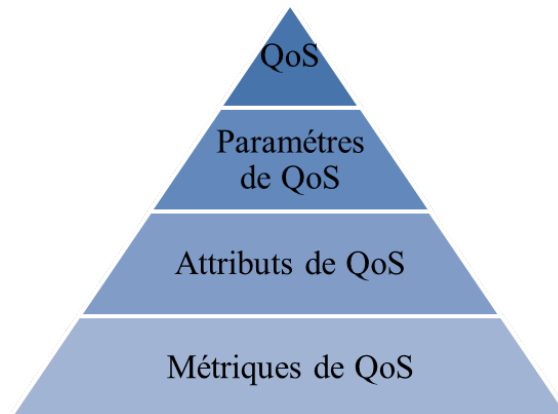


FIGURE 2.4 – Hiérarchie de concepts de QoS [Vogel et al., 1995].

### Modèle de QoS

Le groupe de travail "Architecture des Services Web" du W3C travaillant sur les architectures des services web, a identifié et décrit un ensemble de paramètres de QoS pour les services web, à savoir : la performance (qui englobe le débit, le temps de réponse et le temps d'exécution), la fiabilité, la scalabilité ou l'adaptation au facteur d'échelle, la capacité, la robustesse, le traitement d'exception, l'exactitude, l'intégrité, l'accessibilité, la disponibilité, l'interopérabilité, la sécurité, et les exigences en QoS liées au réseau.

Ces paramètres sont organisés en catégories, tel que chaque catégorie contient un certain nombre de paramètres QoS :

#### A) Paramètres de QoS liés au temps d'exécution

*Scalabilité* : c'est la capacité d'augmenter les capacités de calculs du serveur de services, ainsi que l'habileté du système de traiter plus d'opérations ou de transactions dans une période donnée.

*Capacité* : c'est le nombre maximum de requêtes simultanées que le système prend en charge avec des performances garanties.

*Performance* : c'est la vitesse d'exécution d'une requête.

*Fiabilité* : représente la capacité d'un service d'exécuter ses fonctions requises dans des conditions indiquées pendant une période donnée.

*Disponibilité* : c'est la probabilité que le service soit actif et accessible.

*Robustesse/Flexibilité* : représente le taux pour lequel un service Web peut s'exécuter correctement dans le cas de données d'entrées inadmissibles, incomplets ou contradictoires.

*Exactitude* : représente le taux d'erreur produit par le service Web.

#### **B) Paramètres de QoS liés à la sécurité**

*Authentication* : Permet de savoir comment le service Web établit l'authenticité de l'utilisateur ou des autres Services Web qui interagissent avec ce service.

*Confidentialité* : Comment le Service Web traite les données de tel sorte que les parties autorisées puissent leurs accéder ou les modifier.

*Cryptage des données* : Comment le Service Web crypte ces données.

#### **C) Paramètres de QoS liés au coût**

*Coût* : Cet attribut, permet de spécifier le coût impliqué par l'invocation du service Web.

### **Typologie des attributs et métriques de QoS**

Indépendamment des taxonomies donnés, les attributs et les métriques de QoS peuvent être également classifiés selon différentes perspectives [Hilari et al., 2009]. Le modèle de QoS pour les services web, proposé dans [Arabian and Sterling, 2004], suggère une classification principale des attributs de QoS (tableau 2.1) basée sur les attributs indépendants de l'environnement du service (partie fonctionnelle) et les attributs dépendent de l'environnement du service (partie non fonctionnelle).



Facteurs QoS	Attributs internes (Métriques)	Attributs externes (Métriques)
Fiabilité	Correction (Exactitude, Précision)	(Disponibilité, Consistance)
Performance	Efficacité (Complexité temporelle et spatiale)	Gestion de la charge (Débit, Attente et Temps de réponse)
Intégrité		Sécurité
Utilisation	(paramètres d'entrée et de sortie)	

TABLE 2.1 – Le modèle de QoS des services web proposé par Araban et Sterling [Araban and Sterling, 2004].

- *Attributs indépendants de l'environnement* : sont ceux qui peuvent être appliqués à n'importe quel service Web. Comme par exemple le temps de réponse, le coût et la disponibilité.
- *Attributs dépendants de l'environnement* : sont ceux qui peuvent être appliqués à un certain domaine. Par exemple dans un domaine de prévisions météorologiques, un attribut de QoS peut être prévu avec exactitude.

D'un point de vue mesure, les métriques de QoS peuvent être classifiées selon les données obtenues. Dans ce sens trois catégories ont été identifiées [Araban and Sterling, 2004] :

- *Métriques annoncés par le fournisseur* : métriques dont leurs valeurs ont été annoncées par le fournisseur. Un exemple évident est celui du coût d'un service Web.
- *Métriques évaluées par le consommateur* : métriques dont les valeurs ont été données du point de vue utilisateur.

- *Métriques observables* : métriques dont les valeurs ont été obtenues par la surveillance ou le test. Comme exemple le temps de réponse ou la disponibilité.

Comme pour les exigences en QoS dans les services des couches basses des réseaux, il y a un besoin d'identifier et de décrire la QoS d'un service web. Les attributs de QoS peuvent être classifiés en deux parties : les QoS spécifiques, et les QoS génériques [Benhalima, 2009]. Celles-ci peuvent être également divisées en des paramètres mesurables et des paramètres non mesurables. Cette classification est montrée par la figure 2.5.

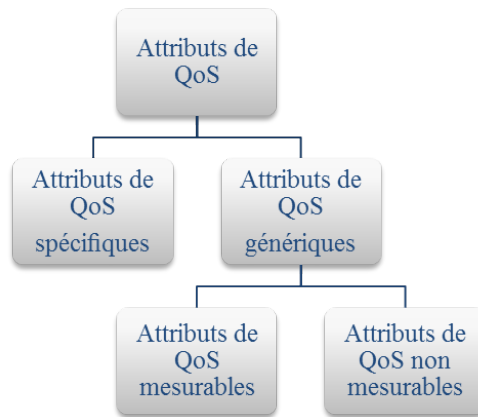


FIGURE 2.5 – La classification des attributs de QoS [Dobson et al., 2005].

**QoS spécifiques** Les QoS spécifiques sont des qualités qui concernent une application particulière, et qui sont en relation avec sa logique métier. En effet, il s'agit des événements à mesurer afin de diagnostiquer des éventuels problèmes du système. Ces QoS spécifiques peuvent être des QoS liées aux arguments comme "le renvoi de conférences dont la date limite de soumission est dépassée suite à une requête de recherche de conférence par mot clé", ou "le renvoi de conférences dont le thème n'est pas pertinent" [Benhalima, 2009].

**QoS génériques** Dans ce qui suit, nous présentons l'ensemble des attributs de QoS génériques. Nous distinguons ici les attributs mesurables et les attributs non mesurables.

- **Attributs de QoS mesurables**

Les attributs mesurables les plus communs sont décrits par les paramètres liés à la performance.

- Le débit : Le nombre de requêtes servies pendant un intervalle de temps.
- Le temps de réponse : Le temps requis pour compléter une requête du service web.
- La fiabilité : La capacité d'un service d'exécuter correctement ses fonctions.
- La scalabilité : La capacité du service de traiter le plus grand nombre d'opérations ou de transactions pendant une période donnée tout en gardant les mêmes performances.
- La robustesse : La probabilité qu'un service peut réagir proprement à des messages d'entrée invalides, incomplètes ou conflictuelles.
- La disponibilité : La probabilité d'accessibilité d'un service.

- **Attributs de QoS non mesurables**

Il y a des attributs de QoS qui ne sont pas mesurables, mais qui ont de l'importance pour les services web comme :

- Le prix d'exécution : C'est le prix qu'un client du service doit payer pour bénéficier du service.
- La réputation : C'est une mesure de la crédibilité du service. Elle dépend principalement des expériences d'utilisateurs finals.
- La sécurité : C'est un regroupement d'un ensemble de qualités à savoir : la confidentialité, le cryptage des messages et le contrôle d'accès [Benhalima, 2009].

### **Description des services Web par la QoS**

Les informations fournies dans le WSDL couvrent toute les données requises pour invoquer un service Web. Cependant cette description ne fournit aucune information concernant la QoS. Dans le but de résoudre ce problème, plusieurs travaux proposent d'étendre le WSDL par la QoS.

**Extension du WSDL par la QoS** Une des contributions les plus en avant, vient du groupe ouvert OASIS. Le groupe travaille sur la prolongation du WSDL par la QoS appelé WSQDL (Web Service Quality Description Language). Comme indiqué dans l'oasis-openg.org, WSQDL est un document approuvé [Hilari et al., 2009].

WSQDL est une prolongation de WSDL capable d'exprimer les items de qualité de WSDL. Afin de fournir une manière de représenter tous les éléments de QoS, dans WSQDL, les attributs de QoS ont été divisés en types d'items, et les regrouper en groupes de nature similaire (figure 2.6) :

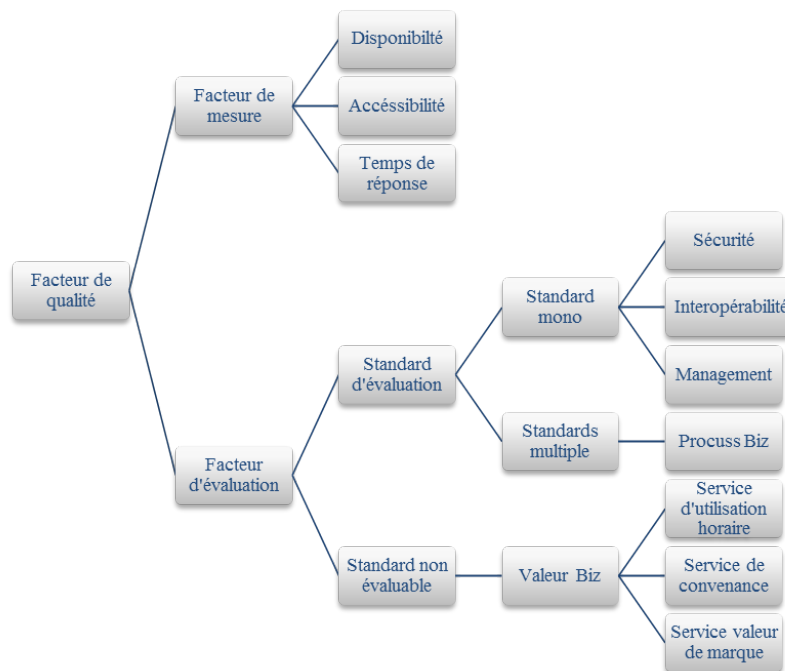


FIGURE 2.6 – Attribut de QoS de WSQDL.

## 2.3 L'ingénierie sociale (Social Computing)

La notion du Web 2.0 a été pour la première fois évoquée lors d'une conférence « brainstorming » entre la société O'Reilly et Media Live International. Ce terme a été inventé par Dale Dougherty, membre de la société O'Reilly, mais c'est Tim O'Reilly, le président de la société du même nom, qui a rendu cette expression populaire.

Par opposition, le Web 1.0 s'inscrivait dans une logique « auteur à lecteurs » (le webmaster décidait seul de sa ligne éditoriale et des informations qu'il souhaitait diffuser aux internautes) tandis que le Web 2.0 tend à réduire les hiérarchies en permettant aux lecteurs de devenir de véritables acteurs et de se situer au centre des échanges [Girard and Fallery, 2010].

Le Web 2.0 n'a pas de frontière clairement définie, mais plutôt un centre de gravité autour duquel circule un ensemble de pratiques et de principes. Nous pouvons le définir suivant deux principales dimensions [Girard and Fallery, 2010].

*Une dimension technologique* : Les logiciels sont délivrés en tant que services et non en tant que produits. Les modèles de programmation sont légers, les systèmes sont faiblement couplés, les barrières pour la réutilisation des données et des applications sont très faibles. On parle de « services web ». Les applications ne sont pas limitées à une plateforme spécifique mais deviennent accessibles à différents types d'appareils, tels que les téléphones portables. La technologie Ajax, utilisée entre autre par Google, est une composante clé des applications Web 2.0. Ce type de technologie permet d'offrir de nouvelles interfaces utilisateurs, « riches », intuitives et interactives.

*Une dimension sociale/relationnelle* : Le Web 2.0 repose sur une architecture de participation. L'implication des utilisateurs dans le réseau est fondamentale. Les utilisateurs ajoutent de la valeur en émettant des commentaires, en diffusant leurs opinions, en partageant leurs expériences et leurs connaissances avec les autres internautes.

Les pratiques de navigations évoluent. On assiste ainsi à l'émergence de communautés dont les membres créent, partagent, débattent, collaborent autour d'un même centre d'intérêt. Avec l'apparition du Web 2.0, l'ingénierie social est devenu un sujet de discussion très important de nos jours. Certaines applications sociales bien connues comme FaceBook et Twitter ont exemplifié la réussite du Web 2.0.

L'ingénierie social est un nouveau paradigme de calcul naissant qui implique une approche multidisciplinaire en analysant et en modelant des comportements sociaux sur différents médias et des plateformes dans le but de produire des applications intelligentes. Les domaines multidisciplinaires incluent la sociologie, la psychologie sociale,

la théorie d'organisation, la théorie de communication, l'interaction humain-ordinateur (HCI) [King et al., 2009], etc. Une des meilleures définitions sur l'ingénierie social est celle donnée par Wang et al. : "*Computational facilitation of social studies and human social dynamics as well as the design and use of information and communication technologies that consider social context*" [Wang et al., 2007].

### **2.3.1 Les réseaux sociaux**

L'expression réseau social désigne l'ensemble des applications informatiques liées à Internet, qui servent à relier des amis, des associés, ou d'autres individus qui ont besoin de se connecter entre eux. Il y a plusieurs formes de réseau social : organisée ou institutionnelle, professionnelle ou de loisir, payante ou gratuite. Mais quel que soit la forme du réseau social, c'est toujours un endroit où on peut s'exprimer, partager ses intérêts et rencontrer les autres. Les éléments principaux d'un réseau social sont des nœuds qui représentent les membres et les liens entre eux qui représentent des connexions d'amitié. En plus, un réseau social est orienté vers le Web 2.0, car leurs utilisateurs sont des participants actifs du réseau et non plus seulement des visiteurs de pages statiques ; les interactions entre eux sont en temps réel.

Un réseau social représente une structure sociale dynamique faite de nœuds (individus ou organisations) reliés entre eux par des canaux (des relations sociales). Ainsi, selon Lazega [Lazega, 1994] :

*Un réseau social est généralement défini comme un ensemble de relations d'un type spécifique (par exemple de collaboration, de soutien, de conseil, de contrôle ou d'influence) entre un ensemble d'acteurs.*

Deux aspects se côtoient quand on parle de réseaux sociaux : d'un côté, l'aspect sociologique et communautaire et de l'autre l'aspect technologique et Internet.

D'un point de vue sociologique, selon Wasserman et Faust, auteurs de Social Network

Analysis : Methods and Applications publié en 1994, un réseau social est un ensemble de relations entre des entités sociales (individus). Les contacts entre ces individus peuvent être, par exemple, des relations de collaboration, d'amitié, ou des citations bibliographiques. Ces ressources sont donc aussi bien formelles qu'informelles, matérielles qu'immatérielles. Toujours selon Wasserman et Faust, trois concepts sont également retenus dans cette analyse des réseaux sociaux :

- Les acteurs et leurs actions sont considérés comme des entités indépendantes.
- L'environnement des acteurs procure des opportunités et exerce des contraintes sur leurs actions individuelles.
- Les structures sociales, politiques, économiques, etc. ont une influence sur les formes de relations entre les acteurs.

D'un point de vue technologique, le réseau définit un ensemble d'équipements interconnectés qui servent à acheminer un flux d'informations. Il existe le réseau informatique le réseau téléphonique ou encore le réseau des réseaux : Internet [Torloting, 2006].

L'analyse des réseaux sociaux puise aussi abondamment dans les mathématiques avec la théorie des graphes. La théorie des graphes fournit non seulement une méthode de représentation graphique, mais également un ensemble de concepts, de classifications de propriétés, etc.

La base des réseaux sociaux se trouve dans la Théorie des six degrés de séparation (ou « petit monde »), qui dit que toute personne dans le monde peut être reliée à n'importe quelle autre au travers d'une chaîne de relations individuelles comprenant au plus cinq autres maillons (Figure 2.7).



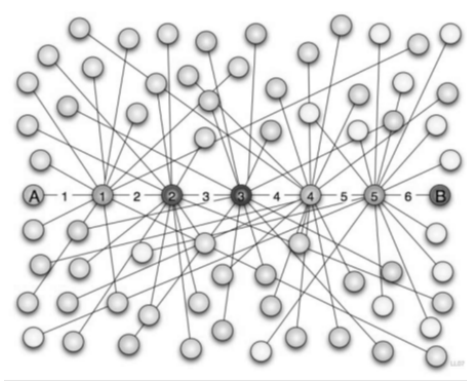


FIGURE 2.7 – Réseau démontrant la théorie des six degrés de séparation.

### Réseau social d'utilisateurs

Les réseaux sociaux ont été largement répandus dans les applications s'étendant des individus aux entreprises aux gouvernements. Le but de ces applications est de réunir des personnes et d'établir les communautés pour elles, où elles peuvent partager leurs expériences et exprimer leurs sentiments. De telles communautés peuvent fournir à leurs membres une richesse d'expérience et connaissance des autres membres, et un rendez-vous pour communiquer et améliorer des services.

Un réseau social des utilisateurs (SNU) est représenté par un graphe qui se compose des nœuds reliés entre eux par des arêtes. Les arêtes sont marquées avec des éléments habituellement trouvés dans la vie quotidienne des personnes comme l'amitié, les relations familiales, etc. Les arêtes sont parfois directionnels, bidirectionnels, pondéré, ou un mélange de tous.

La taille et la forme d'un réseau social changent pour différentes raisons telles que la suppression de nœud qui affecte les bords sortants et entrants [Maamar et al., 2011a]. Il existe deux différentes méthodes pour construire des relations sociales dans ce contexte : (i) explicite ou (ii) implicite. Pour le cas explicite, l'utilisateur lui est offert la possibilité de déclarer une relation avec un autre utilisateur spécifique. C'est semblable à ce qui est fait dans les réseaux sociaux d'aujourd'hui où deux personnes peuvent devenir des

amis (c-à-d., socialement lié) si la personne invitée accepte l'invitation de l'autre, commenter le contenu mis par d'autres, ou donner un commentaire sur un commentaire, etc. Pour le cas implicite, une relation sociale est créée selon les activités des différents utilisateurs, par exemple quand une personne emploie plusieurs des services créés d'une autre personne. Dans les deux cas, on a en sortie un graphe reliant les utilisateurs selon leurs intérêts. Formellement, SNU est un graphe directe  $G = (V;E)$ , où :

- $V$  représente l'ensemble des nœuds, avec chaque nœuds correspond à un utilisateur social lié ; et
- $E$  représente l'ensemble des arêtes, et chaque arête correspond à un lien social.

Pour localiser une information dans les réseaux sociaux, les utilisateurs navigue dans ces réseaux, examinant le contenu que leurs membres poste/actualise régulièrement. Certains sites comme LiveJournal et BlogSpot fournissent la recherche à base de mot clés pour le contenu textuel ou étiqueté. D'autres sites comme Youtube et GoogleVideo, également, proposent une liste top-10 du contenu le plus populaire, où la popularité est déterminée en se basant sur le nombre de fois que les utilisateurs consultent le contenu ou soumettent des recommandations [Benedikt et al., 2008].

### **Principes de fonctionnement des réseaux sociaux**

Un utilisateur crée un profil en entrant les informations requises : nom, adresse email, date de naissance, pseudo, etc. Ensuite, le membre peut l'enrichir par des photographies, la liste de ses centres d'intérêts ou toutes autres informations qu'il souhaite associer à son profil.

L'étape suivante consiste à rechercher d'autres utilisateurs afin de créer des liens via le site. Les personnes choisies comme « amies » le seront sur base d'éléments de leur profil comme par exemple le nom, l'adresse email, l'école, l'intérêt pour un sujet donné,

etc. [Crémer, 2011].

D'après [Cuisinier, 2009], le fonctionnement d'un réseau social est très similaire d'un réseau à l'autre : création de son profil en indiquant un certain nombre de données personnelles et de centres d'intérêt, puis invitation de son réseau personnel à rejoindre le réseau.

Le principe est que chaque contact qui accepte l'invitation accroît le réseau de nouveaux contacts. Les arrivants inscrivent à leur tour leurs contacts et ainsi de suite, jusqu'à ce que le monde entier soit relié.

### Classification des réseaux sociaux

Avec le haut débit et l'avènement du Web 2.0, plusieurs réseaux ont vu le jour. Destinés au grand public au départ (Facebook, MySpace), ils ont rapidement été rejoints par des versions plus professionnelles comme LinkedIn, Xing ou Viadeo. Selon [Cuisinier, 2009] globalement, ces réseaux sociaux se classent selon trois catégories :

- **Réseaux ouverts.**
- **Réseaux sur invitation** : il faut être invité par l'un de ses membres.
- **Services en ligne de réseautage professionnels** : Favorisent les rencontres professionnelles, les offres de poste et la recherche de profils.  
Mais d'autres classifications sont possibles, comme :
- **Les networkings** : les plus utilisés dans les milieux professionnels. Ils permettent des échanges entre professionnels sur des plates-formes en évolution perpétuelle.
- **Les bloglikes** : ils ressemblent vaguement à des blogs. Ils sont souvent le refuge d'ados en mal de reconnaissance.
- **Les spécialisés** : ils regroupent des communautés autour d'un thème bien précis.

- **Le micro-blogging** : « chat » public, summum du narcissisme, on y met tout ce qu'on fait minute par minute, afin de montrer aux autres qu'on est très actif.
- **Les fourre-tout** : ce sont les inclassables qui se servent du collaboratif ou du participatif pour alimenter leur service. On peut y trouver, les sites de partage d'avis.
- **Les open-sources** : ou plutôt les plates-formes qui permettent de créer votre propre réseau social.

Enfin une autre classification proposée par [Girard and Fallery, 2010] est présentée dans la figure 2.8.

<b>Médias Sociaux</b>		
Forums de discussion, messageries instantanées, systèmes VoIP	Outils de discussion	PhpBB, MSN messenger, Skype
<b>Réseaux Sociaux Numériques</b>		
Wikis	Outils de publication	Wikipedia
<b>Sites de Réseaux sociaux</b>		
RS socialisation	Réaux sociaux généralistes, Univers virtuels et plateformes de jeux massivement multi-joueurs	Facebook, Myspace, Okurt, Cyworld, Secondlife, Habbo, Gaia Online, World of Warcraft
RS réseautage	Réseaux sociaux professionnels	LinkedIn, Viadeo, Xing
RS navigation	Outils de publication (hors Wiki-pedia) et micropublication, Outils de partage, Certains outils de discussion Livecast avec fonctionnalités RS	Digg, Skyblog, Windows Live Space, Twitter, YouTube, FlickrR, Del.icio.us, Deezer, Slideshare, Crowdstorm, Feedback 2.0, Seesmic (vidéo), Justin TV, Flixwagon

FIGURE 2.8 – Une proposition de classement des applications Web 2.0 [Girard and Fallery, 2010].

### 2.3.2 Profil et communauté

Un réseau social sur le web est basé sur des liens tissés entre des identités virtuelles. Une identité virtuelle est une identité créée sur le Net. Elle peut être le reflet d'une identité réelle ou être fabriquée. C'est la face publique qu'un individu accepte de dévoiler sur les

sites. Elle peut se traduire soit simplement par l'utilisation d'un pseudo, soit par une identité fidèle à l'identité réelle, soit par une identité totalement différente. Le profil sur un site de réseau social est l'ensemble des informations stockées sur ce même site et relative à l'identité virtuelle.

### **Exploitation de profil**

Tous les sites de partage sur Internet permettent aux utilisateurs, lors de leur inscription, de déclarer un profil, qui est constitué de données démographique et de centres d'intérêts.

L'idée est de prendre quelques éléments dans ce profil, particulièrement des centres d'intérêt, pour remplir le profil de préférences d'utilisateurs dans un système de recommandation.

Une autre idée est de comparer les profils déclaratifs entre les individus pour en déduire la similarité entre eux.

### **Communauté**

Une communauté est un sous-graphe dont les nœuds sont plus liés entre eux qu'avec d'autres nœuds. Pour Wenger : « *une communauté de pratiques est un groupe de personnes qui partagent un même intérêt pour une entreprise humaine et est engagé dans un processus d'apprentissage collectif qui les relie entre elles.* [Wenger, 1998] ». Appliquée aux services Web, [Benatallah et al., 2003] définissent la communauté comme étant une collection de services Web avec des fonctionnalités similaires, bien que ces services Web aient des propriétés non-fonctionnelles distinctes. Quant à Medjahed et Bouguettaya, ils considèrent une communauté comme un moyen d'offrir une ontologie des services Web ayant le même domaine d'intérêt [Medjahed and Bouguettaya, 2005]. Enfin, Maamar et al. définissent une communauté par la fonctionnalité d'un service Web représentatif de cette communauté, i.e., sans faire référence explicitement à quelconque service Web

concret dans la communauté [Maamar et al., 2007].

[Limam and Akaichi, 2011] ont principalement présenté les concepts et les opérations qui sont nécessaires pour spécifier et contrôler une communauté des services Web selon différentes approches. Ils ont dressé un aperçu sur les propositions existantes pour l'organisation des services Web en communautés. Les communautés sont construites dans le but de gérer les requêtes des utilisateurs de façon transparente, et permettre d'accéder à un service Web via un seul point de communication.

#### A) Propriétés de communauté

**Cohésion.** Les membres du groupe entretiennent de nombreux contacts entre eux. Dans le cadre des graphes, cela fait référence à la densité et à la notion de clique.

**Compacité.** Les membres du groupe peuvent être atteints facilement. Ce qui se traduit par une faible distance entre nœuds dans un graphe.

**Séparation.** Les membres du groupe ont plus de contacts entre eux qu'avec l'extérieur. Les nœuds d'une communauté sont donc plus densément connectés entre eux qu'avec L'extérieur.

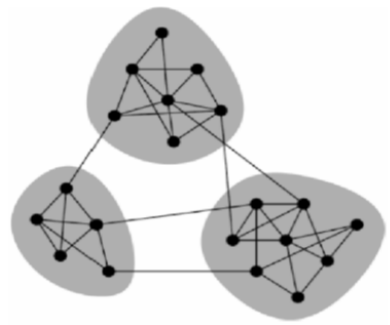


FIGURE 2.9 – Exemple de communauté.

#### B) Avantage des communautés

- Les communautés constituent des poches d'expertise, puisqu'elles regroupent les services Web avec les mêmes fonctionnalités dans le même espace, ce qui

facilite la recherche des services Web adéquats.

- Les Communautés lissent la substitution de services Web en cas d'échec. Des substituants potentiels sont déjà connus et ainsi, ils sont directement contactés pour vérifier leur bonne volonté d'agir en tant que substituants.
- Les communautés peuvent être structurées intérieurement, en utilisant différents modèles tel que slave-master, peer-to-peer, ou un mélange de tous ça.

### **2.3.3 La confiance dans les réseaux sociaux**

Afin d'équilibrer la nature ouverte des réseaux sociaux, il est important de construire des communautés de confiance, qui sont définies comme étant des communautés qui créent un environnement où les membres peuvent partager leur pensées, avis, et leurs expériences d'une manière ouverte et honnête sans se soucier de la vie privée et la crainte d'être jugé. Ces communautés sont établies sur l'authenticité, le partage ouvert et le respect mutuel. La confiance sociale fournit une base idéale pour construire des communautés de confiance. Par conséquent, la confiance devient un aspect important des réseaux sociaux et des communautés en ligne.

La confiance a été étudiée dans beaucoup de disciplines comprenant la sociologie [ [Helbing, 1994]; [Mollering, 2002]; [Molm et al., 2000], psychologie [ [Rotter, 1967]; [Cook et al., 2005], sciences économiques [ [Granovetter, 1985]; [Huang, 2007]] et informatique [ [Maheswaran et al., 2007]; [Hughes et al., ]]. Chacune de ces disciplines a définie et considéré la confiance de différentes perspectives, et leurs définitions peuvent ne pas être directement applicables aux réseaux sociaux.

La confiance est le fait de croire à la pertinence de l'information apportée par quelqu'un. La réputation est le fait d'être avantageusement reconnu pour la valeur



de l'information que l'on a apportée. La confiance sur une personne engendre de la réputation parce que l'information venant de cette personne aura une valeur vis avis d'autres. La gestion de cette confiance permet donc de repérer des polluposteurs (des personnes qui polluent le réseau avec des informations truquées) et ainsi de permettre une autorégulation assurée par chaque individu en fonction de son comportement face à ces types d'utilisateurs. La confiance des personnes dans des groupes sociaux ne peut être perçue qu'avec des moyens subjectifs comme la conscience sociale. Il s'agit de la connaissance immédiate et réflexive que certains individus ont de leur entourage.

### La confiance : Définitions

La confiance est largement acceptée comme un composant important dans les relations sociales. En général, la confiance est la mesure qu'une entité se comportera comme prévue, en dépit du manque de capacité de surveiller ou commander l'environnement dans lequel elle fonctionne [Singh and Bawa, 2007]. La figure 2.10 montre que la confiance est originaire de différentes disciplines, menant à différents types ou facettes de confiance avec différentes propriétés ce qui exigent différents modèles [Sherchan et al., 2013].

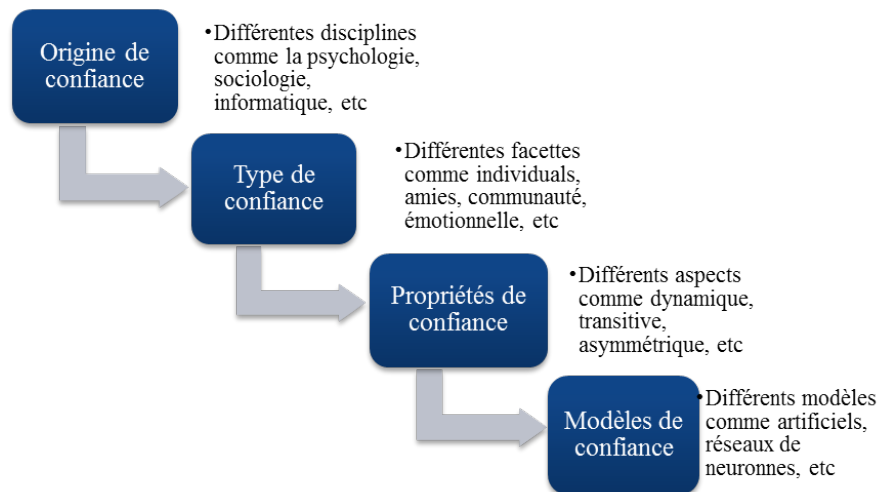


FIGURE 2.10 – Définitions de la confiance selon [Sherchan et al., 2013].

### **1. La confiance en psychologie**

[Deutsch, 1962] définit la confiance comme une décision par rapport à une perception individuelle des coûts et bénéfices dont dépend cette décision. Lors d'une décision de confiance, l'individu est confronté à un chemin ambigu dont les issues dépendantes d'une tierce personne peuvent être perçues positives ou négatives. L'individu perçoit les issues négatives plus importantes que les issues positives. En choisissant de faire confiance l'individu suppose que l'issue positive se produira plutôt que l'issue négative. L'individu est donc confiant aux capacités et intentions de la tierce personne dont dépend l'occurrence de l'issue positive.

### **2. La confiance en Sociologie**

Luhmann décrit la confiance comme un phénomène social où des individus interagissent dans la société [Luhmann, 1979]. Ce phénomène social se traduit par le fait que celui qui fait confiance doit faire face à la liberté de celui à qui il fait confiance. En effet, celui à qui la confiance a été donnée choisit d'effectuer correctement ou non ce qu'on lui demande. Cependant, lorsque quelqu'un choisit de faire confiance en une autre personne, il possède certaines attentes envers cette personne malgré les libertés qu'elle peut avoir. Selon Barber qui se place aussi dans une dimension social de la croyance, l'individu qui fait confiance espère que l'autre remplira des compétences techniques ainsi que des responsabilités et des obligations morales [Barber, 1983].

### **3. La confiance en informatique**

Dans le domaine informatique, [Golbeck, 2005] définit la confiance comme étant l'engagement à croire au bon déroulement des futures actions d'une autre entité. Selon [Grandison, 2003], l'acte de faire confiance se réalise dans un contexte spécifique et se définit par une croyance quantifiée quant aux habilités de l'entité qui est crue. Cette quantification peut être une échelle de valeurs ou une simple classification.

[Olmedilla et al., 2005] définit la confiance dans le domaine des services Web comme une croyance mesurable que le fournisseur se comporte d'une manière digne de confiance pendant une période spécifique dans un contexte spécifique par rapport à un service Web.

Ces auteurs ont tous des définitions différentes sur la confiance cependant trois éléments sont présents dans chaque définition :

- Une personne ou entité faisant confiance.
- Une cible, une personne ou une entité à qui on fait confiance.
- Une situation.

### **Les dimensions de la confiance**

Lors de l'étude de la confiance, il y a beaucoup d'aspects à retenir à l'esprit. Parmi eux les trois critères suivants [Paradesi and Doshi, 2009] :

1. La cible : l'entité qui est jugé d'être digne de confiance ou non. Habituellement, les agents ou les services sont les entités à évaluées.
2. Représentation : Il existe plusieurs façons de coder numériquement la confiance. Dans l'aspect sécurité de la confiance, des qualifications qui incluent des signatures numériques peuvent être employées. Dans l'aspect social de la confiance, l'historique des interactions du passé avec d'autres agents ou le transfert de confiance à partir des entités associées sont généralement employés pour évaluer la confiance d'une entité. Dans le Web sémantique, des ontologies détaillées peuvent être employés pour des politiques de confiance, des négociations de confiance et la provenance de données.

3. Calcul : Le calcul dépend du type de confiance pris en considération.

### **Les propriétés de la confiance**

Plusieurs propriétés ont été identifiées pour caractériser la confiance ([Gaillard, 2011], [Sherchan et al., 2013]). Dans ce qui suit, nous présentons les propriétés les plus citées.

*Contexte* : la confiance dépend du contexte, par exemple Mike a confiance en son docteur John, mais Mike n'a pas confiance en John autant que mécanicien pour lui réparer sa voiture. Donc John est digne de confiance dans le contexte de docteur, mais il n'est pas digne de confiance dans le contexte de mécanicien.

*Asymétrique* : la confiance est typiquement asymétrique, un membre peut avoir confiance dans un autre membre, plus qu'il ne lui fait confiance : « Alice a confiance en Bob » ne veut pas dire que « Bob a confiance en Alice ».

*Dynamique* : la confiance peut augmenter ou diminuer avec de nouvelles expériences (des interactions ou des observations). Cette propriété de confiance est intensivement modélisée en informatique. De diverses techniques sont employées pour modéliser cette dynamité .

*Propagatrice* : en raison de sa nature propagatrice, l'information de confiance peut être passée d'un membre à l'autre dans un réseau social, créant des chaînes de confiance. Les travaux basés sur topologie FOAF (Friend-Of-A-Friend) sont basés sur la nature propagatrice de la confiance.

*Spécifique* : la confiance n'est pas généralisable : « Alice a confiance en Bob

dans le domaine de la mécanique » ne signifie pas que « Alice a confiance en Bob dans le domaine culinaire ».

*Composable* : la propagation de la confiance et de la méfiance tout le long des chaînes sociales permet à un membre de former de la confiance sur un autre membre qui n'est pas directement relié à lui.

*Subjective* : la nature subjective de la confiance mène à la personnalisation du calcul de confiance, où les polarisations et les préférences du confiant ont un impact direct sur la valeur calculée de confiance.

*Renforcement individuel* : la confiance est renforcée individuellement. Les membres agissent positivement avec d'autres membres à qui ils font confiance. De même, si la confiance entre deux membres est au-dessous d'un certain seuil, il est fortement peu probable qu'ils agissent avec l'un l'autre, menant même à moins de confiance sur l'un l'autre.

*Sensible aux événements* : la confiance prend du temps pour la construire, mais un seul événement qui a de l'impact peut la détruire complètement.

### **La confiance et la réputation**

La confiance et la réputation sont des termes très proches et extrêmement liés. [Mui et al., 2002], voient la réputation comme la perception des intentions et des normes d'un autre agent, tandis qu'ils définissent la confiance comme une prévision subjective d'un agent sur le comportement d'un autre agent. La réputation est la perception d'une entité en fonction des expériences passées mais ne suppose rien sur les comportements futurs de cette entité tandis que la confiance fait une prévision sur ces comportements futurs en prenant en compte par exemple les expériences passées. La réputation sert

à évaluer la confiance, les définitions des deux termes sont très proches car dans de nombreux systèmes, seule la réputation est le support de l'évaluation de la valeur de la confiance. La confiance liée ici à la réputation concerne la catégorie « trust Personnel » de [McKnight and Chervany, 1996] où une personne croit une autre personne dans une situation spécifique.

Dans les systèmes de confiance à base de réputation, il existe des processus pour collecter, réunir ou répandre la réputation dans le système. Selon [Resnick et al., 2000], ces systèmes possèdent trois propriétés : i. Après chaque interaction, il y a espérance d'une prochaine interaction, ii. Les interactions individuelles sont capturée et distribuées (à une entité centrale ou aux autres entités) et iii. Les interactions sont le guide des décisions sur les futures interactions entre entités. Ces systèmes reposent aussi sur des mécanismes computationnels afin de calculer cette réputation [Gaillard, 2011].

### **Modélisation de la confiance**

Afin de représenter la confiance, de nombreuses propositions ont été faites dans la littérature. Selon, [Abdul-Rahman and Hailes, 1996], « les valeurs de confiance sont utilisées pour représenter les différents niveaux de confiance qu'un agent peut avoir envers un autre agent ». Cette définition est la base de nombreux systèmes, mais les différents niveaux peuvent être représentés de différentes façons. Ils peuvent correspondre à une valeur unique qui peut être une valeur continue dans un ensemble donné [Marsh, 1994], [Jøsang and Pope, 2005]], une valeur discrète [Golbeck, 2005], des valeurs floues [Sabater and Sierra, 2002] ou encore des étiquettes discrètes [Abdul-Rahman and Hailes, 2000].

Selon Marsh [Marsh, 1994] cette valeur n'a pas d'unité, il existe seulement un

seuil déterminant si l'agent peut être digne de confiance ou non. [Abdul-Rahman and Hailes, 1996] proposent aussi de ne pas représenter la confiance comme une valeur absolue mais comme une relation entre agents.

## **2.4 Les services Web sociaux**

Les services Web sociaux sont nés du croisement entre les services Web et les réseaux sociaux. En se basant sur l'interaction des services Web, des qualités sociales ont été attribuées aux services Web.

### **2.4.1 Le modèle social des services Web**

Selon [Maamar et al., 2011b] le modèle social est composé de quatre étapes (Figure 2.11) qui traitent les questions suivantes : quel genre de relation lie les services Web? quel réseau social correspond à cette relation? quels sont les composants du réseau social de services Web? et quel est le comportement des services Web?

#### **A) Relations liants les services Web**

L'objectif de cette étape est d'établir les relations qui peuvent exister entre les services Web, trois types de relation ont pu être établis selon [Maamar et al., 2011b], suivant les cas :

- (a) Les services Web qui offrent des fonctionnalités similaires
  - Sont en compétition, vu que un seul service Web sera sélectionné à la fois.
  - Substitue les uns autres, dans le cas d'un échec.
- (b) Les services Web qui offrent des fonctionnalités différentes, collaborent dans la création de nouveaux services composites.

**B) Réseaux sociaux correspondants aux relations**

Le but de cette étape est d'identifier les réseaux sociaux potentiels qui peuvent mettre les services Web en contact. Chaque relation constitue une base sur laquelle un réseau social est développé.

**C) Construction du réseau social de services Web**

L'objectif de cette étape est d'identifier les composants sur lesquels les réseaux sociaux seront construits. Ces composants sont les nœuds et les arêtes qui correspondent aux services Web et les relations, respectivement.

**D) Comportement des services Web**

Le but de cette étape est d'identifier le comportement potentiel des services Web, différents types de comportements sociaux existent dans la vie réelle comme : l'égoïsme, la confiance, la dominance, la malveillance, etc.

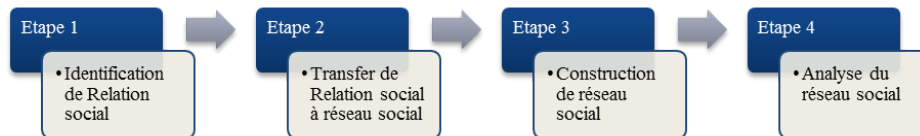


FIGURE 2.11 – Représentation générale du modèle social de services Web [Maamar et al., 2011b].

**2.4.2 Types de relations sociales**

Différent types de relation peuvent être détectées. Le tableau 2.2 les résume et présente leur but et services Web participants respectives [Maamar et al., 2011c].

- Relation de *supervision* entre le service Web slave et le service Web master.



- Relation de *compétition* entre les services Web, dans le cas où ils offrent les mêmes fonctionnalités et un seul service Web sera sélectionné pour répondre à la demande de l'utilisateur.
- Relation de *substitution* entre services Web, dans le cas où ils offrent les mêmes fonctionnalités donc ils peuvent se remplacer ou se substituer.
- Relation de *collaboration* entre les services Web qui sont engagés dans la même composition.
- Relation de *recommandation* entre services Web slave, par leurs services Web master respectifs, de sorte qu'un niveau élevé de compatibilité entre les services Web esclave est atteint quand des compositions sont établies.

Type de relation	Services Web participants	Le but
Supervision	Master-Slave	Satisfaire la requête de l'utilisateur
Compétition	Slave - Slave	Perfectionnement des services Web
Substitution	Slave - Slave	Disponibilité élevée des services Web
Collaboration	Slave - Slave	Post-évaluation de la composition
Recommandation	Slave - Slave (via masters)	Compatibilité de composition

TABLE 2.2 – Types de relations entre services Web.

### 2.4.3 Les réseaux sociaux des services Web

[Maamar et al., 2011b] ont établi trois types de réseaux sociaux nommés, réseau social de collaboration, réseau social de substitution et réseau social de compétition. Un réseau social est un graphe dont les nœuds sont connectés avec des liens, qui constituent les relations sociales (e.g. relations familiales). Les liens peuvent être bidirectionnels ou unidirectionnels, la taille du réseau social varie avec le temps pour des tas de raison

(e.g. la suppression de nœuds).

Dans le réseau social des services Web (SNS), les services Web sont en interaction constante. De nouvelles relations peuvent être formées et celles existantes peuvent disparaître ou être changées. L'analyse des réseaux sociaux peut aider des services Web à tirer profit des scénarios précédent de composition, et ainsi établir des relations avec les paires qui ont déjà participé à ces compositions. SNS peut être représenté par un graphe dans lequel les nœuds représentent les services Web, et les liens représentent les interactions entre les services Web. Les interactions entre les services Web peuvent être classées en trois relations sociales : compétition, substitution et collaboration. Le réseau de compétition, le réseau de substitution et le réseau de collaboration des services Web sont établis en se basant sur ces trois relations [Maamar et al., 2011b].

**Réseau social de compétition** Ce réseau contient que les services Web avec des fonctionnalités similaires et donc ils sont tous en compétition. Ils sont tous connectés les uns aux autres avec des arêtes bidirectionnels comme le montre la figure 2.12. Les services Web sont en compétition les uns contre les autres quand ils offrent des fonctionnalités semblables. Leurs propriétés non fonctionnelles les différencie quand les exigences non fonctionnelles des utilisateurs doivent être satisfaites. En conséquence, un service Web se renseigne sur son propre réseau des concurrents, de sorte qu'il puisse essayer d'améliorer ses propriétés non fonctionnelles en ce qui concerne les autres pairs.

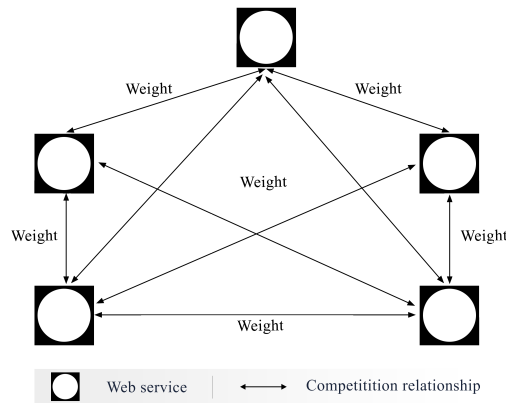


FIGURE 2.12 – Réseau social de compétition de services Web [Maamar et al., 2011c].

**Réseau social de substitution** Le réseau social de substitution est identique à celui de compétition avec seulement une différence est que les arêtes ne sont pas tous bidirectionnels. Vu que les services Web dans réseau de substitution offre les mêmes fonctionnalités, n'importe quelle pair peut être choisie en tant que candidat potentiel pour remplacer un service Web défaillant. Bien que les services Web soient en compétition les uns contre les autres, ils peuvent encore s'aider quand ils échouent s'ils offrent des fonctionnalités semblables. En conséquence, un service Web contrôle son propre réseau des substituants, de sorte qu'il puisse identifier ses propres meilleurs substituants en réponse aux exigences non fonctionnelles des utilisateurs.

**Réseau social de collaboration** Est construit lorsqu'au moins une composition a été réalisée. Pour la navigation dans un réseau social de collaboration, un nœud d'entrée est exigé et représenté différemment du reste des nœuds (Figure 2.13). Ce nœud d'entrée s'appelle le service Web "focus". Tous les liens sortant de ce service Web "focus" sont unidirectionnelles pointant vers d'autres services Web. En combinant leurs fonctionnalités respectives, les services Web ont la capacité de travailler ensemble sur des demandes d'utilisateur complexes. En conséquence, un service Web contrôle son

propre réseau des collaborateurs, de sorte qu'il décide s'il aime collaborer avec des pairs basés sur les expériences passées, comme il peut également recommander des pairs.

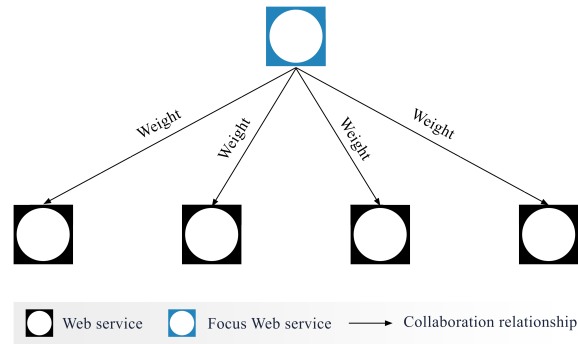


FIGURE 2.13 – Réseau social de collaboration de services Web [Maamar et al., 2011c].

Dans [Maamar et al., 2011c] deux autres réseaux ont pu être établis, et ce en se basant sur les relations de supervision et de recommandation.

**Réseau social de supervision** Pour le construire, deux types de nœuds sont utilisés pour représenter le service Web master et le service Web slave, et un type d'arête pour représenter la relation de supervision. Dans ce type de réseau il y a un seul service Web master et plusieurs nœuds pour les services Web slave. Le point d'entrée du réseau social de supervision est le service Web master, le reste des services Web sont connectés à ce dernier à travers des arêtes de supervision (Figure 2.14). Ces arêtes sont unidirectionnelles du service Web master aux services Web slave.

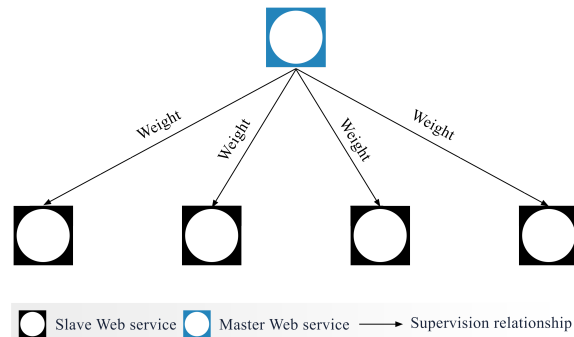


FIGURE 2.14 – Réseau social de supervision [Maamar et al., 2011c].

**Réseau social de recommandation** Est construit lorsqu’au moins un bon nombre de composition doit être complété avec l’existence des réseaux sociaux de collaboration. Construire un réseau social de recommandation requière un seul type de nœuds pour représenter les services Web slave et type d’arête pour représenter la relation de recommandation. Ce réseau est employé pour identifier les paires qu’un service Web slave voudrait travailler avec, basé sur les compositions communes précédentes qui sont rapportées dans le réseau social de collaboration.

#### 2.4.4 Les qualités sociales de services Web

Dans la littérature plusieurs qualités sociales sont proposées. Parmi les plus répondu on trouve :

**La confiance** : un service est digne de confiance lorsqu’il accomplit ses taches avec succès.

**L’égotisme** : un service Web est dit égoïste lorsque ce dernier refuse les demandes de collaboration, et en retour les autres services Web acceptent ses demandes.

**L’imprévisibilité** : un service est dit imprévisible lorsque les réponses de se derniers

contredit les réponses attendu par ce service Web.

**La malveillance** : un service Web présente un comportement malveillant s'il est impliqué dans un grand nombre de relations de déception.

**La dominance** : un service Web présente un comportement dominant, si la majorité de ses relations de collaboration sont en sa faveur.

Ces différentes qualités sociales sont établies à partir des réseaux sociaux des services Web.

## 2.5 Conclusion

Nous avons présenté dans ce chapitre, les principales spécifications qui supportent la technologie des services Web. Ces derniers améliorent l'intégration et l'interopérabilité entre services à travers l'infrastructure Web en utilisant différents standards XML : SOAP pour l'échange de messages, WSDL pour la description de services et UDDI pour la publication et la découverte de services Web. Ils reposent sur une architecture orientée service (SOA) et correspondent à des composants logiciels qui peuvent être combinés, pour former de nouveaux services plus élaborés.

Aussi, nous avons présenté les réseaux sociaux ainsi que le modèle social des services Web. Ce modèle tient compte du fait que les services Web sont en compétition avec les paires similaires lors de la sélection, en collaboration avec les paires différents lors de la composition, et substitut les paires similaires lors d'un échec. Ces trois cas constituent la base de développement des réseaux sociaux de services Web. Le modèle social est constitué de quatre étapes. Dans la première étape l'objectif est de déterminer les relations sociales qui peuvent exister entre les services Web. La seconde étape, consiste à associé ces relations aux réseaux sociaux et la quatrième étape consiste à construire et analyser les réseaux sociaux afin de déterminer le comportement des services Web i.e. les qualités sociales de ces services Web.

---

## CHAPITRE 3

# Les systèmes de recommandation

### 3.1 Introduction

Dans tous les temps, les sociétés humaines ont produit, stocké et échangé des données, des informations dans le but de transmettre des connaissances. Aujourd'hui, ces données sont majoritairement numériques, et elles sont stockées sur des ordinateurs et échangées sur des réseaux de télécommunication informatiques comme Internet. Cependant, la quantité d'informations hétérogènes stockées de manière numérique double tous les dix-huit mois citant par exemple le réseau sociale Facebook qui draine plus de 700 millions de comptes internet dans le monde.

Cette croissance exponentielle des données se traduit par une difficulté à organiser et à analyser ces informations brutes ouvrant pourtant de nouvelles voies sur les chemins de la connaissance. La question n'est donc plus de disposer de l'information, mais de trouver l'information pertinente au bon moment. Delà, le système de recommandation est né.

Un système de recommandation est un type spécifique du filtrage d'information qui présente des éléments d'information qui sont susceptibles d'intéresser un utilisateur. Les éléments d'information à recommander sont diverses : films, musique, livres, images, sites et services Web, émissions télévisées, articles scientifiques, etc. La motivation principale d'un système de recommandation est d'aider les gens à surmonter la surcharge d'information : il y a un grand nombre d'éléments d'information et on n'a pas le temps d'examiner chacun pour effectuer un bon choix.

Dans leur forme la plus simple, les recommandations personnalisées sont des listes triées d'items. Dans l'accomplissement de ce classement, les systèmes de recommandation tentent de prédire quels sont les produits ou services les plus adaptés aux utilisateurs, basés sur leurs préférences et contraintes. Afin d'effectuer une telle tâche de calcul, les systèmes de recommandation collectent les préférences des utilisateurs, qui sont soit données de façon explicite (par exemple en donnant des notes à des produits), soit de manière implicite, inférées par interprétation des actions de l'utilisateur. Par exemple, un système de recommandation peut considérer la navigation vers la page d'un produit particulier comme un signe implicite de préférence pour les items de cette page [Picot-Clément, 2012].

Les racines des systèmes de recommandation remontent aux travaux étendus dans les sciences cognitives, la théorie d'approximation, la recherche d'informations, la théorie de la prévoyance et ont également des liens avec la science de la gestion et le marketing. « Information Lens System » [Malone et al., 1987] peut être considéré comme le premier système de recommandation. À l'époque, l'approche la plus commune pour le problème de partage d'informations dans l'environnement de messagerie électronique était la liste de distributions basée sur les groupes d'intérêt.

A partir des besoins pratiques, les chercheurs ont développé des algorithmes et systèmes de recommandation depuis des années 1990. Il y a plusieurs systèmes qui ont été mis en service et commercialisés par les vendeurs en ligne (eCommerce), par exemples Amazon<sup>1</sup> pour les livres, Netix<sup>2</sup>, IMDb<sup>3</sup>, FilmTrust<sup>4</sup> pour des vidéos, films, delicious<sup>5</sup> pour des sites Web.

Les travaux dans le domaine de recommandation se focalisent sur la conception et le développement des algorithmes. Il existe plusieurs types d'algorithmes de recommandation. Les deux approches les plus utilisées sont le filtrage collaboratif et le filtrage de

---

1. <http://www.amazon.com/>
2. <http://www.netix.com/>
3. <http://www.imdb.com/>
4. <http://trust.mindswap.org/FilmTrust/>
5. <http://www.delicious.com/>



contenus.

## 3.2 Architecture du système de recommandation

Un système de recommandation cherche à prédire la préférence qu'un utilisateur attribuerait à un objet (livre, musique, film) ou à un élément social (personne, groupe, communauté) qu'il n'avait pas encore considéré. Pour cela il requiert généralement 3 étapes :

- La première consiste à recueillir de l'information sur l'utilisateur.
- La deuxième consiste à bâtir une matrice ou un modèle utilisateur contenant l'information recueillie.
- La troisième consiste à extraire à partir de cette matrice une liste de recommandations.

### 3.2.1 La collecte d'information

Les systèmes de recommandation collectent des données afin de pouvoir conseiller un demandeur de services dans le choix d'un service. Selon la méthode utilisée dans la collecte de ses données, nous distinguons des techniques de recommandations implicites (collectent ces données sans interagir avec l'utilisateur) et explicites (interagissent avec l'utilisateur pour collecter ces données).

**La Collecte de données explicites (Filtrage actif)** repose sur le fait que l'utilisateur indique explicitement au système ses intérêts en demandant par exemple à l'utilisateur de commenter, aimer ou encore ajouter comme favoris des contenus (objets, articles) qui l'intéresse. On utilise souvent une échelle de votes (ratings) allant

de 1 étoile (je n'aime pas du tout) à 5 étoiles (j'aime beaucoup) qui sont ensuite transformées en valeurs numériques afin de pouvoir être utilisées par les algorithmes de recommandation.

**La Collecte de données implicites (Filtrage passif)** repose sur une observation et une analyse des comportements de l'utilisateur effectuée de façon implicite dans l'application qui embarque le système de recommandation. Le tout se fait en "arrière-plan" (en gros sans lui rien demander). Par exemple, il obtient la liste des éléments que l'utilisateur a écouté, regardé ou acheté en ligne, il analyse la fréquence de consultation d'un contenu par l'utilisateur, le temps passé sur une page et an son réseau social.

Les avantages et les inconvénients des ces techniques sont présentés dans le tableau 3.1.

	Avantages	Inconvénients
<b>Collecte Explicite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Capacité à reconstruire l'historique d'un individu</li> <li>• Capacité à éviter d'agréger une information qui ne correspond pas à cet unique utilisateur (plusieurs personnes sur un même poste).</li> </ul>	<p>Les informations recueillies peuvent contenir un biais dit de déclaration.</p>
<b>Collecte Implicite</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aucune information n'est demandée aux utilisateurs, toutes les informations sont collectées automatiquement.</li> <li>• Les données récupérées sont a priori justes et ne contiennent pas de biais de déclaration.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Les données récupérées sont plus difficilement attribuables à un utilisateur et peuvent donc contenir des biais d'attribution (utilisation commune d'un même compte par plusieurs utilisateurs).</li> <li>• Un utilisateur peut ne pas aimer un livre qu'il a acheté, ou il peut l'avoir acheté pour quelqu'un d'autre.</li> </ul>

TABLE 3.1 – Avantages et Inconvénients de la collecte explicite et implicite.

### 3.2.2 Le modèle Utilisateur

Pour qu'un système de recommandation donne des prédictions sur les intérêts d'un utilisateur, il doit apprendre un modèle de l'utilisateur. Le modèle utilisateur se présente généralement sous forme de matrice. On peut le représenter comme un tableau qui contient des données recueillies sur l'utilisateur associées aux produits disponibles sur le site web. Il doit être représenté d'une manière telle que les données peuvent être jumelés aux éléments de la collection.

Les éléments que les utilisateurs ont vu dans le passé sont importantes, mais d'autres informations telles que le contenu des items, la perception des utilisateurs des items ou des informations sur les utilisateurs eux-mêmes peuvent être utilisés pour construire un profil utilisateur. Ces données doivent être présentées d'une manière telle qu'ils peuvent être utilisées pour différencier les documents sur des sujets différents. Les intérêts des utilisateurs en général ne restent pas les mêmes, mais changent avec le temps. Les données dans le modèle de l'utilisateur doivent donc être ajustées en permanence de sorte qu'il demeure en conformité avec les intérêts de l'utilisateur.

### 3.2.3 Liste de recommandations

Pour extraire une liste de suggestions à partir d'un modèle utilisateur, les algorithmes utilisent la notion de mesure de similarité entre objets ou personnes décrits par le modèle utilisateur. La similarité a pour but de donner une valeur ou un nombre (au sens mathématique du terme) à la ressemblance entre deux choses. Plus la ressemblance est forte, plus la valeur de la similarité sera grande. À l'inverse, plus la ressemblance est faible, et plus la valeur de la similarité sera petite.

### 3.3 Techniques de recommandation

Il existe une large variété de techniques de recommandation. À travers les travaux de recherche, différentes tentatives de classification des approches ou des techniques ont été réalisées. La classification de ces approches dépend notamment du type de données exploitées et de la méthode d'apprentissage utilisée par le système de recommandation. Les techniques (ou approches) principalement employées pour calculer des recommandations sont : le filtrage basé sur le contenu qui est fondé sur les techniques d'indexation de contenu, et le filtrage collaboratif fondé sur des techniques statistiques de corrélation de profils.

#### 3.3.1 Le filtrage collaboratif

Le filtrage collaboratif est basé sur l'hypothèse que les gens à la recherche d'information peuvent se servir de ce que d'autres ont déjà trouvé et évalué. Pour donner des recommandations à un utilisateur, d'abord le système collaboratif identifie l'ensemble des plus proches voisins, c'est-à-dire les gens qui ont des goûts similaires ; ensuite il décide de proposer ou non un item à cet utilisateur en s'appuyant sur les appréciations des membres de son voisinage par rapport à cet item. Pour ce faire, on emploie des méthodes statistiques et on calcule les corrélations entre les profils des gens (ou les distances entre eux). Par exemple, dans la Figure 3.1, supposons que nous avons des communautés formées par la proximité des évaluations des utilisateurs. Le document  $d$  sera recommandé à l'utilisateur  $u$ , car ce document est apprécié de la communauté  $G$  où se trouve l'utilisateur.

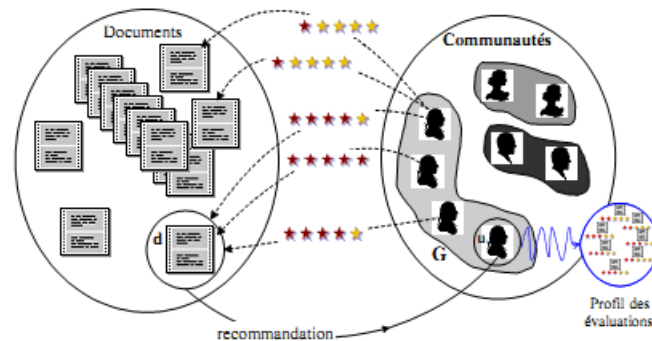


FIGURE 3.1 – Principe général du filtrage collaboratif.

Dans un système de filtrage collaboratif, il faut que les utilisateurs fournissent des évaluations des items qu'ils ont déjà utilisés, sous forme de notes, pour constituer leurs profils. Il n'y a aucune analyse du sujet ou du contenu des objets à recommander. Ce type de système est très efficace au cas où le contenu des objets est complexe, il est compliqué ou impossible de l'analyser.

De plus, l'utilisateur est capable de découvrir divers domaines intéressants, car le principe du filtrage collaboratif ne se fonde absolument pas sur la dimension thématique des profils, et n'est pas soumis à l'effet « entonnoir ».

Un autre avantage du filtrage collaboratif est que les jugements de valeur des utilisateurs intègrent non seulement la dimension thématique mais aussi d'autres facteurs relatifs à la qualité des items tels que la diversité, la nouveauté, l'adéquation du public visé, etc.

Un problème du système collaboratif est que sa performance dépend beaucoup de la distribution des évaluations (notes) données par les utilisateurs. Si dans le système il y a plusieurs items qui ont été utilisés et évalués par très peu d'utilisateurs, ces items seraient recommandés très rarement, même si ces utilisateurs ont donné des notes très hautes pour ces items. Ce problème est connu comme le problème de parcimonie (sparsity problem). De la même façon, si dans le système il existe des utilisateurs qui ont des

goûts très différents en comparaison avec les autres, le système ne peut pas trouver des similarités entre utilisateurs et donc ne peut pas donner des bonnes recommandations. L'exploitation des données disponibles dans un système de filtrage peut se faire de plusieurs manières. Ces méthodes sont classées en deux familles principales : les algorithmes basés mémoire et les algorithmes basés modèle.

### Filtrage collaboratif basé sur la mémoire

Le filtrage collaboratif basé sur la mémoire utilise une matrice des votes contenant des préférences des utilisateurs pour prédire des sujets additionnels ou des produits auxquels un nouvel utilisateur peut-être s'intéresse. L'objectif d'un filtrage collaboratif basé sur la mémoire est de prédire l'utilité des ressources (items) pour un utilisateur particulier (l'utilisateur actif) basé sur la base des votes d'utilisateur.

Ainsi, dans le filtrage basé sur la mémoire, les notes des utilisateurs stockées par le système sont directement utilisées pour prédire les notes pour de nouveaux items. Cela peut être fait de deux manières connues sous le terme de recommandations basées sur les utilisateurs ou recommandations basées sur les items.

#### A) Filtrage collaboratif basé sur la mémoire (utilisateurs)

Les systèmes basés sur le voisinage utilisateur, évaluent l'intérêt d'un utilisateur pour un item en utilisant les notes de cet item. Ces notes sont données par d'autres utilisateurs, appelés voisins, qui ont des habitudes de notation similaires. Les voisins d'un utilisateur sont typiquement les utilisateurs dont les notes sur les items sont les plus proches de celles de sur ces items. Les plus proches voisins sont les utilisateurs les plus similaires dans leur notation.

En se basant sur le profil d'un utilisateur  $u_i$ , le système recherche les utilisateurs  $u_j$  ( $j$  diffère de  $i$ ) qui lui sont les plus similaires. Les deux mesures de similarité qui sont très utilisées sont : la similarité vectorielle et la corrélation de Pearson.

- **Corrélation de Pearson**

La corrélation de Pearson est une méthode issue des statistiques. Elle est aussi très utilisée dans le domaine des systèmes de recommandation pour mesurer la similarité entre deux utilisateurs. La formule suivante, nous donne cette valeur pour deux utilisateurs A et B :

$$Sim(A, B) = \frac{\sum_j (v_{A,j} - v_{\bar{A},j})(v_{B,j} - v_{\bar{B},j})}{\sqrt{\sum_j (v_{A,j} - v_{\bar{A},j})^2 (v_{B,j} - v_{\bar{B},j})^2}} \quad (3.1)$$

$j$  : Nombre d'objets ayant été voté à la fois par A et B.

$v_{A,j}$  : Vote de A pour l'item  $j$ .

$v_{\bar{A},j}$  : Moyenne des votes de A.

$v_{B,j}$  : Vote de B pour l'item  $j$ .

$v_{\bar{B},j}$  : Moyenne des votes de B.

- **Cosinus des vecteurs**

Dans cette méthode les utilisateurs A et B sont considérés comme deux vecteurs de même origine dans un espace de  $m$  dimensions.  $m$  est égal au nombre d'items évalués par les deux utilisateurs. Plus deux utilisateurs sont similaires, plus l'angle entre leurs vecteurs respectifs est petit. Empiriquement, la similarité entre ces deux utilisateurs est calculée par la formule du Cosinus suivante :

$$Sim(A, B) = \sum_{j=1}^n \frac{v_{A,j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n v_{A,j}^2}} \times \frac{v_{B,j}}{\sqrt{\sum_{j=1}^n v_{B,j}^2}} \quad (3.2)$$

$n$  : nombre d'items votés communément par A et B.

$v_{A,j}$  : Vote de A pour l'item  $j$ .

$v_{B,j}$  : Vote de B pour l'item  $j$ .

- **La distance de Spearman**

La distance de Spearman est équivalente à la distance de Pearson, mais au lieu



d'utiliser les évaluations comme critère pour la distance elle utilise le classement des préférences. Si un utilisateur a évalué 20 items, l'item le plus préféré a une note de 20 et l'item le moins préféré a une note de 1. Une distance de Pearson est calculée sur ces notes. La distance de Spearman n'est pas très significative et ne doit être utilisée que dans les cas où l'échantillon de données ne peut être normalisé [Belloui, 2008].

Une fois que toutes les similarités de l'utilisateur cible A par rapport aux autres utilisateurs sont calculées et que les  $n$  utilisateurs les plus similaires qui constituent le voisinage de cet utilisateur cible sont définis, la prédiction de la valeur d'un item  $j$  évaluée par l'utilisateur A ( $P_{A,j}$ ) est calculée à l'aide de la somme pondérée des estimations des voisins les plus proches qui ont déjà estimé l'item  $j$  :

$$P_{A,j} = \frac{\sum_{i=1}^n Sim(A, i) \times v_{i,j}}{\sum_{i=1}^n Sim(A, i)} \quad (3.3)$$

$n$  : nombre d'utilisateurs présents dans le voisinage de A, ayant déjà voté sur l'item  $j$ .

$v_{i,j}$  : Vote de l'utilisateur  $i$  pour l'objet  $j$ .

### B) Filtrage collaboratif basé sur la mémoire (items)

Alors que les méthodes basées sur le voisinage utilisateur s'appuient sur l'avis d'utilisateurs partageant les mêmes idées pour prédire une note, les approches basées sur les items prédisent la note d'un utilisateur  $u$  pour un item  $i$  en se basant sur les notes de  $u$  pour des items similaires à  $i$ . Dans de telles approches, deux items sont similaires si plusieurs utilisateurs du système les ont noté d'une manière similaire. Les choix possibles pour calculer la similarité  $Sim(i, j)$  entre les items  $i$  et  $j$  sont aussi la corrélation Pearson et la similarité vectorielle [Arnautu, 2012].

La similarité vectorielle se sert de l'estimation moyenne d'utilisateur de chaque paire évaluée, et fait face à la limitation de la similarité vectorielle. Empiriquement, la

similarité entre deux items est calculée par la formule du Cosinus suivante :

$$Sim(i, j) = \sum_{A=1}^m \frac{(v_{A,i} - \bar{v}_A)}{\sqrt{\sum_{A=1}^m (v_{A,i} - \bar{v}_A)^2}} \times \frac{(v_{A,j} - \bar{v}_A)}{\sqrt{\sum_{A=1}^m (v_{A,j} - \bar{v}_A)^2}} \quad (3.4)$$

$m$  : nombre d'utilisateurs qui ont voté pour les deux items.

$v_{A,i}$  : vote de A pour l'item i.

$v_{A,j}$  : vote de A pour l'item j.

$\bar{v}_A$  : moyenne des votes de l'utilisateur A.

Une fois que la similarité parmi les items a été calculée, la prochaine étape est de prévoir pour l'utilisateur cible A, une valeur pour l'item actif i. Une manière commune est de capturer comment l'utilisateur a évalué les items similaires [Arnautu, 2012]. La valeur prévue est basée sur la somme pondérée des estimations de l'utilisateur ainsi que les déviations des estimations moyennes et peut être calculée à l'aide de la formule suivante :

$$P_{A,i} = \bar{v}_i + \frac{\sum_{j=1}^m Sim(i, j) \times (v_{A,j} - \bar{v}_j)}{\sum_{j=1}^m |Sim(i, j)|} \quad (3.5)$$

$m$  : nombre d'items présents dans le voisinage de item i, ayant déjà été voté par l'utilisateur A.

$v_{A,j}$  : Vote de l'utilisateur A pour l'objet j.

$\bar{v}_j$  : Moyenne des votes pour l'item j.

$|Sim(i, j)|$  : Similarité moyenne.

Ces prédictions seront comparées par la suite avec les valeurs réelles omises en utilisant deux mesures : MAE (Mean Absolute Error) et RMSE (Root Mean Squared Error) qui sont des mesures de qualité de la prédiction très utilisées dans ce domaine.

### Filtrage collaboratif basé sur un modèle

Le deuxième type d'algorithmes, est comme le nom l'indique basé sur des modèles, supposés réduire la complexité. Ces modèles peuvent être probabilistes et utiliser l'espérance de l'évaluation pour calculer la prédiction. Comme ils peuvent être basés sur des classificateurs permettant de créer des classes pour réduire la complexité.

Le modèle de Clustering permet de limiter le nombre d'individus considérés dans le calcul de la prédiction. Le temps de traitement sera donc plus court et les résultats seront potentiellement plus pertinents puisque les observations porteront sur un groupe le plus proche de l'utilisateur actif. Autrement dit, au lieu de consulter l'ensemble de la population, nous estimons la préférence d'un groupe de personnes ayant les mêmes goûts que l'utilisateur. Parmi les méthodes utilisées nous citons :

#### **K-Means**

La méthode des plus proches voisins K-Means consiste dans un premier temps à choisir aléatoirement  $k$  centres dans l'espace de représentation utilisateurs/ressources. Ensuite, chaque utilisateur est mis dans le cluster du centre le plus proche. Quand les groupes de personnes sont formés, nous recalculons la position des centres pour chaque cluster et réitérons l'opération depuis le début jusqu'à obtenir un état stable où les centres ne bougent plus.

L'algorithme est certes simple à mettre en œuvre mais présente certains inconvénients, lié à la criticité du choix des clusters initiaux, pouvant influencer sur la qualité de la classification.

#### **RecTree**

RecTree est un algorithme de filtrage collaboratif appelé l'arbre de recommandation (Recommandation Tree). L'algorithme RecTree fractionne les données dans des cliques d'utilisateurs approximativement semblables. L'objectif est de maximiser les similarités entre les membres d'une même clique et à minimiser celles entre les membres de deux cliques différentes.

### 3.3.2 Le filtrage basé sur le contenu

Le filtrage basé sur le contenu (ou filtrage cognitif) peut être considéré comme un système de recherche d'information exploitant le profil d'utilisateur. Le profil utilisateur, composé de centres d'intérêts, sert à trouver des contenus présentant des méta-données en adéquation. Ce système utilise également les informations de retour fournis par l'utilisateur (feedback) pour mettre à jour son profil. Ce dernier permet d'améliorer la qualité des recommandations au cours du temps.

L'avantage des systèmes de filtrage cognitifs, basés contenu est qu'ils permettent d'associer des documents à un profil utilisateur. Notamment, en utilisant des techniques d'indexation et d'intelligence artificielle.

L'utilisateur est indépendant des autres ce qui lui permet d'avoir des recommandations même s'il est le seul utilisateur du système [Belloui, 2008]. Cependant, ce type de systèmes présente certaines limitations :

- L'effet « entonnoir » : les besoins de l'utilisateur sont de plus en plus spécifiques, ce qui l'empêche d'avoir une diversité de sujets. Même pire, un nouvel axe de recherche dans un domaine bien précis peut ne pas être pris en compte car il ne fait pas parti du profil explicite de l'utilisateur.
- Filtrage basé sur le critère thématique uniquement, absence d'autres facteurs comme la qualité scientifique, le public visé, l'intérêt porté par l'utilisateur, etc.
- Les difficultés à recommander des documents multimédia (images, vidéos, etc.) et ceci à cause de la difficulté à indexer ce type de documents, c'est en fait la même problématique dont souffrent les systèmes de recherche.

- Problème de démarrage à froid : Un nouvel utilisateur du système éprouve des difficultés à exprimer son profil en spécifiant des thèmes qui l'intéressent. Ceci malgré les techniques d'apprentissage ou l'utilisateur fournit des textes exemples.

### 3.3.3 Filtrage contextuel

Les systèmes de recommandation discutés ci-haut opèrent dans un espace bidimensionnel (utilisateur, item) du fait qu'ils tiennent compte que des deux profils : utilisateur et item.

Cependant, les mesures de similarité ne sont pas toujours objectives. Dans quelques domaines, la similarité est très dépendante du contexte. En fait, la partie subjective est un grand facteur de la mesure, et ces mesures ne prennent pas en considération ceci. Il y a plusieurs éléments dépendants du contexte qui devraient être considérés (par exemple à qui ?, quand ?, où ?, et particulièrement pourquoi ?).

Le filtrage contextuel utilise les informations contextuelles (circonstances) pour décrire et caractériser les items. Pour comparer le filtrage à base de contenu et à base de contexte, un exemple clair est la détection de spam de courrier électronique. Le premier est fondé sur l'analyse de texte du courriel (c'est-à-dire à base de contenu), alors que le filtrage contextuel ne s'occupe pas du contenu du courriel. Il utilise plutôt le contexte de la connexion SMTP pour décider si un courriel électronique devrait être marqué comme spam ou non [Arnautu, 2012].

### 3.3.4 Filtrage démographique

Même s'il distingue le Filtrage Démographique (FD) comme une méthode à part entière, Burke, fait remarquer qu'il est un cas particulier du filtrage collaboratif. La méthode démographique est similaire à celle collaborative dans son approche (en comparant les utilisateurs), juste en utilisant de différentes données d'entrée (les caractéristiques dé-

mographiques contre les estimations) pour produire la recommandation.

Cette technique classe les profils d'utilisateurs dans les clusters selon les données personnelles (âge, état civil, genre, etc.), données géographiques (ville, pays) et données psycho-graphiques (intérêts, style de vie, attitudes, croyances et personnalités).

L'hypothèse sur laquelle repose cette technique est que deux utilisateurs ayant évolué dans un environnement similaire partagent des goûts communs et que deux utilisateurs ayant évolué dans des environnements différents ne partageant donc pas les mêmes goûts.

De nombreux sites utilisent cette solution simple à proposer une offre de contenu "personnalisé". Par exemple, les utilisateurs sont redirigés vers un site Web particulier en fonction de leur langue ou de pays. Ces approches ont été très populaires dans la littérature de marketing, mais ont reçu peu d'attention dans le domaine des algorithmes de recommandation.

### 3.3.5 Filtrage à base de données communautaire

La recommandation communautaire où comme on l'appelle souvent recommandation sociale vu que la plupart des réseaux sociaux (facebook, twitter, etc) se basent sur cette classification dans leurs recommandations.

Son principe général est que le système propose des recommandations à partir des relations de l'utilisateur avec ces amis dans le réseau social, et parfois cette recommandation dépend aussi de la valeur de confiance d'utilisateur dans chacun de ses amis. L'exemple le plus connu de cette recommandation est la section des pages et des groupes qui apparaît dans la partie droite d'une page facebook. L'importance décisionnelle du bouton « I Like » de Facebook a donné un succès croissant dont 55% des utilisateurs sont influencés par leurs amis.

### 3.3.6 Filtrage basé sur la sémantique

Plusieurs stratégies ont été utilisées pour introduire de la sémantique dans le processus de recommandation. La description de ces stratégies est abordée en tenant compte de plusieurs critères tels que :

- Le type de source de connaissance impliquée (lexique, ontologie, etc.) ;
- Les techniques adoptées pour l'annotation ou la représentation d'items ;
- Le type de contenu inclus dans le profil utilisateur ;
- La stratégie de correspondance entre items et profil.

Les systèmes de recommandation basés sur la sémantique évoluent au rythme des méthodes et outils proposés dans le domaine du Web sémantique.

**SiteIF** [Magnini and Strapparava, 2001] a été le premier système à adopter une représentation basée sur le sens des documents pour construire un modèle des intérêts de l'utilisateur. SiteIF est un agent personnel pour un site Web de nouvelles multilingues. La source externe de connaissance impliquée dans le processus de représentation est **MultiWordNet** (une base de données lexicale multilingue).

**ITR** (ITerm Recommender) est un système capable de fournir des recommandations d'items dans plusieurs domaines (films, musique, livres), à condition que les descriptions d'items soient disponibles sous forme de documents texte [Degemmis et al., 2007].

**SEWeP** (Semantic Enhancement for Web Personalization) [Eirinaki et al., 2003] est un système de personnalisation Web qui utilise à la fois les logs d'utilisation et la sémantique du contenu du site Web dans le but de le personnaliser. Une taxonomie des catégories spécifiques au domaine a été utilisée pour annoter sémantiquement les pages Web, afin d'avoir un vocabulaire uniforme et consistant.

**Quickstep** [Middleton et al., 2004] est un système de recommandation d'items de recherche académique. Le système adopte une ontologie d'items de recherche basée sur

la classification scientifique du projet DMOZ open directory (DMOZ open directory project) (27 classes utilisées).

**Informed Recommender** [Aciar et al., 2007] utilise les avis des utilisateurs sur les produits pour faire des recommandations. Le système convertit les opinions des clients dans une forme structurée en utilisant une ontologie de traduction, qui est exploitée pour la représentation et le partage de connaissance.

Les méthodes décrites précédemment ont donné des résultats meilleurs et plus précis comparés aux méthodes traditionnelles basées sur le contenu.

### 3.3.7 Filtrage basé sur la confiance

Les réseaux sociaux permettent d'exploiter la confiance entre individus facilement ; on peut construire les systèmes qui donnent automatiquement des recommandations des amis dans un réseau social. En effet, l'apparition et la croissance des réseaux sociaux est la condition préalable pour le développement des techniques basées sur la confiance.

La confiance peut être définie dans un système de recommandation comme la similarité entre individus. C'est la similarité au niveau des préférences, par exemple, le nombre d'objets appréciés par deux individus est une métrique de la confiance entre eux.

La confiance est modélisée dans un réseau social par un graphe dont les nœuds représentent les individus et les liens représentent la relation de confiance. Chaque lien est caractérisé par un poids, un nombre réel qui représente le niveau de confiance entre les deux nœuds. La confiance entre deux individus n'est pas forcément symétrique.

Les approches pour construire un algorithme de recommandation basées sur la confiance sont très diverses. Néanmoins, toutes sont composées de deux parties principales :



- Construire un modèle de confiance.
- Construire un modèle de calcul et prévoir le niveau de l'intérêt d'un individu sur un objet.

### 3.3.8 Filtrage à base de connaissance

Les Systèmes à base de connaissances génèrent les recommandations en utilisant des connaissances spécifiques dont certaines caractéristiques d'items répondent aux préférences de l'utilisateur.

Les Systèmes à base de connaissances travaillent généralement mieux que les autres types de recommandation si les données limitées sont disponibles, à savoir, si le système ne peut pas compter sur l'existence d'un historique de l'utilisateur. Mais si le système de la connaissance n'est pas conçu pour apprendre des notes ou des actions de l'utilisateur.

Plusieurs approches ont été utilisées dans cette topologie de recommandations telles que le raisonnement à base des cas et le raisonnement à base de contraintes.

#### Le raisonnement à base des cas

Le raisonnement à base des cas tire parti de la régularité du monde réel afin de résoudre des problèmes en recherchant la solution d'un cas semblable rencontré et résolu dans le passé. [Piamrat et al., 2009] ont utilisé cette approche dans les systèmes de recommandation. Ils estiment combien les besoins ou les préférences (description de problème) de l'utilisateur correspondent aux recommandations possibles (solutions du problème) en se basant sur le comportement de consommation précédente (cas précédents).

## Le raisonnement à base de contraintes

Une recommandation à base de contraintes est un autre type de systèmes à base de connaissances. La recommandation à base de contraintes exploite des bases de connaissances prédéfinies qui contiennent des règles explicites sur la façon de relier les exigences des clients avec des fonctionnalités d’item. Par exemple, un utilisateur peut être intéressé à acheter des produits avec un certain ensemble de caractéristiques et dans une gamme de prix spécifique.

### 3.3.9 Filtrage hybride

Constatant les avantages et inconvénients de chacune des deux approches ci-dessus, on comprend que de nombreux systèmes reposent sur leur combinaison, ce qui en fait des systèmes de filtrage dits « hybrides ». En général, l’hybridation s’effectue en deux phases : (i) appliquer séparément le filtrage collaboratif et autres techniques de filtrage pour générer des recommandations candidates, et (ii) combiner ces ensembles de recommandations préliminaires selon certaines méthodes telles que la pondération, la mixation, la cascade, la commutation, etc., afin de produire les recommandations finales pour les utilisateurs [Nguyen, 2006].

Plus généralement, les systèmes hybrides gèrent des profils d’utilisateurs orientés contenu, et la comparaison entre ces profils donne lieu à la formation de communautés d’utilisateurs permettant le filtrage collaboratif. La meilleure description des méthodes hybrides a été faite par [Burke, 2002]. Alors, selon Burke on peut distinguer sept façons de combiner les méthodes traditionnelles :

#### **Pondération (Weighted)**

Une méthode hybride qui combine la sortie d’approches distinctes, utilisant, par exemple, une combinaison linéaire des scores de chaque technique de recommandation.

**Commutation (Switching)**

C'est une technique qui permet de faire le choix d'un modèle de recommandation parmi plusieurs, en se basant sur plusieurs critères. La détermination de la technique appropriée dépend de la situation. Le système se doit alors de définir les critères de commutation, ou les cas où l'utilisation d'une autre technique est recommandée. Ceci permet au système de connaître les points forts et les points faibles des techniques de recommandation qui le constituent.

**Technique mixte (Mixed)**

Dans cette approche, le recommandeur ne combine pas, mais augmente la description des ensembles de données, en prenant en considération les estimations des utilisateurs et la description des items. La nouvelle fonction de prédiction doit faire face aux deux types de descriptions et permet d'éviter les problèmes posés par le filtrage collaboratif, à savoir, le démarrage à froid.

**Combinaison de caractéristiques (Features combination)**

Dans un système basé sur la combinaison de caractéristiques, les données provenant de techniques collaboratives sont traitées comme une caractéristique, et une approche basée sur le contenu est utilisée sur ces données.

**Cascade**

La cascade implique un processus étape par étape. Dans ce cas, une technique de recommandation est appliquée en premier, produisant un ensemble de candidats potentiels.

Puis, une deuxième technique raffine les résultats obtenus dans la première étape. Cette méthode a pour avantage que si la première technique génère peu de recommandations, ou si ces recommandations sont ordonnées afin de permettre une sélection rapide, la deuxième technique ne sera plus utilisée.

**Augmentation de caractéristiques (Feature augmentation)**

L'augmentation de caractéristiques est semblable à la cascade, mais dans ce cas-là les résultats obtenus (le classement ou la classification) de la première technique sont

utilisées par le deuxième comme une caractéristique ajoutée.

### Méta niveau (Meta-level)

Dans un hybride basé sur méta niveau, une première technique est utilisée, mais différemment que la précédente méthode (augmentation de caractéristiques), non pas pour produire de nouvelles caractéristiques, mais pour produire un modèle. Et dans la deuxième étape, c'est le modèle entier qui servira d'entrée pour la deuxième technique [Arnautu, 2012].

## 3.4 Classification des systèmes de recommandation

Dans la littérature plusieurs classifications des systèmes de recommandations sont connus. Dans la figure 3.2 nous présentons les principales classifications :

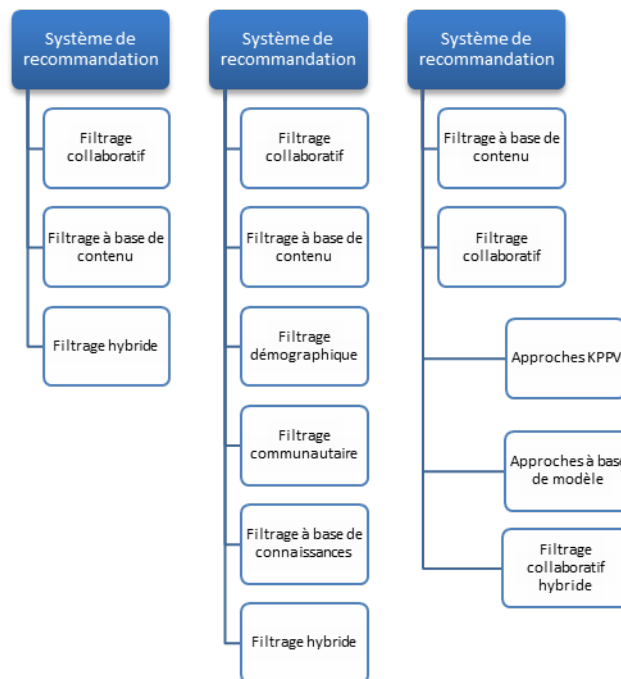


FIGURE 3.2 – Principales classifications des systèmes de recommandations.

A) **La classification classique** : cette classification de [Adomavicius and Tuzhilin,

2005] est identifiée par un filtrage collaboratif(CF),un filtrage basé sur le contenu (CBF) et le un filtrage hybride.

B) **La Classification de [Su and Khoshgoftaar, 2009]** :c'est une classification utilisée dans les systèmes purement de collaboration. Ils proposent une sous-classification qui comprend les techniques hybrides qui sont classées dans les méthodes de collaboration hybrides. [Su and Khoshgoftaar, 2009] classent les approches de CF en trois catégories :

- **Approches CF à base de mémoire** : pour les K-plus proches voisins.
- **Approches CF basées sur un modèle** englobant une variété de techniques telles que : clustering, les réseaux bayésiens, factorisation de matrices, les processus de décision de Markov.
- **Approches CF hybrides** qui combinent une technique recommandation CF avec un ou plusieurs autres méthodes.

C) **La classification de [Rao and Talwar, 2008]** : c'est une classification en fonction de la source d'information utilisée.

### 3.5 Forces et faiblesses des systèmes de recommandations

Le tableau 3.2 résume les forces et faiblesses des méthodes traditionnelles utilisées par les systèmes de recommandation, en l'occurrence le Filtrage Collaboratif (FC), le Filtrage Démographique(FD), le Filtrage à Base de Contenu (FBC), et le Filtrage à base de données communautaires.

Les problèmes les plus rencontrés dans les systèmes de recommandation sont :

- **Adaptabilité** : Au fur et à mesure que la base de données des évaluations augmente,

la recommandation devient plus précise.

- **Nouvel utilisateur** : Un nouvel utilisateur qui n'a pas encore accumulé suffisamment d'évaluations ne peut pas avoir de recommandations pertinentes.
- **Nouvel item** : Un item doit avoir suffisamment d'évaluations pour qu'il soit pris en considération dans le processus de recommandation.
- **Démarrage à froid** : Le démarrage à froid est un problème pour les nouveaux utilisateurs qui commencent à jouer avec le système, parce que le système ne dispose pas d'assez d'informations à leur sujet. Si le profil d'utilisateur est vide, il doit consacrer une somme d'efforts à l'aide du système avant d'obtenir une récompense (les recommandations utiles). D'autre part, quand un nouvel item est ajouté à la collection, le système doit avoir suffisamment d'informations pour être en mesure de recommander cet item aux utilisateurs.

Techniques	Avantages	Inconvénients
Filtrage démographique	N'exige aucun historique d'estimations d'utilisateur.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Problème de confidentialité. Recommandation très générale.</li> <li>• Utilisateur avec un goût unique.</li> <li>• Nouvel Item.</li> </ul>
Filtrage à base de données communautaire	Adaptabilité : la qualité croit avec le nombre d'amis.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nouvel utilisateur.</li> <li>• Nouvel item.</li> </ul>
Filtrage à base du contenu	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Pas besoin d'une large communauté d'utilisateurs pour pouvoir effectuer des recommandations.</li> <li>• Une liste de recommandations peut être générée même s'il n'y a qu'un seul utilisateur.</li> <li>• La qualité croit avec le temps.</li> <li>• Pas besoin d'information sur les autres utilisateurs.</li> <li>• Prendre en considération les goûts uniques des utilisateurs.</li> <li>• Possibilité de recommander de nouveaux items ou même des items qui ne sont pas populaires.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• L'analyse du contenu est nécessaire pour faire une recommandation.</li> <li>• Problème de recommandation des images et de vidéos en absence de Méta-données.</li> <li>• Nécessité du profil d'utilisateur.</li> </ul>
Filtrage collaboratif	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ne demande aucune connaissance sur le contenu de l'item ni sa sémantique.</li> <li>• La qualité de la recommandation peut être évaluée.</li> <li>• Plus le nombre d'utilisateurs est grand plus la recommandation est meilleure.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Démarrage à froid.</li> <li>• Nouvel Item.</li> <li>• Nouvel utilisateur.</li> <li>• Problème de confidentialité.</li> <li>• La complexité : dans les systèmes avec un grand nombre d'items et d'utilisateurs, le calcul croit linéairement.</li> </ul>

TABLE 3.2 – Les avantages et les inconvénients des techniques de recommandations.

## 3.6 Évaluation des systèmes de recommandation

Pour évaluer un systèmes de recommandation deux approches sont possibles. Une évaluation « online » et une évaluation « offline ». Dans une évaluation online, le système de recommandation est testé par des utilisateurs réels à l'aide d'une application réelle. Ce type d'évaluation a plusieurs avantages. Elle permet au système de donner des résultats très fiables, de mesurer la performance de l'application réelle dans un contexte d'utilisation réelle, mais elle induit également des problèmes et des difficultés. Tout d'abord, un grand nombre d'utilisateurs est nécessaire pour obtenir des résultats pertinents, et avec une population limitée de l'utilisateur , en comparant de nombreuses alternatives prend beaucoup de temps . Deuxièmement, puisque les utilisateurs réels sont impliqués dans l'expérience, les essais ont un impact sur leur expérience avec le service, ce qui pourrait être indésirable. Et troisièmement les évaluations online ne sont pas applicables à des applications ou à des services avant leur lancement.

Puisque les évaluations en ligne avec de vrais utilisateurs sont pour la plupart coûteux et risquées. L'évaluation offline est souvent utilisée comme une méthodologie pour des expérimentations rapides et bon marché [Jannach et al., 2010].

Ce type d'évaluation utilise des ensembles de données de comportement de l'utilisateur historique pour évaluer les nouveaux algorithmes de recommandation ou les paramètres de l'algorithme.

L'ensemble de données est divisé en deux ensembles disjoints : l'ensemble d'apprentissage et l'ensemble de test. L'ensemble d'apprentissage représente les interactions que les utilisateurs ont déjà effectué, et est utilisée comme entrée pour le recommandeur. L'ensemble de test est inconnu pour le système de recommandation et doit être prédit. L'avantage principale de déconnecté les évaluations est que de nombreux tests peuvent être effectués dans un court temps, à moindre coût, et sans la nécessité de véritables utilisateurs. Cependant, l'évaluation offline présente des inconvénients aussi graves. Par exemple, il est difficile de garantir que la méthodologie d'évaluation capte vraiment le



comportement de l'utilisateur réel. Dans une évaluation online, les recommandations influent sur le comportement de l'utilisateur, mais l'offline prévoit simplement un comportement de l'utilisateur sans l'influence de la recommandation. En conséquence, il est difficile d'estimer le véritable changement dans le comportement de l'utilisateur provoqué par les recommandations.

Pour évaluer la qualité d'un système de recommandation, différents attributs qualitatifs peuvent être mesurés. Le tableau suivant (tableau 3.3) définit quelque uns [Jannach et al., 2010].

La qualité	La description
<b>La précision</b>	La précision reflète la mesure dans laquelle les recommandations correspondent aux véritables préférences de l'utilisateur. la précision mesure comment le système de recommandation peut prédire les éléments que l'utilisateur sélectionnera, comment l'utilisateur va évaluer ces éléments, ou comment l'utilisateur va classer ces items compte tenu de ses préférences personnelles.
<b>La diversité</b>	La méthode la plus explorée pour mesurer la diversité dans la liste de recommandation est item-item similarity. Elle est mesurée par le calcul de la somme, moyenne, minimum, ou la distance maximale entre les paires d'éléments. Sinon, nous pourrions mesurer la diversité pour chaque élément qui est ajouté à la liste de recommandation, de la diversité du nouvel élément dans les items déjà existant dans la liste.
<b>La couverture</b>	la couverture dans un système de recommandation est le pourcentage des items disponibles qui sont effectivement jamais recommandé. C'est une mesure importante pour le propriétaire du système et moins intéressant pour les utilisateurs.
<b>La nouveauté</b>	Une nouvelle recommandation est une suggestion pour un élément dont l'utilisateur n'était pas au courant, et est découverte en explorant les recommandations. Par exemple, si un utilisateur ne connaît pas la sortie d'un nouveau film avec son acteur préféré, alors cet item est une nouvelle recommandation.
<b>La confiance</b>	La confiance de l'utilisateur dans le système de recommandation est une mesure importante pour un service efficace. Elle se réfère à la mesure dans laquelle les utilisateurs croient qu'ils aimeront vraiment des recommandations.

<b>L'utilité</b>	La plupart des sites de e-commerce évaluent un système de recommandation en termes d'augmentation des ventes ou le bénéfice qu'ils font. L'utilisateur peut être évalué par un questionnaire ou une interview.
<b>La satisfaction de l'utilisateur</b>	C'est l'objectif final dans l'optimisation d'un système de recommandation. Elle se réfère à l'expérience globale de l'utilisateur dans un système de recommandation. La satisfaction de l'utilisateur doit être mesurée par une interview ou un questionnaire.
<b>Le risque</b>	Dans certains cas, les recommandations peuvent être associées à un risque potentiel, par exemple, un site e-commerce qui permet les achats doivent être retournés à la charge du site. Dans ce scénario, recommander un mauvais item encourt un coût de livraison (aller et retour).
<b>La confidentialité</b>	Le système de recommandation crée un profil personnel, suit le comportement de l'utilisateur, et déduit les préférences personnelles. Ce sont des données sensibles sur l'utilisateur, qui doivent être stockées et traitées en toute sécurité afin de protéger la vie privée des utilisateurs.
<b>La robustesse</b>	La robustesse est une caractéristique du système de recommandation qui indique le degré de stabilité des recommandations dans le cas où de fausses informations sont passées.

<b>Adaptabilité</b>	L'adaptabilité est la caractéristique des systèmes de recommandation indiquant à quelle vitesse les recommandations s'adaptent aux changements des items ou des tendances.
---------------------	----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

TABLE 3.3 – Les attributs qualitatifs pour évaluer la qualité d'un système de recommandation.

### 3.7 Conclusion

Les approches des systèmes de recommandation sont particulièrement variées, et peuvent être classées de différentes manières. Dans ce chapitre, nous avons passé en revue les classes principales des systèmes de recommandations à savoir : Filtrage basé sur le contenu, filtrage collaboratif et la recommandation hybride. Dans le filtrage basé sur le contenu, le contenu des préférences de l'utilisateur et les dispositifs d'items sont impliqués dans le processus de recommandation. Dans les systèmes basé sur le filtrage collaboratif, les recommandations sont basées sur les estimations des utilisateurs. Les systèmes de recommandation hybrides combinent des méthodes basées sur le contenu avec des méthodes de filtrage collaboratif.

Autre que ces trois principales classes, nous avons aussi passé en revue les systèmes basés sur le filtrage collaboratif, les systèmes basés sur le filtrage à base de contenu, les systèmes basés sur le filtrage contextuel, les systèmes basés sur le filtrage démographique, les systèmes basés sur le filtrage à base de données communautaire, les systèmes basés sur le filtrage sémantique, les systèmes basés sur le filtrage hybrides et les systèmes basées sur la confiance.

Aussi, nous avons présenté les limitations de chaque type de système de recommandation et finalement nous avons présenté quelques mesures bien connues qui sont employées pour évaluer les systèmes de recommandation.

---

## CHAPITRE 4

# Ingénierie des services Web Sociaux : état de l'art

### 4.1 Introduction

Dans ce chapitre, nous introduisons différentes approches d'ingénierie des services Web, des réseaux sociaux et des systèmes de recommandation. Nous commençons par étudier les approches de découverte de services Web. Nous étudions par la suite, dans la section II, les travaux qui se sont intéressés à la composition des services Web. Dans la section III, nous présentons les approches qui traitent le problème de la sélection des services Web. Dans la section IV nous présentons des travaux utilisant des techniques de recommandations de services Web et nous identifions les points pouvant être projetés sur notre contexte. Enfin, nous concluons ce chapitre.

### 4.2 Ingénierie des services Web à base des réseaux sociaux

#### 4.2.1 Découverte des services Web

La découverte des services Web peut se faire via les registres dans lesquels les fournisseurs ont publié leurs services Web. Cependant, les registres existants ne proposent pas

de mécanismes de recherche avancés.

Plusieurs travaux ont proposé des solutions pour améliorer le processus de découverte de services Web. Parmi ces travaux nous citons ceux qui ont utilisé l'analyse des réseaux sociaux (Social Computing) et les approches à base de confiance.

#### A) Approches à base d'analyse des réseaux sociaux

[Maamar et al., 2011a] ont abordé le problème de découverte des services Web qui répondent aux exigences des utilisateurs. Ils se sont basés sur les interactions du passé qui existent entre les services Web pour construire un réseau social. Ce dernier permet à un service Web de recommander le service Web dont il veut collaborer avec, comme il permet de connaître les services Web avec qui il est en compétition pour la sélection. Les nœuds du réseau représentent les services Web et les arcs les relations social qui les relie. Les interactions entre les services ont été classées suivant deux axes : similaire (Compétition, Substitution), ou différent (Collaboration). Le but de cette approche est d'améliorer le registre UDDI, en prenant en considération les interactions.

[Ning and Shao, 2012] ont construit un réseau social de services Web sémantiques en se basant sur la similitude, pour tenter de résoudre le problème de la découverte des services Web. Le principal but de ce travail est d'éliminer la relation de compétition et de collaboration en fusionnant les services Web en un service Web atomique.

[Maamar, 2011] ont rassemblé les services Web offrant des fonctionnalités similaires dans une communauté pour faciliter la découverte des services Web. Une communauté offre ainsi une description d'une fonctionnalité spécifique sans se référer à un service Web concret. La Figure 4.1 illustre l'architecture d'une communauté de services Web. Pour faciliter la gestion d'une communauté, les auteurs attribuent le rôle de master à un service Web dans chaque communauté. Le rôle principal du master est la gestion d'une communauté et notamment ses membres appelés slaves.

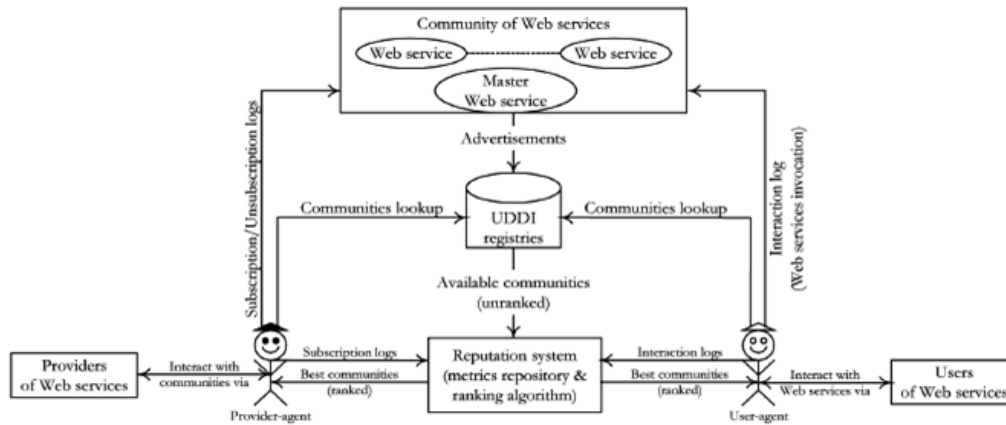


FIGURE 4.1 – Architecture de communauté des services Web [Maamar, 2011].

Cette approche permet aux utilisateurs la sélection transparente des services Web et indépendante de la façon dont ils sont regroupés dans les communautés.

[Elnaffar et al., 2011] proposent un réseau social de Cloud appelé « Sky », ce dernier permet de découvrir les clouds isolés. Parmi les avantages de cette approche est la disponibilité et la fiabilité croissante du service Web. De plus, le modèle de sky offre la capacité de diversifier les sources de logiciel. Cependant le cout de transfert des données vers le sky est élevé.

## B) Approches à base de confiance

La notion de confiance a été utilisée dans plusieurs travaux. [Ludwig et al., 2009] ont proposé un modèle flou basé sur la confiance et la réputation des services Web, dans le but de résoudre le problème de découverte des services Web. Le modèle proposé prend la confiance d'interaction, la réputation des témoins et la réputation certifié comme trois paramètres d'entrée et calcule une valeur globale de la confiance comme sortie. La logique floue fournit une manière simple d'arriver à définir la conclusion basée sur une information vague, ambiguë, imprécise, bruyante, ou manquante en entrée. Aussi elle simule comment une personne prend les décisions et exécute le raisonnement. Les auteurs ont utilisé le triangle et trapèze

floues qui fournissent une représentation adéquate pour la connaissance donnée de confiance.

[Louati et al., 2012] ont intégré la dimension sociale dans la découverte des services Web. Ils prennent en compte à la fois l'aspect sémantique et structurel des propriétés du service client. En outre, ils calculent la confiance sociale entre le client et le fournisseur de services, en agrégeant trois mesures : la position sociale, la proximité sociale et la similitude sociale. Les auteurs ont intégré la confiance dans le but d'améliorer la découverte des services Web, ce qui leur permettra de gagner en crédibilité.

[Faci et al., 2012] traitent le problème d'attraction des services Web dans des réseaux sociaux et pour cela ils ont fixé des critères pour attirer des services Web et assurer leurs pérennités. Ces critères sont la confidentialité, la confiance, la fiabilité et la disponibilité. Ces critères permettent d'évaluer le taux d'attraction du réseau social en termes d'utilité et de confidentialité, comme ils permettent d'aider le service Web à choisir le réseau social avec qui il voudra signer. Chacun des critères cités dessus permettent :

- De protéger les services Web contre les collaborateurs qui veulent leur nuire.
- De s'assurer que les services Web ont confiance dans les pairs qu'ils recommandent dans les compositions.
- De suivre les opérations des services Web pour assurer la QoS.

### 4.2.2 Sélection des services Web

Après la découverte des services Web, l'étape qui suit est la sélection. Le client doit sélectionner le service Web qui convient le mieux à ses attentes parmi la collection de services Web. Cependant, les représentations existantes des services Web, soit réalisées par les langages de description, soit stockées dans les registres de publication, ne sont



pas suffisamment précises pour faciliter la tâche du client. Parmi les travaux qui traitent ce problème on trouve :

**A) Approches à base d'analyse des réseaux sociaux**

[Yahyaoui et al., 2008] se sont basés sur la notion de réputation pour définir un modèle de réputation pour les communautés des services Web. Ils suggèrent alors qu'un modèle de réputation propre aux communautés soit examiné aussi bien du point de vue fournisseur qu'utilisateur. En effet, d'une part, un fournisseur doit choisir la communauté dans laquelle il va inscrire son service Web. D'autre part, un utilisateur doit choisir, entre autres, avec quelle communauté interagir avant d'identifier le service Web (qui réside dans cette communauté) qu'il invoquera plus tard. Le modèle de réputation proposé facilite non seulement la sélection des meilleurs services Web, mais permet aussi de distinguer les bons des mauvais services, vu que la réputation permet d'assurer le respect de contrats de garantie de la qualité du service.

[Fauvet et al., 2007] ont utilisé la notion de communauté pour résoudre le problème de sélection et de recherche de services Web dans les annuaires UDDI. Pour cela ils ont développé un modèle de communauté formalisé par le biais d'un ensemble de types abstraits. Les opérations associées permettent en particulier d'effectuer, au sein d'une communauté, la sélection du service (ou de plusieurs) répondant le mieux à un ensemble de critères de qualité. Le concept de communauté permet de résoudre le problème de disponibilité de services Web, de pallier les déficiences des registres UDDI, et un moyen pour supporter la composition dynamique d'un grand nombre de services Web.

[Yahyaoui et al., 2014] proposent un modèle flou pour améliorer la sélection des services web sociaux, dans le but de développer des services Web composés. L'aspect social provient des qualités que les services Web exhibent au temps d'exécution tel que l'égoïsme et la confiance. Le modèle flou considère ces qualités pendant la sélection, ce qui permet aux utilisateurs d'exprimer leurs besoins

et conditions en considérant ces qualités. La classification dans ce modèle flou est basée sur une technique hybride qui mixe le calcul des services Web et les comportements sociaux.

#### B) **Approches à base de confiance**

[Malik and Bouguettaya, 2009] proposent un Framework nommé RATEWeb (*a Reputation Assessment framework for Trust Establishment among Web services*) qui établit la confiance, dans le but d'améliorer la sélection et la composition des services Web. Leur approche consiste à fournir une solution complète pour évaluer la réputation des fournisseurs de service Web d'une façon précise, fiable, et décentralisée. Le Framework proposé prend en compte la présence des évaluateurs malveillants qui peuvent montrer l'oscillation des comportements honnêtes et malhonnêtes.

Pour augmenter la confiance de collaboration pendant la sélection des services Web, un modèle de réputation appelé la réputation de collaboration est proposé par [Wang et al., 2011]. Le modèle de réputation de collaboration est établi sur le réseau de collaboration de service Web (WSCN), et il fournit le mécanisme d'élimination de faux service Web pour garantir une sélection de service Web digne de confiance.

### 4.2.3 **Composition des services Web**

La composition de services Web est considérée comme une révolution qui permet la distribution, sur le Web, non seulement des données et des documents, mais aussi des applications. Vu le nombre croissant de demande des clients le problème de composition des services Web s'est posé.

#### A) **Approches à base d'analyse des réseaux sociaux**

[Maaradji et al., 2010] ont adopté l'approche de la composition semi-automatique

et ont proposé un Framework nommé SoCo (Social Composer) qui aide les utilisateurs dans la composition des services Web. Pour réaliser cette composition ils se sont basés sur les informations tirées à partir des réseaux sociaux. L'utilisation de la composition semi-automatique permet d'intégrer l'utilisateur dans le processus de la composition.

Pour garantir la conformité et l'intégrité des services Web au sein d'un réseau social [Maamar et al., 2012b] proposent d'intégrer la notion d'engagement « commitments », cette dernière rend pour responsable le service Web de ces actions qu'il entretient dans le réseau social et ce au court d'une composition. Comme avantage de la notion engagement est qu'il :

- Décrivent mieux comment les conjonctures économiques dans la réalité se produisent en termes de négociation, délégation et décharge, qui ne peuvent être manipulées par des opérations simples d'invocation ;
- Associés aux états qui permettent de suivre le progrès d'interaction entre les parties connues sous le nom de débiteur et de créancier impliqué dans ces engagements ;
- Peuvent être employés dans les conjonctions avec d'autres éléments comme la confiance et l'argumentation pour développer les scénarios complexes d'affaires.

[Maamar et al., 2012c] utilisent l'interaction entre le réseau social d'utilisateurs et le réseau social des services web pour composer, exécuter et diriger des services web composites. Le réseau social d'utilisateurs permet d'aider les utilisateurs à sélectionner le service web adéquat basé sur l'expérience des autres pairs du réseau, et le réseau social des services web permet d'aider l'utilisateur à choisir le service web substitut dans le cas d'échec. Pour établir une interaction entre ces deux réseaux, trois composants ont été développés (figure 4.2) : moniteur, exécuteur et compositeur.

*Composeur* développe des services composites en se basant sur les relations entre les utilisateurs et les services Web.

*Exécuteur* évalue l'impact de ces relations sur l'évolution de l'exécution du service web composite.

Et le *moniteur* remplace les services Web qui ont une faille, pour garantir la continuité de l'exécution.

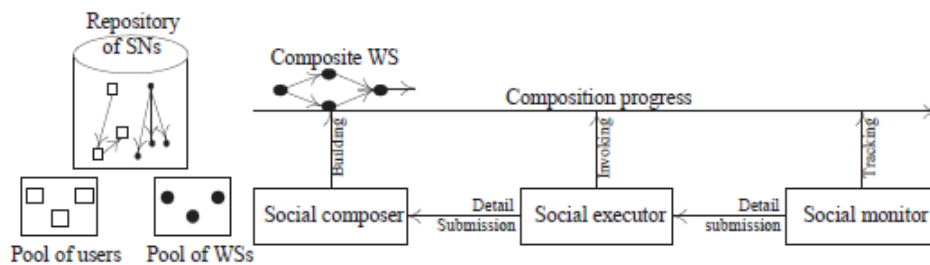


FIGURE 4.2 – Composeur, exécuteur et moniteur en actions [Maamar et al., 2012c].

[Han et al., 2012] tentent de résoudre les problèmes qu'ils ont rencontré en utilisant les réseaux sociaux pour améliorer la composition des services web. Ces problèmes ne sont autre que les deux inconvénients des réseaux sociaux : connectivité faible et les liens négatifs. Pour passer outre ces inconvénients les auteurs proposent deux méthodes ; la première méthode consiste à utiliser l'analyse des réseaux sociaux pour ajouter de la valeur au services Web dans le but de résoudre le premier inconvénient, et ils proposent d'identifier les liens négatifs en se basant sur l'historique des utilisateur et de les supprimer.

## B) Approches à base de confiance

[Paradesi and Doshi, 2009] ont élaboré un Framework préliminaire pour intégrer la confiance dans les compositions de services Web, dans lequel les valeurs de la confiance sont progressivement mises à jour au fil du temps en fonction des interactions avec plusieurs utilisateurs. Spécifiquement, ils se sont concentrés sur l'aspect comportemental (social) de la confiance dans le contexte de services Web

et de son rôle dans l'amélioration de la pragmatique de composition des services Web.

Dans le but d'améliorer la composition dynamique des services Web, [Bansal et al., 2010] proposent un Framework, qui non seulement utilise les propriétés fonctionnels et non fonctionnels qui sont fournis par le document de description de service Web (WSDL), mais également filtre les solutions en se basant sur leur valeur de confiance. Ils mesurent la confiance d'un service Web en mesurant la centralité du fournisseur et de l'organisation du fournisseur dans un réseau social.

[Mokarizadeh et al., 2010] ont utilisé la qualité social trust comme métrique de mesure de la qualité des services Web (QoS) pour une éventuelle composition. La confiance est établie en tenant compte de la réputation des utilisateurs, comme ils ont intégré un modèle d'inférence de Privacy qui permet de protéger la visibilité des informations des utilisateurs contre ceux qui sont moins confiants. L'objectif de ce travail est de fournir des outils permettant de trouver la composition la plus appropriée des services Web basés sur l'expérience de l'utilisateur et sur l'expérience des utilisateurs de confiance.

La qualité du réseau social a été évaluée dans [Maamar et al., 2012a] selon différents axes (confidentialité, confiance, fiabilité et disponibilité). Ces critères permettent au service Web de prendre la décision d'intégrer un réseau social ou non, qu'il soit un réseau de collaboration de substitution ou de compétition. Dans le réseau social de substitution QoS, la sémantique et la policy matching permettent d'identifier le substitut parfait. Dans le réseau social de compétition la QoS permet d'établir le niveau de compétitivité et dans le réseau social de collaboration sémantique et policy matching permettent de composer des services Web.

#### 4.2.4 Tableau comparatif

Le tableau suivant résume les approches présentées ci-dessus, selon les critères d'évaluation que nous avons pu déduire à travers notre étude.

Approche	Objectif	Outil	Réseau social	QoS	Confiance
[Maamar et al., 2011a]	Découverte	-	Services Web	-	-
[Ning and Shao, 2012]	Découverte	-	Services Web	-	-
[Maamar, 2011]	Découverte	-	Services Web	-	-
[Faci et al., 2012]	Découverte	-	Services Web	-	+
[Elnaffar et al., 2011]	Découverte	-	Cloud	-	-
[Ludwig et al., 2009]	Découverte	-	-	-	+
[Louati et al., 2012]	Découverte	-	Services Web	-	+
[Yahyaoui et al., 2008]	Sélection	-	Services Web	-	-
[Fauvet et al., 2007]	Sélection	+	Services Web	-	-
[Yahyaoui et al., 2014]	Sélection	-	-	-	+
[Malik and Bouguettaya, 2009]	Sélection	+	-	-	+
[Wang et al., 2011]	Sélection	+	-	-	+
[Xie et al., 2008]	Composition	+	Services Web	-	+
[Maaradji et al., 2010]	Composition	+	Services Web et utilisateurs	-	-
[Maamar et al., 2012b]	Composition	-	Services Web	-	-
[Maamar et al., 2012c]	Composition	-	Services Web et utilisateurs	-	-
[Han et al., 2012]	Composition	-	Services Web	-	-
[Paradesi and Doshi, 2009]	Composition	+	Services Web	-	+
[Bansal et al., 2010]	Composition	+	Services Web	-	+
[Mokarizadeh et al., 2010]	Composition	-	Services Web	+	+
[Maamar et al., 2012a]	Composition	-	-	+	+
[Abderrahim and Benslimane, 2015a]	Découverte	+	Services Web et utilisateurs	+	+

### 4.3 Recommandation des services Web

Dans cette section nous allons présenter quelques travaux de la littérature qui traitent les techniques de recommandation des services Web.

### 4.3.1 Les systèmes de recommandation de service Web

[Zheng et al., 2009] proposent un système de recommandation de services Web (WSRec) pour résoudre le problème de sélection de services Web. WSRec inclut un mécanisme de contribution utilisateur pour la collection d'information de QoS de service Web et un nouvel algorithme de filtrage collaboratif hybride, pour la prévision de la valeur de QoS des services Web, en employant l'historique de QoS d'autres utilisateurs similaires de services.

Une composante clé des techniques de recommandation de service Web est le calcul de la mesure de similarité des services Web. Différent de la mesure de similarité du coefficient de corrélation de Pearson (PCC), [Jiang et al., 2011] tiennent compte de l'influence personnalisée des services en calculant la mesure de similarité entre les utilisateurs et l'influence personnalisée des services. Basé sur le modèle de mesure de similarité des services Web, ils ont développé une technique (PHCF) de filtrage collaboratif hybride personnalisée efficace en intégrant l'algorithme basé utilisateur personnalisé et l'algorithme basé item personnalisé.

La sélection inadéquate d'un service Web peut poser beaucoup de problèmes. [Chen et al., 2013b] propose un système de recommandation de service Web basé sur le filtrage collaboratif, afin d'aider les utilisateurs à choisir les services Web avec une Qualité-de-Service optimal. Basé sur les valeurs de QoS prédites des services Web, des recommandations personnalisées basé sur les QoS de service Web peuvent être produites pour aider des utilisateurs à choisir le service Web optimal parmi ceux qui lui sont fonctionnellement équivalent. Pour augmenter l'exactitude de prévision, ils ont proposé un système de recommandation de service Web basé localisation (appelé Lo-Rec), qui utilise des valeurs de QoS de service Web et la localisation d'utilisateur pour fournir des prédictions personnalisées de QoS.

La valeur de QoS est fortement liée au contexte d'invocation (par exemple, la valeur de QoS se diversifie à de différents moments). En considérant la dynamité du contexte, un

framework basé sur la QoS temporel de recommandation de service Web est présenté par [Zhang et al., 2014] pour prévoir la valeur de QoS absente sous divers contexte temporel. De plus, ils formalisent ce problème comme modèle généralisé de factorisation de tenseur et proposent un algorithme non négatif de la factorisation de tenseur (NTF) qui peut traiter les relations triadique du modèle utilisateur-service-temps.

Pour trouver les services Web souhaité en utilisant des moteurs de recherche de service Web, un utilisateur doit fournir les questions et souvent à une perte quant à quelles sont les questions appropriées (par exemple, quels mots-clés devraient être employé, quelles valeurs devraient être placées pour un attribut de QoS). Pour remédier à ce problème [Yao et al., 2014] proposent une nouvelle approche qui unifie le filtrage collaboratif et les recommandations basées sur le contenu. En particulier, cette approche considère simultanément des données d'estimation (par exemple, QoS) et des données sémantiques (par exemple, fonctionnalités) des services Web en utilisant un modèle génératif probabiliste. Dans ce modèle, les préférences inobservables d'utilisateur sont représentées par un ensemble de variables latentes, qui peuvent être statistiquement estimées, en utilisant des algorithmes comme maximisation d'espérance (EM).

[Deng et al., 2013] ont utilisé l'analyse des réseaux des utilisateurs et des services Web pour étudier les rapports de confiance entre les utilisateurs et les services Web, Ils proposent un algorithme de filtrage collaboratif nommé « Trust-based Service Recommendation (TSR) » qui fournit aux utilisateurs des recommandations personnalisées de services Web basées sur leur confiance et sur la QoS désiré.

[Deng et al., 2014] proposent une méthode de recommandation de service basée sur le réseau social, avec le perfectionnement de confiance connu sous le nom de "RelevantTrustWalker". D'abord, une méthode de factorisation de matrice est utilisée pour évaluer le degré de confiance entre les utilisateurs dans le réseau social. Après, ils proposent un algorithme prolongé aléatoire pour obtenir des résultats de recommandation.

[Suria and Palanivel, 2015] proposent un système de recommandation de service Web (WSRS), pour fournir la qualité de service adéquate aux utilisateurs. Ce dernier utilise



l'algorithme de filtrage collaboratif hybride (basé sur la mémoire et basé sur le modèle). Aussi, ils ont inclut la corrélation entre différentes propriétés de QoS, et détecter les utilisateurs malveillants qui fournissent des informations de QoS imprécise.

### **4.3.2 Tableau comparatif**

Le tableau présenté ci-dessus, résume les approches qui traitent les systèmes de recommandation de services Web. Ils ont été comparés selon certains critères d'évaluation que nous avons prédéfinis. A savoir, l'objectif visé, l'outil développé, l'algorithme utilisé, la technique de recommandation utilisée, la QoS, la qualité de confiance et l'analyse du réseau social (ARS).

Approche	Objectif	Outil	Algorithme	Technique de recommandation	QoS	Confiance	ARS
[Zheng et al., 2009]	Sélection	+	filtrage collaboratif	hybride	+	-	-
[Jiang et al., 2011]	Recommandation	-	filtrage collaboratif	hybride	-	-	-
[Chen et al., 2013b]	Sélection	-	filtrage collaboratif	basé service Web	+	-	-
[Zhang et al., 2014]	Recommandation	+	filtrage collaboratif	basé modèle	+	-	-
[Yao et al., 2014]	Sélection	-	filtrage collaboratif et basé contenu	hybride	+	-	-
[Deng et al., 2013]	Recommandation	-	filtrage collaboratif	hybride	+	+	-
[Deng et al., 2014]	Recommandation	-	filtrage collaboratif	hybride	-	+	-
[Suria and Palanivel, 2015]	Recommandation	-	filtrage collaboratif	hybride	+	-	-
[Abderahim and Benslimane, 2015a]	Recommandation	+	filtrage collaboratif	hybride	+	+	+

### 4.3.3 Synthèse

Dans la vie quotidienne, nous cherchons des suggestions des amis pour décider le meilleur endroit pour acheter un bien ou un service particulier. Si un ami a déjà acheté ce produit, il peut nous donner des bons conseils. Le niveau de confiance que nous avons en notre ami joue un rôle important pour déterminer comment nous apprécierions sa recommandation. Ce scénario illustre l'idée d'obtenir des recommandations basées sur la confiance. Les réseaux sociaux nous permettent d'exploiter la confiance entre indi-

vidus facilement ; on peut construire les systèmes qui donnent automatiquement des recommandations des amis dans un réseau social. En effet, l'apparition et la croissance des réseaux sociaux est la condition préalable pour le développement des techniques basées sur la confiance [Tran, 2011].

L'efficacité de cette méthode de recommandation a été prouvée par de nombreux travaux de recherche [Berkovsky et al., 2008, Zarghami et al., 2009, Jamali and Ester, 2010], cependant ces approches n'ont pas été appliqués aux service Web. Dernièrement il y a eu l'approche proposé par [Deng et al., 2013] qu'on a présenté ci-dessus et qui a proposé un système de recommandation de services Web à base de confiance.

Cependant et à la différence des autres approches, dans notre approche nous avons utilisé l'analyse des réseaux sociaux (social computing) et ce dans le but de pouvoir déterminer la valeur de confiance des services Web à partir de leur comportement social, c.à.d les qualités sociales, qu'ils exhibent lors de l'exécution.

## **4.4 Conclusion**

Dans ce chapitre nous avons passé en revue les approches proposées pour résoudre les problèmes lié à l'ingénierie des services Web, à savoir la découverte, la sélection et la composition et ce en utilisant l'analyse des réseaux sociaux ou la qualité sociale de confiance. Et les approches proposant des systèmes de recommandation pour les services Web, cela aussi sont classé selon deux catégorie : ceux intégrant la confiance, et ceux qui ne l'ont pas intégrée. Aussi, nous avons pu établir deux tableaux de synthèse qui résumant toutes les approches présentées dans ce chapitre. Ces tableaux nous ont permit de se positionner par rapport aux travaux déjà réalisés.

---

## CHAPITRE 5

# STRESS : Système de recommandation de services Web à base de confiance sociale

### 5.1 Introduction

Dans ce chapitre nous décrivons l'approche que nous proposons pour résoudre les problématiques citées en état de l'art, c.à.d. la sélection des services Web qui satisfont les besoins des utilisateurs, et le manque de fiabilité des systèmes de recommandation. Aussi nous décrivons un prototype implémentant l'environnement de recommandation de services web. Nous décrivons en premier lieu, l'architecture générale du système proposé en présentant les différents composants ainsi que leurs rôles. Nous présentons ensuite les bases de test utilisés pour évaluer l'environnement, après nous montrons les différentes expérimentations menées, et nous discutons les résultats obtenus.

### 5.2 Présentation de l'approche

L'objectif des réseaux sociaux est de réunir des personnes ainsi elles peuvent partager leurs expériences, recommandations, conseils, etc. Comme il est mentionné dans [Huang, 2007], la confiance est un facteur critique dans le succès des réseaux sociaux. Sans confiance en place, les membres peuvent ne pas souhaiter partager leur connaissance

ou expérience avec d'autres membres dus à la crainte que leur informations et identités soient abusées, ou par crainte d'être mal-jugé. Par conséquent, un réseau social dont les membres se font confiance est nécessaire. Nous appelons un tel réseau, un réseau social de confiance (Trusted social network TSN), sur lequel un système de recommandation de services Web sera construit (figure 5.1) [Abderrahim and Benslimane, 2015a].

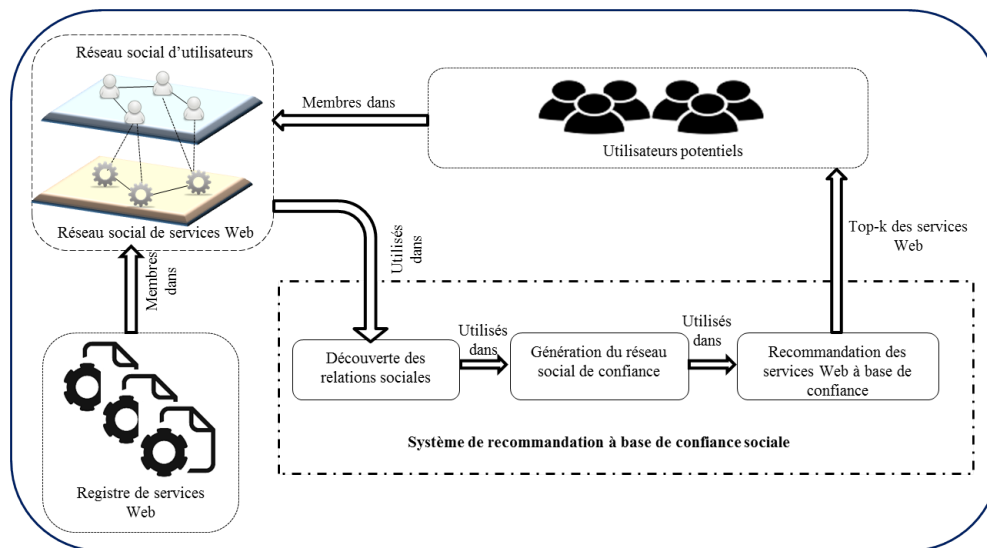


FIGURE 5.1 – Système à base de confiance sociale pour la recommandation des services Web.

### 5.2.1 Découverte des relations sociales

A partir des interactions qui existent entre le réseau social des utilisateurs et celui des services Web, le système de recommandation à base de confiance capture les relations utilisateur-utilisateur, service Web-service Web et utilisateur-service Web.

Formellement un réseau social d'utilisateur (SNU) est représenté par  $SNU(U, R)$  où  $U$  est l'ensemble des utilisateurs et  $R$  est l'ensemble des relations sociales qui relient les utilisateurs. Similairement le réseau social de services Web (SNS) est représenté par  $SNS(S, R)$  où  $S$  est l'ensemble des services Web et  $R$  est l'ensemble des relations sociales qui existent entre les services Web.

## 5.2.2 Relation utilisateur-utilisateur

La relation entre deux utilisateurs peut être une relation social (par exemple lorsqu'ils se suivent et établissent des liens d'amitié), et/ou informationnelle (comme partager des informations, procurer des recommandations ou avoir accès à des informations générés par d'autres). Dans notre approche la relation utilisateur-utilisateur est utilisée pour déterminer le degré de confiance entre les utilisateurs. Particulièrement nous considérons la qualité des liens sociaux entre les utilisateurs et la qualité de recommandation fournit par les utilisateurs.

### a) Niveau d'affinité d'utilisateur

Les liens sociaux montrent une certaine affinité entre les utilisateurs, un utilisateur  $u$  peut avoir une forte ou une faible affinité envers un utilisateur  $v$  en se basant sur les relations personnelles (ex. relation familiale ou d'amitié) ou sur les relations professionnelles (ex. relation de collègues ou de partenariat).

Les Modèles qui permettent aux utilisateurs de créer et de lier des rapports au sujet de qui ils sont, sont typiquement basés sur les concepts du « Web de confiance » ou « FOAF <sup>1</sup> ». Le projet FOAF (Friend Of A Friend) est un effort communautaire pour définir un vocabulaire RDF pour exprimer des métadonnées sur les gens, et leurs intérêts, relations et activités. Fondée par Dan Brickley et Libby Miller, FOAF est une initiative communautaire ouverte, qui aborde directement le but le plus large du Web sémantique : définir un ensemble de technologies visant à rendre le contenu des ressources du World Wide Web accessible et utilisable par les programmes et agents logiciels, grâce à un système de méta-données formelles, utilisant notamment la famille de langages développés par le W3C.

Les profils FOAF comprennent des informations démographiques (nom, sexe, âge, pseudonyme, page d'accueil, les comptes web, etc.), géographiques (ville et pays, latitude et longitude géographiques), les informations sociales (relation avec d'autres

---

1. <http://www.foaf-project.org/>

personnes), psycho-graphiques (i.e. Les intérêts d'utilisateur) et comportementales (habitudes d'utilisation). Nous étendons FOAF : Person pour permettre aux utilisateurs d'indiquer le niveau d'affinité qu'ils ont envers les gens qu'ils connaissent. Ce niveau entre  $u$  et  $v$ , noté  $U_{u,v}^{LoA}$  prend ses valeurs dans l'intervalle 0 pour une faible affinité, jusqu'à 1 pour une forte affinité. Pour déterminer l'affinité de l'utilisateur avec les pairs qui lui sont inconnus, nous adaptons le modèle de confiance proposé par [Golbeck, 2006] pour l'utiliser dans notre approche.

Équation 5.1 décrit comment les valeurs transitives d'affinité sont inférées en utilisant une pondération moyenne envers tous les utilisateurs voisins.

$$U_{u,v}^{LoA} = \frac{\sum_{p=0}^n \left( \begin{array}{cc} (U_{u,v}^{LoA})^2 & \text{si } U_{u,p}^{LoA} \geq U_{p,v}^{LoA} \\ U_{p,v}^{LoA} * U_{u,p}^{LoA} & \text{si } U_{u,p}^{LoA} < U_{p,v}^{LoA} \end{array} \right)}{\sum_{p=0}^n U_{u,p}^{LoA}} \quad (5.1)$$

Où  $u$  a  $n$  voisins le séparent de  $v$ .

#### b) Qualité de recommandation d'utilisateur

La qualité de recommandation notée  $U_{u,v}^{QoR}$  indique le degré de satisfaction de  $v$  envers les recommandations de  $u$ . Cela permet de détecter les recommandeurs de confiance qui ont un historique de procurer des recommandations fiables. Équation 5.2 nous permet de calculer  $U_{u,v}^{QoR}$ .

$$U_{u,v}^{QoR} = \frac{PR_{u,v}}{TR_u} \quad (5.2)$$

Où  $PR_{u,v}$  représente le nombre totale des recommandations fiables que  $u$  a fourni à  $v$ . Et  $TR_u$  représente le nombre totale des recommandations que  $u$  a fourni au sein du réseau social d'utilisateurs.

#### c) Qualité de confiance d'utilisateur

Le problème majeur que rencontre les systèmes de recommandation à base de confiance, est comment évaluer le degré de confiance entre les utilisateurs. Pour

calculer la qualité de confiance entre  $u$  et  $v$ , notée  $U_{u,v}^{QoT}$ , nous utilisons leurs interactions et connections sociales.

$U_{u,v}^{QoT}$  est évaluée par l'équation 5.3.

$$U_{u,v}^{QoT} = \gamma \times U_{u,v}^{QoR} + (1 - \gamma) \times U_{u,v}^{LoA} \quad (5.3)$$

Où  $\gamma$  est un coefficient de pondération, avec  $0 \leq \gamma \leq 1$ .

### Relation service Web-service Web

Dans un réseau social de services Web, les services Web sont en constante interaction. De nouvelles relations peuvent être créées et d'autres existantes peuvent changer ou disparaître. L'analyse des réseaux sociaux peut aider les services Web à tirer profit des scénarios précédents de composition auxquels ils ont participé, ainsi ils peuvent établir des relations avec d'autres pairs qui ont participé à ces compositions. QoS (Quality of Service) est souvent utilisée pour représenter les propriétés non fonctionnelles d'un service Web (ex. cout, disponibilité, temps de réponse), et elle a été un facteur clé dans leur sélection [Chen et al., 2013a].

Dans notre approche, nous considérons SQoS (Social Quality of Service) comme propriété sociale qui caractérise le comportement d'un service Web qu'il exhibe envers les autres paires au moment de l'exécution. Dans ce qui suit, nous présentons les propriétés sociales : coopération, égoïsme et honnêteté de [Maamar et al., 2011a] que nous avons adapté pour notre approche [Abderrahim and Benslimane, 2015a].

#### Définition (Coopération)

La qualité de coopération d'un service Web se réfère au nombre de fois que ce dernier est sollicité par ses pairs pour participer à une composition. Plus un service Web est sollicité plus la qualité de coopération est meilleure. Pour évaluer la qualité de coopération notée  $Coop_{i,j}$  d'un service Web  $i$  versus  $j$  (Équation 5.4), nous considérons le nombre de fois



que le service Web  $j$  a invoqué le service Web  $i$  dans une composition jointe.

$$Coop_{i,j} = \frac{\sum JC_{i,j}}{\sum TP_{i,j}} \quad (5.4)$$

Où  $\sum JC_{i,j}$  est le nombre total de participation des deux services Web  $i$  et  $j$  dans une composition jointe, et  $\sum TP_{i,j}$  est le nombre total de participation du service Web  $i$  dans des compositions.

**Définition (Égoïsme)**

Un service Web agi de manière égoïste s'il ne montre pas une attitude positive envers les autres paires. Par exemple, un service Web égoïste reçoit des réponses positives constamment des autres paires lorsqu'il les sollicite pour une substitution, cependant en retour ce dernier refuse constamment de leur venir en aide en déclinant leurs requêtes [Maamar et al., 2011b].

Pour évaluer la qualité d'égoïsme notée  $Sel_{i,j}$  d'un service Web  $i$  versus  $j$ , nous considérons le nombre de fois que le service Web  $i$  a décliné la requête du service Web  $j$  dans un réseau social de collaboration.

$$Sel_{i,j} = \frac{\sum DR_{i,j}}{\sum JC_{i,j}} \quad (5.5)$$

Où  $\sum DR_{i,j}$  est le nombre de requête du service Web  $i$  que le service Web  $j$  a décliné.

**Définition (Honnêteté)**

L'honnêteté d'un service Web est la différence entre les valeurs de paramètres annoncées ou convenues de la QoS et les valeurs observées réelles de ces paramètres de QoS. L'équation 5.6 évalue la qualité d'honnêteté notée  $H_{i,j}$ .

$$H_{i,j} = 1 - \frac{\sum |AQoS_j^i - OQoS_j^i|}{k} \quad (5.6)$$

Où  $AQoS_j^i$  est la valeur de QoS convenue entre le service Web  $i$  et  $j$ ,  $OQoS_j^i$  est la valeur de QoS observée du service Web  $i$  par le service Web  $j$ , et  $k$  est le nombre de

fois que le service Web  $j$  a invoqué le service Web  $i$ .

### Relation utilisateur-service Web

Dans un réseau social, les gens communiquent avec leurs amis et les amis des amis, et partagent leurs expérience et opinions à travers le réseau sur un item comme un service Web. Une opinion a un impact important sur les membres d'un réseau social. Cependant, avoir confiance dans ces membres qui fournissent cette opinion révèle différent conflits. En effet, une opinion peut être décentrée en raison d'une récente expérience non réussie. Une opinion est un jugement formé dans l'esprit d'une personne sur une question particulière.

Pour mesurer la perception de l'utilisateur et les préférences personnelles sur des qualités multiples des services Web comprenant la QoS et les SQoS, nous proposons l'équation 5.7 pour évaluer les opinions que les utilisateurs ont fourni sur les services Web.

$$Op_i^u = \lambda \times \left( \sum_t^{N_q} W_{qt} \times Rat_{qt}^{u,i} \right) + (1 - \lambda) \times \left( \sum_l^{N_{sq}} W_{ql} \times Rat_{ql}^{u,i} \right) \quad (5.7)$$

Où  $\lambda$  est un coefficient de pondération avec  $0 \leq \lambda \leq 1$ ,  $W_{qt}$  représente le poids de préférence sur la qualité  $t$  qui s'étend de 0 à 1.  $N_q$  est le nombre des propriétés de la QoS du service Web  $i$ ,  $Rat_{qt}^{u,i}$  qui s'étend de 1 à 5, est calculé en prenant la moyenne de toutes les évaluations du service Web  $i$  par l'utilisateur  $u$  sur la QoS  $t$ , lors d'interactions entre  $u$  et le service Web  $i$ . De même,  $W_{ql}$  est le poids de préférence sur la SQoS  $l$  qui s'étend de 0 à 1.  $N_{sq}$  est le nombre des propriétés de la SQoS du service Web  $i$ ,  $Rat_{ql}^{u,i}$  qui s'étend de 1 à 5, est calculé en prenant la moyenne de toutes les évaluations du service Web  $i$  par l'utilisateur  $u$  sur la qualité social  $l$ , lors d'interactions entre  $u$  et le service Web  $i$ .

### 5.2.3 Dérivation du réseau social de confiance

Plusieurs définitions de la confiance ont été données selon la discipline telle que la sociologie [Molm et al., 2000], psychologie [Cook et al., 2005], économie [Huang, 2007], et informatique [Maheswaran et al., 2007]. En général, la confiance est une mesure du comportement prévu par une entité, en dépit du manque de capacités à surveiller cette entité [Singh and Bawa, 2007]. Beaucoup de définitions sont limitées à une discipline et peuvent ne pas être directement applicables à réseaux sociaux. Alors qu'il est également important de voir la confiance du point de vue des réseaux sociaux.

Nous pouvons modéliser la confiance dans un réseau social par un graphe dont les nœuds représentent les individus et les liens représentent la relation de confiance. Chaque lien est caractérisé par un poids, un nombre réel qui représente le niveau de confiance entre les deux nœuds. La confiance entre deux individus n'est pas forcément symétrique.

#### a) Réseau social de confiance d'utilisateurs

Le réseau social de confiance d'utilisateurs (TSNU) est un graphe direct  $TSNU (V; E)$  où un sommet  $u \in V$  représente un utilisateur et une arête  $e(u; v) \in E$  dénote la confiance de  $v$  en  $u$ . Calculer le niveau de confiance entre  $u$  et  $v$  revient à calculer la similarité entre eux. Nous utilisons le coefficient de corrélation de Pearson (PCC) pour calculer la similarité entre  $u$  et  $v$  selon l'équation 5.8.

$$SimU_{u,v} = \frac{2 \times |I_u \cap I_v|}{|I_u| + |I_v|} \times \frac{\sum_{s \in I_u \cap I_v} (Op_i^u - \bar{Op}^u)(Op_i^v - \bar{Op}^v)}{\sqrt{\sum_{s \in I_u \cap I_v} (Op_i^u - \bar{Op}^u)^2} \sqrt{\sum_{s \in I_u \cap I_v} (Op_i^v - \bar{Op}^v)^2}} \quad (5.8)$$

Où  $|I_u \cap I_v|$  est le nombre des services Web communs qui ont été invoqués par les deux utilisateurs  $u$  et  $v$ .

$|I_u|$  et  $|I_v|$  sont les nombres de services Web invoqués par  $u$  et  $v$  respectivement.

$I_u \cap I_v$  est l'ensemble des services Web communs qui sont co-invoqués par  $u$  et  $v$ .

$Op_i^u$  et  $Op_i^v$  mesurent la perception et les préférences personnalisés sur de multiple QoS et qualités sociales du service Web  $i$ .

$\bar{Op}^u$  et  $\bar{Op}^v$  représentent la valeur moyenne de QoS et SQoS perçus par les deux utilisateurs  $u$  et  $v$ .

La valeur de PCC produite est incluse dans l'intervalle  $[-1,1]$ , où une valeur élevée représente une similitude élevée.

b) **Réseau social de confiance de services Web**

Le réseau social de confiance de services Web (TSNS) est représenté par le couple TSNS = (S, D), avec S l'ensemble des nœuds représentant les services Web, et D est l'ensemble des arêtes directes qui représentent les relations de confiance entre les services Web. Chaque relation est pondérée par un poids qui indique le degré de confiance entre deux services Web.

Avant de construire le réseau de confiance (TSN), nous calculons la valeur de confiance entre deux services Web, basée sur la similarité entre ces deux services Web. Nous commençons par isoler les utilisateurs qui ont noté les deux services Web et par la suite nous appliquons une technique de calcul de la similarité, pour déterminer la similarité  $SimS_{i,j}$ . La similarité entre le service Web  $i$  et le service Web  $j$  est mesurée par le PCC :

$$SimS_{i,j} = \frac{2 \times |I_i \cap I_j|}{|I_i| + |I_j|} \times \frac{\sum_{s \in I_i \cap I_j} (Op_i^u - \bar{Op}^i)(Op_j^u - \bar{Op}^j)}{\sqrt{\sum_{u \in I_i \cap I_j} (Op_i^u - \bar{Op}^i)^2} \sqrt{\sum_{u \in I_i \cap I_j} (Op_j^u - \bar{Op}^j)^2}} \quad (5.9)$$

Où  $I_i \cap I_j$  dénote l'ensemble des utilisateurs qui ont noté les deux services Web  $i$  et  $j$ .

$Op_i^u$  et  $Op_j^u$  représentent les opinions de l'utilisateur  $u$  sur les services Web  $i$  et  $j$ .  $\bar{Op}^i$  et  $\bar{Op}^j$  représentent la note moyenne que l'utilisateur  $u$  a attribué aux deux services Web  $i$  et  $j$ .

$|I_i \cap I_j|$  est le nombre des utilisateurs qui ont co-invoqué les deux services Web  $i$  et  $j$ .

$|I_i|$  et  $|I_j|$  est le nombre des utilisateurs qui ont invoqué les services Web  $i$  et  $j$  respectivement.

### 5.2.4 Recommandation des services Web à base de confiance

Dans notre système de recommandation à base de confiance, nous combinons le filtrage collaboratif à base d'utilisateur et celui à base de services Web, pour calculer la valeur de confiance d'un point de vue utilisateur et service Web.

La valeur de confiance d'un service Web  $i$  pour l'utilisateur cible  $u$ , du point de vue utilisateur, notée  $Tr_U^{u,i}$  est calculée en utilisant l'équation 5.10.

$$Tr_U^{u,i} = \frac{\sum_{v \in U_k} SimU_{u,v} \times Op_i^v}{\sum_{v \in U_k} SimU_{u,v}} \quad (5.10)$$

Où  $U_k$  dénote l'ensemble des top-k des plus similaires utilisateurs qui ont noté le service Web  $i$  et ayant la valeur de confiance d'utilisateur supérieur au seuil  $t$  (i.e.  $U_{u,v}^{QoS} > t$ ). Similairement, nous calculons la valeur de confiance du point de vue service Web pour l'utilisateur cible  $u$ , notée  $Tr_S^{u,i}$  par l'équation 5.11.

$$Tr_S^{u,i} = \frac{\sum_{j \in S_k} SimS_{i,j} \times Op_j^u}{\sum_{j \in S_k} SimS_{i,j}} \quad (5.11)$$

Où  $S_k$  dénote l'ensemble des top-k des services Web les plus similaires qui ont été noté par l'utilisateur  $u$  et ayant SQoS avec le service Web  $i$  supérieur au seuil  $t$  (i.e.  $SQoS_{i,j} > t$ ).

Pour finir, nous nous basons sur une hybridation du filtrage collaboratif à base d'utilisateur et celui à base de service Web, pour proposer une métrique qui nous permet de proposer une recommandation à un utilisateur cible  $u$ . La combinaison des deux types de valeurs de confiance est donnée par l'équation 5.12 :

$$Trust_i^u = \epsilon \times Tr_U^{u,i} + (1 - \epsilon) \times Tr_S^{u,i} \quad (5.12)$$

Où  $0 \leq \epsilon \leq 1$  est un facteur de pondération, qui peut être utilisé pour déterminer le degré de contribution de  $Tr_U^{u,i}$  et  $Tr_S^{u,i}$ .

Il n'est pas difficile de voir que, lorsque  $\epsilon = 1$ , cette équation sera réduite au filtrage collaboratif basé sur l'utilisateur, et dans le cas contraire ( $\epsilon = 0$ ), l'équation sera réduite au filtrage collaboratif basé sur le service Web. Avec une valeur appropriée de  $\epsilon$ , ce filtrage collaboratif hybride recommandera à l'utilisateur les services Web les plus appropriés à ses préférences et qui sont dignes de confiance. Dans la section 5.3.5, nous présentons nos conclusions sur la valeur de  $\epsilon$ .

Après avoir calculé la valeur de confiance de chaque service Web qui sera recommandé à un utilisateur, nous obtenons une liste triée de services Web selon leurs valeurs de confiance. Les top-k des services Web dans la liste seront recommandés à l'utilisateur. Le processus global du système de recommandation de service Web à base de confiance proposé, est représenté par l'algorithme 1.

---

**Algorithm 1** Algorithme de recommandation de services Web à base de confiance

---

**Require:** TSNU, TSNS, utilisateur cible  $u$ , service Web  $i$ , seuil  $t$ .

**Ensure:** Top-k services Web recommandé à l'utilisateur cible  $u$ .

```

1: //Étape en ligne
2: for  $i, j \in TSNS$  do
3:   Calcul de  $SQoS_{i,j}$ 
4:   Calcul de  $SimS_{i,j}$ 
5: end for
6: for  $u, v \in TSNU$  do
7:   Calcul de  $U_{u,v}^{QoT}$ 
8:   Calcul de  $SimU_{u,v}$ 
9: end for
10: //Étape en ligne
11: for  $v \in TSNU$  and  $j \in TSNS$  do
12:   Calcul de  $Tr_S^{u,i}$  /* Pour  $SQoS_{i,j} > t$  */
13:   Calcul de  $Tr_U^{u,i}$  /* Pour  $U_{u,v}^{QoT} > t$  */
14:    $Trust_i^u = \epsilon \times Tr_U^{u,i} + (1 - \epsilon) \times Tr_S^{u,i}$ 
15: end for
16: return Top-k services Web

```

---

L'algorithme 1 est constitué de quatre étapes : la première consiste à calculer les qualités sociales ainsi que la similarité entre les services Web. Supposons que  $S$  est le nombre de services Web  $\in TSNS$ , la complexité de cette étape est de  $O(S)$ .

La seconde étape consiste à calculer la qualité de confiance de l'utilisateur ainsi que la similarité entre les utilisateurs. Supposons que  $U$  est le nombre d'utilisateur  $\in TSNU$ , la complexité de cette étape est de  $O(U)$ .

La troisième étape consiste à déterminer la valeur de confiance entre services Web, entre utilisateurs, et la valeur de confiance globale. La complexité de cette étape est de





### 5.3.1 Collection de données

Pour évaluer les performances de STRESS, nous avons entrepris une série d'expériences à grande échelle de simulation basées sur trois bases de données proposées par WSDREAM<sup>2</sup> [Zheng et al., 2010]. les bases de test contiennent tous sorte de services Web, mais aussi capturent les interactions entre utilisateurs et services Web. La première base [Zheng and Lyu, 2010] contient 150 fichiers, où chaque fichier inclus 10,000 invocations de services Web sur 100 service Web par un utilisateur. Le Tableau 5.1 fourni quelques exemples d'interactions.

Client IP	WSID	Temps de réponse (ms)	Taille de donnée	Code HTTP	Message HTTP
35.9.27.26	8451	2736	582	200	OK
35.9.27.26	8460	804	14419	200	OK
35.9.27.26	8953	20176	2624	-1	java.net.SocketTimeoutException

TABLE 5.1 – Exemples d'interactions.

La seconde base de test ( [Zheng et al., 2010] et [Zhang et al., 2011a]), contient des résultats réels d'évaluation de QoS de 339 utilisateurs sur 5,825 services Web. Cette base de test inclus :

- readme.txt (1 KB) : contient la description de la base.
- userlist.txt (19KB) : informations sur 339 utilisateur. Format : | User ID | IP address of user | country | longitude | latitude |.
- wslist.txt (505KB) : informations sur 5825 services Web. Format : | WS ID | WSDL address | provider name | country name |.

---

2. <http://www.wsdream.net/>

- rtmatrix.txt (11MB) 339 \* 5825 user-service matrice de temps de réponse.
- tpmatrix.txt (12MB) : 339 \* 5825 user-service matrice de disponibilité.

La troisième base de test [Zhang et al., 2011b], contient des évaluations réelles sur la QoS, qui résultent de 142 utilisateurs qui ont invoqué 4,532 services Web plus de 64 fois, dans des laps de temps différents. Cette base inclus :

- rtRate (480 MB) : les valeurs de temps de réponse de 4,532 services Web, lorsqu'ils ont été invoqués par 142 utilisateurs dans un intervalle de 64 fois. Le format de données est comme suit : |Time Interval ID | WS ID | Service User ID | Response-Time (s) | ex : 98 4352 33 0.311.
- tpRate (571 MB) : les valeurs de la disponibilité de 4,532 services Web qui ont été invoqués par 142 utilisateurs dans un laps de temps de 64 fois. Le format de données est comme suit : | Time Interval ID | WS ID | Service User ID | Throughput (kbps) | ex : 91 1196 62 32.882355.

### 5.3.2 Impacte des SQoS sur la recommandation des services Web

La première expérimentation que nous avons mené, concerne l'évaluation de l'impact que les SQoS ont sur la recommandation des services Web. Pour cela, nous avons calculé la valeur de confiance du point de vue utilisateur et du point de vue service Web respectivement. Les expérimentations ont été accomplies pour dériver le top-k des services Web à recommander à un utilisateur cible pour une valeur aléatoire de  $\epsilon$ , selon les trois cas suivants :

- Cas 1 :  $\lambda = 0$

Dans le premier cas nous avons donné plus d'importance aux SQoS qu'aux QoS (i.e.,  $\lambda = 0$  dans l'équation 5.7). Le tableau 5.2 rapporte les valeurs de confiance à base d'utilisateur, à base de service Web et l'agrégation des valeurs de confiance pour  $k=10$ .

WS Id	$Op_i^u$	$Tr_S^{u,i}$	$Tr_U^{u,i}$	$Trust_i^u$
7	0.56	0.47	0.52	0.66
32	0.68	0.57	0.59	0.58
3	0.60	0.70	0.40	0.57
10	0.70	0.48	0.60	0.55
6	0.60	0.48	0.55	0.54
33	0.88	0.10	0.86	0.53
4	0.60	0.15	0.80	0.48
81	0.80	0.15	0.80	0.48
1	0.50	0.40	0.50	0.47
5	0.50	0.50	0.41	0.42

TABLE 5.2 – Top-k des services Web recommandés à l'utilisateur "12.108.127.136" triés selon la valeur de confiance pour  $\lambda = 0$ .

- Cas 2 :  $\lambda = 0.5$

Dans le second cas, les SQoS et la QoS ont le même degré d'importance (i.e.,  $\lambda = 0.5$ ). Le tableau 5.3 rapporte les valeurs de confiance à base d'utilisateur, à base de service Web et l'agrégation des valeurs de confiance pour  $k=10$ .

WS Id	$Op_i^u$	$Tr_S^{u,i}$	$Tr_U^{u,i}$	$Trust_i^u$
7	0.5	0.57	0.72	0.68
3	0.5	0.72	0.57	0.68
10	0.55	0.44	0.68	0.63
33	0.54	0.67	0.55	0.63
32	0.55	0.56	0.66	0.62
4	0.55	0.56	0.62	0.59
6	0.49	0.55	0.61	0.58
5	0.45	0.49	0.65	0.56
1	0.4	0.64	0.48	0.52
81	0.6	0.46	0.56	0.52

TABLE 5.3 – Top-k des services Web recommandés à l'utilisateur "12.108.127.136" triés selon la valeur de confiance pour  $\lambda = 0.5$ .

- Cas 3 :  $\lambda = 1$

Dans le troisième cas, seule la QoS a été prise en considération pour calculer l'opinion de l'utilisateur (i.e.,  $\lambda = 1$ ). Le tableau 5.4 rapporte les valeurs de confiance à base d'utilisateur, à base de service Web et l'agrégation des valeurs de confiance pour k=10.

WS Id	$Op_i^u$	$Tr_S^{u,i}$	$Tr_U^{u,i}$	$Trust_i^u$
4	0.50	0.36	0.59	0.55
5	0.26	0.40	0.54	0.51
32	0.50	0.29	0.49	0.46
7	0.23	0.31	0.59	0.40
6	0.53	0.30	0.39	0.37
10	0.34	0.29	0.39	0.37
1	0.40	0.20	0.30	0.34
3	0.40	0.30	0.19	0.23
81	0.34	0.00	0.34	0.23
33	0.30	0.00	0.15	0.15

TABLE 5.4 – Top-k des services Web recommandés à l'utilisateur "12.108.127.136" triés selon la valeur de confiance pour  $\lambda = 1$ .

Comme nous pouvons l'observer dans la figure 5.3, considérer les SQoS et la QoS d'un service Web avec le même degré d'importance (i.e.  $\lambda = 0.5$ ), améliore considérablement la valeur de confiance d'un service Web.

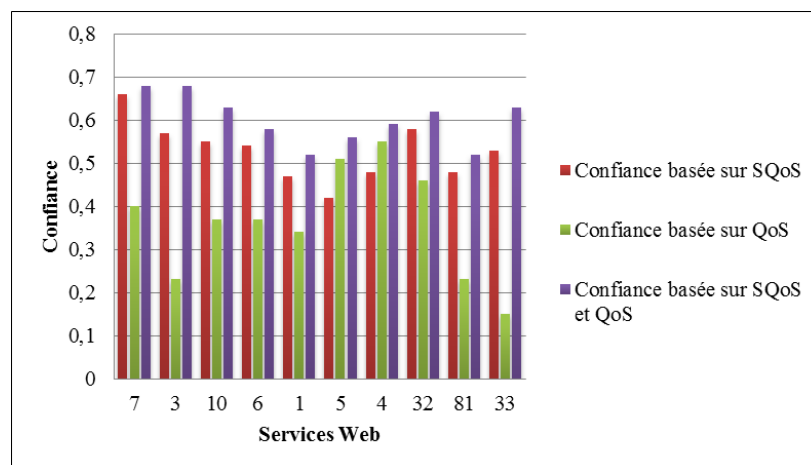


FIGURE 5.3 – Impact des SQoS et la QoS sur la recommandation des services Web.

### 5.3.3 Impact de chacune des SQoS sur la recommandation des services Web

Pour évaluer l'impact de chacune des SQoS sur la valeur de confiance de point de vue utilisateur et service Web respectivement, nous avons conduit un ensemble d'expérimentations.

Le tableau 5.5 résume la valeur de confiance des services Web pour l'utilisateur cible. Cette dernière a été calculée en se basant sur la variation des facteurs de pondération des qualités sociales définies dans la section 3.1.2. Pour prendre en considération que les SQoS nous avons fixé  $\lambda$  à 0.

WS Id	$Trust_i^u$ avec toutes les SQoS	$Trust_i^u$ avec Co- opération	$Trust_i^u$ avec égoïsme	$Trust_i^u$ avec Hon- nêteté
10	0.70	0.26	0.10	0.25
9	0.32	0.16	0.11	0.24
3	0.57	0.32	0.12	0.22
6	0.67	0.00	0.12	0.19
4	0.65	0.23	0.07	0.19
7	0.66	0.23	0.07	0.18
5	0.53	0.24	0.08	0.17
81	0.38	0.21	0.09	0.16
8	0.60	0.18	0.09	0.15
1	0.47	0.24	0.13	0.14

TABLE 5.5 – Comparaison de la valeur de confiance en se basant sur les SQoS.

Nous pouvons observer de la figure 5.4, que la valeur de la confiance est très influencée par les SQoS, et nous avons les meilleures valeurs de confiance lorsque nous avons pris les trois qualités sociales en considération.

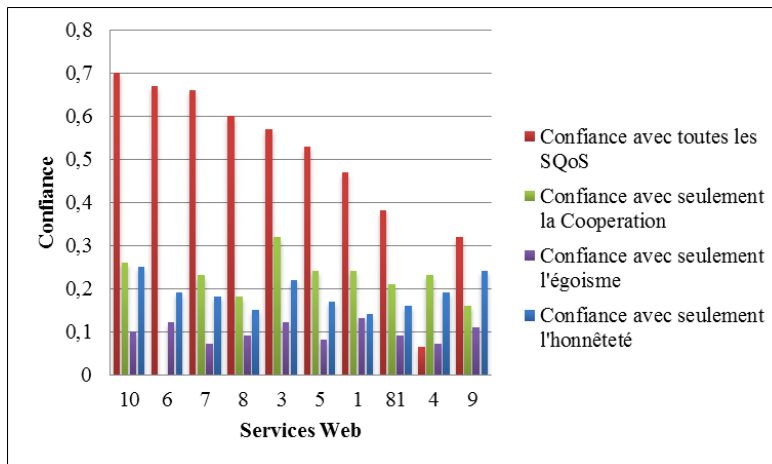


FIGURE 5.4 – Impact de chacune des SQoS sur la recommandation des services Web.

### 5.3.4 Impact de la qualité de confiance de l'utilisateur sur la recommandation des services Web

Pour déterminer l'impact de la qualité de confiance de l'utilisateur sur la recommandation des services Web, nous avons calculé la valeur de confiance :(i) avec seulement la qualité de recommandation, (ii) avec seulement le niveau d'affinité et (iii) avec la qualité de confiance de l'utilisateur. Le tableau 5.6 résume les résultats obtenus.

WS Id	$Trust_i^u$ avec $U_{u,v}^{QoR}$	$Trust_i^u$ avec $U_{u,v}^{LoA}$	$Trust_i^u$ avec $U_{u,v}^{QoT}$
32	0.51	0.52	0.53
3	0.49	0.48	0.52
7	0.44	0.47	0.52
4	0.50	0.52	0.51
9	0.42	0.45	0.49
6	0.43	0.42	0.48
10	0.51	0.50	0.48
8	0.48	0.48	0.46
5	0.43	0.43	0.43
33	0.30	0.30	0.38

TABLE 5.6 – Les valeurs de la qualité de confiance de l'utilisateur.

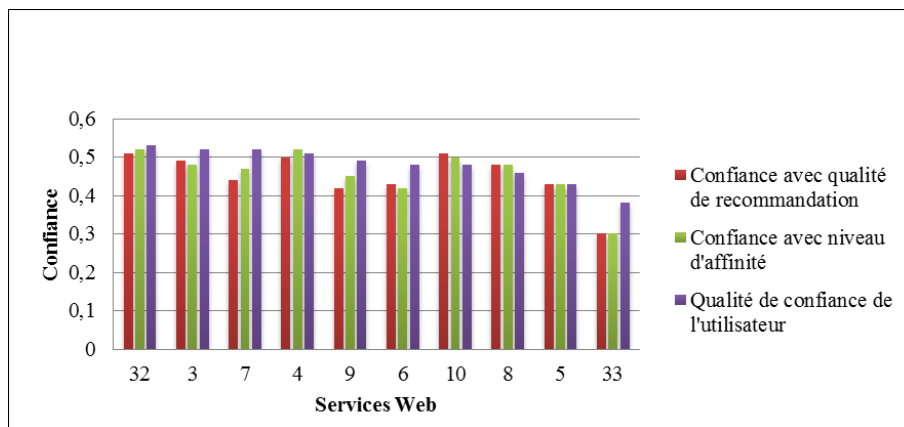


FIGURE 5.5 – Impact de la qualité de confiance de l'utilisateur sur la recommandation des services Web.

Selon la figure 5.5, nous pouvons remarquer que nous avons obtenu les meilleures valeurs de confiance pour la plupart des services Web, en combinant la qualité de recommandation de l'utilisateur et le niveau d'affinité de l'utilisateur.



### 5.3.5 Impact des techniques du filtrage collaboratif sur la recommandation des services Web

Nous avons pu déterminer l'impact des techniques du filtrage collaboratif sur la recommandation des services Web, par le calcul de la valeur de confiance du service Web  $i$  pour l'utilisateur cible  $u$ , en utilisant :

- Le filtrage collaboratif basé utilisateur (i.e;  $\epsilon = 1$ ).
- Le filtrage collaboratif basé service Web (i.e;  $\epsilon = 0$ ).
- La combinaison entre le filtrage collaboratif basé utilisateur et celui basé service Web (i.e;  $\epsilon = 0.5$ ).

Dans le tableau 5.7, une comparaison entre les valeurs de confiance obtenues selon les trois cas cités précédemment est présentée.

WS Id	$Trust_i^u$ avec $\epsilon = 1$	$Trust_i^u$ avec $\epsilon = 0$	$Trust_i^u$ avec $\epsilon = 0.5$
9	0.56	0.48	0.69
10	0.40	0.58	0.66
6	0.45	0.58	0.64
8	0.46	0.52	0.63
3	0.44	0.54	0.61
4	0.48	0.56	0.59
32	0.48	0.56	0.59
7	0.51	0.54	0.57
1	0.34	0.45	0.50
5	0.48	0.47	0.49

TABLE 5.7 – Comparaison entre les valeurs de confiance pour  $\epsilon = 1$ ,  $\epsilon = 0.5$  et  $\epsilon = 0$ .

De l'expérimentation représentée par le tableau 5.7 et le diagramme de la figure 5.6, nous concluons que l'hybridation entre les deux techniques du filtrage collaboratif basé utilisateur et celui basé services Web, améliore de manière significative la valeur de confiance du service Web.

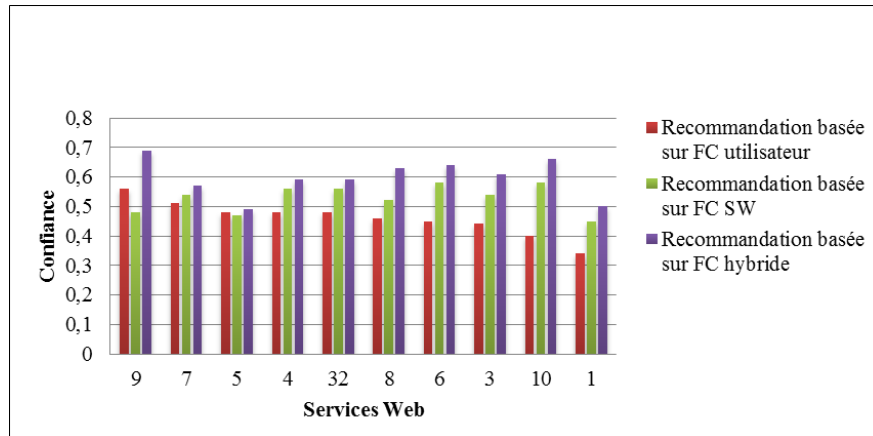


FIGURE 5.6 – Impact des techniques du filtrage collaboratif sur la recommandation des services Web.

### 5.3.6 Analyse de performance

Pour évaluer la performance de prédiction de STRESS, nous avons employé deux métriques prédictives MAE « Mean Absolute Error » et Root Mean Square Error (RMSE) pour nos expérimentations [Abderrahim and Benslimane, 2015a].

#### Métriques prédictives

Les métriques prédictives calculent la précision des prédictions par rapport à l'évaluation réelle effectuée par l'utilisateur. Cette métrique correspond à la fonctionnalité utilisateur « Annotation et prédiction lors de la navigation ».

La mesure la plus utilisée est le MAE « Mean Absolute Error », qui est régulièrement utilisée pour évaluer la précision d'une prédiction ( [Chen et al., 2013a], [Zarghami

et al., 2009] et [Zheng et al., 2009], etc.). Elle correspond à l'erreur absolue moyenne entre l'évaluation réelle et la prédiction. La mesure est calculée par la formule suivante :

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |\bar{R}_i - R_i| \quad (5.13)$$

Où  $\bar{R}_i$  dénote la valeur de confiance prédite,  $R_i$  dénote la valeur de confiance mesurée et  $n$  est le nombre des items prédits.

D'autres mesures équivalentes peuvent être utilisées, comme le MSE, RMSE, NMAE. Les deux premières MSE « Mean Squared Error » et RMSE « Root Mean Squared Error » élèvent l'erreur au carré avant de faire la somme. Cette mesure est utile lorsque que nous voulons donner plus de criticité aux erreurs importantes. Cependant, RMSE est une des métriques les plus utilisées dans le filtrage collaboratif basé sur les estimations explicites. Elle est exprimée comme suit :

$$RMSE = \sqrt{\frac{(\bar{R}_i - R_i)^2}{n}} \quad (5.14)$$

Les résultats retournés par le MAE et le RMSE sont présentés dans le tableau 5.8.

WS Id	Évaluation	$Trust_i^u$	MAE	RMSE	$Tr_U^{u,i}$	MAE	RMSE	$Tr_S^{u,i}$	MAE	RMSE
10	0.55	0.55	0.000	0.000	0.56	0.001	0.003	0.44	0.011	0.034
4	0.54	0.52	0.002	0.006	0.55	0.001	0.003	0.45	0.009	0.028
6	0.53	0.52	0.001	0.003	0.5	0.003	0.009	0.44	0.009	0.028
7	0.53	0.52	0.001	0.003	0.52	0.001	0.003	0.47	0.006	0.018
5	0.50	0.44	0.006	0.018	0.45	0.005	0.003	0.47	0.003	0.009
8	0.50	0.49	0.001	0.003	0.47	0.003	0.009	0.41	0.009	0.028
3	0.48	0.47	0.001	0.003	0.49	0.001	0.003	0.40	0.008	0.025
1	0.40	0.390	0.001	0.003	0.48	0.008	0.025	0.30	0.010	0.03
9	0.39	0.38	0.001	0.003	0.40	0.001	0.003	0.42	0.003	0.009

TABLE 5.8 – Évaluation de la performance de prédiction de STRESS.

En observant les résultats du tableau 5.8, nous notons que l'utilisation des deux valeurs

de confiance contribue à une légère amélioration et a une meilleure précision, comparées à juste une valeur de confiance (i.e.  $Tr_U^{u,i}$  et  $Tr_S^{u,i}$ ). La différence est clairement montrée par les figures 5.7 et 5.8.

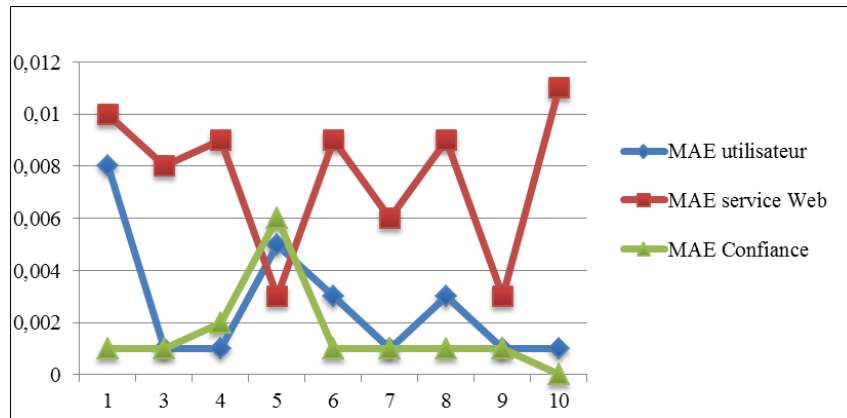


FIGURE 5.7 – Evaluation de STRESS basé sur MAE.

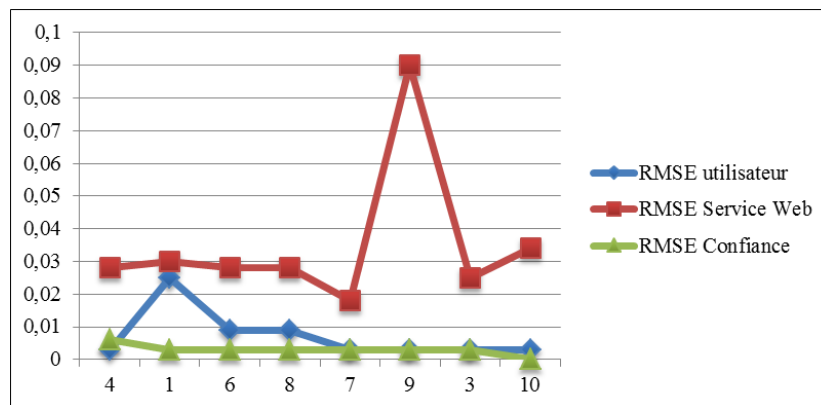


FIGURE 5.8 – Evaluation de STRESS basé sur RMSE.

### 5.3.7 Évaluation de la qualité des top-k services Web sélectionnés en utilisant DCG

Plusieurs métriques d'évaluation sont largement répandues dans la recherche d'information et la recherche Web comprenant la précision et le rappel, MAP (Mean Average

Precision) et DCG (Discounted Cumulative Gains). Pour nos expérimentations, nous utilisons le DGC, qui est devenu populaire pour évaluer la qualité des top-k sélectionnées pour l'utilisateur cible.

Nous proposons l'équation 5.3.7 pour évaluer la qualité de la liste des top-k services Web générés.

$$DCG_{Tr} = \sum \frac{(2^{Tr} - 1)}{\log(1 + p_i)} \quad (5.15)$$

Où  $p_i$  désigne la position du service Web  $i$  dans la liste des top-k, et  $DCG_{Tr}$  est le gain cumulatif escompté du top-k en terme de confiance. Une valeur élevée de  $DCG_{Tr}$  désigne une meilleur qualité de la liste des top-k de services Web générés.

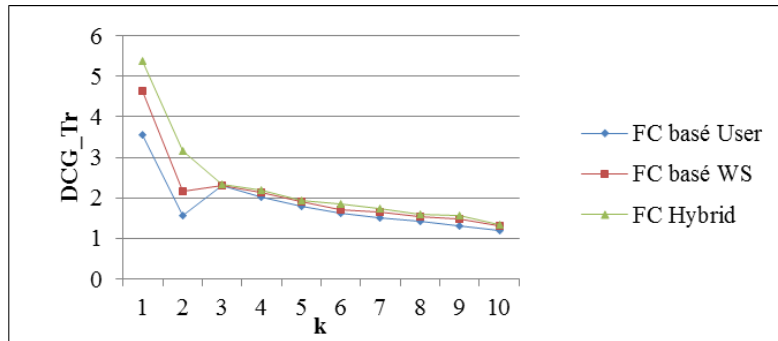


FIGURE 5.9 – Valeurs de  $DCG_{Tr}$  des top-k en se basant sur les techniques du filtrage collaboratif.

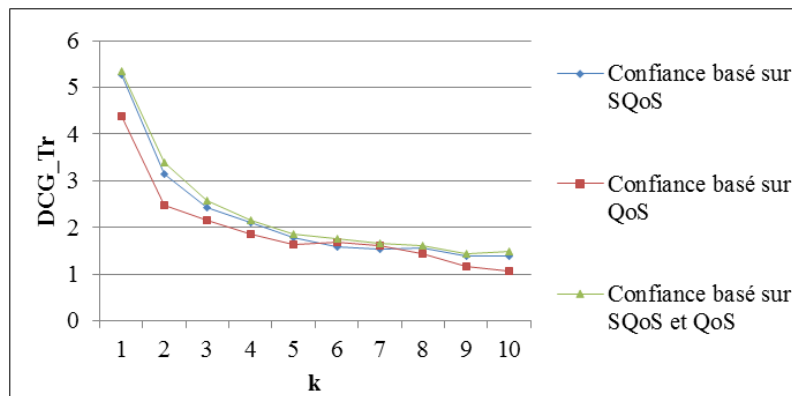


FIGURE 5.10 – Valeurs de  $DCG_{Tr}$  des top-k en se basant sur SQoS et/ou QoS.

Dans la figure 5.9 nous avons comparé trois techniques du filtrage collaboratif : CF basé utilisateur, CF basé service Web et CF hybride, avec différentes valeurs de  $k$ . Le CF basé utilisateur a montré une faible performance comparé aux deux autres techniques. D'autre part, notre technique hybride a montré une meilleure performance en termes de confiance.

Selon la figure 5.10, nous avons les meilleurs  $DCG_{Tr}$ , lorsque nous prenons en considération les deux qualités SQoS et QoS, pour calculer la valeur de la confiance des services Web.

## 5.4 Conclusion

Comme les réseaux sociaux se développent très rapidement en doublant le nombre de personnes joignant chaque année [Golbeck, 2006], la possibilité d'obtenir un nombre énorme d'opinion concernant un item particulier est très commune. Ceci exige d'un système de recommandation de récapituler ou filtrer le top des opinions ou de recommandation en termes de qualité d'opinion et de confiance entre l'utilisateur et le fournisseur d'opinion [Bhuiyan et al., 2010]. Dans notre approche, nous proposons un système pour fournir des recommandations en se basant sur le réseau social de confiance. Le

Le système combine le réseau social des utilisateurs et le réseau social des services Web pour fournir des recommandations de services Web pour l'utilisateur cible. Les recommandations fournies ne sont pas seulement basées sur la similarité comme la plupart des systèmes de recommandation qui existent déjà, mais aussi sur la valeur de confiance des utilisateurs et des services Web.

Des expérimentations complètes ont été menées et les résultats montrent la pertinence d'intégrer des qualités sociales des services Web et la qualité de confiance de l'utilisateur pour améliorer la qualité des recommandations. Aussi, le système de recommandation des services Web à base de confiance a été évalué en termes de MAE, RMSE et DCG. Les résultats obtenus démontrent que notre système de recommandation de service Web surpasse les systèmes de recommandation conventionnels basés sur le filtrage collaboratif.

---

## CHAPITRE 6

# Conclusion Générale et perspectives

### 6.1 Conclusion

Les services Web sont la dernière technologie adoptée pour l'intégration et l'interopérabilité des systèmes répartis. Ils sont caractérisés par leurs indépendance aux plateformes et aux systèmes d'exploitation, ce qui a impliqué leur adoption par les différentes organisations commerciales et industrielles offrant leurs services à travers le Web, et par conséquent l'augmentation du nombre de services offerts, les utilisateurs auront toujours besoin de techniques efficaces pour satisfaire les exigences de découverte, de composition et de sélection de services Web. Les travaux présentés dans cette thèse s'inscrivent dans ce cadre-là.

Les systèmes de recommandation ont prouvé qu'ils sont un bon moyen pour faire face au problème de surcharge cognitive. Et ce en mettant en avant des items inconnus qui peuvent être pertinents pour les utilisateurs. Dans leur forme la plus simple, les recommandations personnalisées sont des listes triées d'items. Dans l'accomplissement de ce classement, les systèmes de recommandation tentent de prédire quels sont les produits ou services les plus adaptés aux utilisateurs, basés sur leurs préférences et contraintes. Afin d'effectuer une telle tâche de calcul, les systèmes de recommandation collectent les préférences des utilisateurs.

L'objectif principal de ce travail de thèse était de fournir une approche de recommandation de services Web en se basant sur la confiance. Pour assurer cet objectif, nous avons proposé : une approche hybride et originale qui combine le filtrage collaboratif basé



utilisateur avec le filtrage basé items, amélioré par l'analyse des réseaux sociaux des utilisateurs et des services Web, et ce afin de produire les meilleures recommandations de services Web.

Nos principales contributions sont :

- Améliorer le calcul de similarité des services Web et ce en considérant en plus des QoS, les qualités sociales des services Web que nous avons établi préalablement.
- Améliorer le calcul de la qualité de confiance entre deux utilisateurs en combinant la qualité de leur relation sociale avec la qualité de leurs anciennes recommandations.
- Fournir une liste top-k des services Web en se basant sur la confiance sociale des services Web et des utilisateurs.

Nous avons aussi validé et mis en œuvre nos propositions à travers le développement et l'expérimentation de notre outil nommé STRESS. Les expérimentations réalisées à travers cet outil nous ont permis de constater, l'impacte que le comportement social a sur la recommandation des services Web.

A travers les différentes contributions proposées, nous avons résolu la problématique de recherche exprimée au début de notre thèse. En effet, nous avons proposé une approche de recommandation de services Web permettant de réduire l'espace de recherche d'un demandeur de services, en ordonnant les services Web selon la confiance sociale et en utilisant une hybridation des techniques de recommandations : filtrage collaboratif basé utilisateur et basé services Web, tout en garantissant des résultats pertinents.

## 6.2 Perspectives

Dans cette section, nous présentons quelques directions de travaux futurs. Il y a quelques questions que nous voudrions aborder à l'avenir.

Nous en effectuerons des recherches sur la composition des services Web à base de confiance, qui est différente de la recommandation de service Web, puisqu'elle doit renvoyer une composition optimale des services Web multiples plutôt qu'un service simple optimal.

Aussi, nous planifions d'évaluer notre système avec des bases de données réelles dans des environnements orientés service Web associés à des réseaux sociaux.

La majorité des travaux portant sur la recommandation à base de confiance négligent l'aspect contexte. la prise en charge de cet aspect pendant le calcul de la confiance constitue un besoin majeur. Le terme contexte inclut, toute entité qui participe dans l'interaction utilisateur-environnement, et généralement il couvre le profil de l'utilisateur, son emplacement géographique, la période de temps courante (par exemple la saison), son historique, etc. Ces données peuvent être utilisées intensivement pour améliorer la valeur de confiance.

Par exemple, quand un membre X fait confiance à un autre membre Y dans le réseau social, et Y recommande un film Z, X voudrait voir le film Z. Cela n'est pas toujours vrai dans la vraie vie. C'est peut être dans cas où Y aime des films romantiques et X aime des films d'action. X fait confiances à Y, mais X peut ne jamais suivre les recommandations de Y sur les films parce que X sait que le gout de Y dans les films est différent. Par conséquent, il est important de distinguer les différents contextes de la confiance et de déterminer s'il des s'applique à certaines actions.

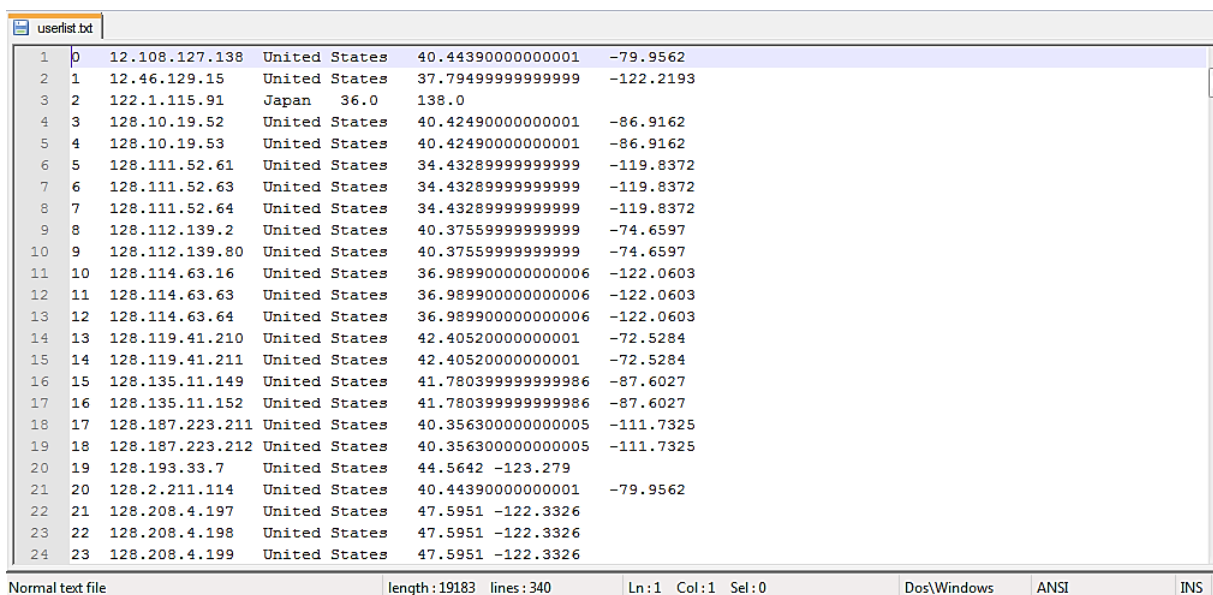
Enfin, nous envisageons de prendre en considération l'information sémantique, lors du calcul de la similarité entre utilisateurs et entre les services Web . Il s'agit de définir un algorithme qui calcule la similarité entre deux utilisateurs, tenant compte des services aux quels les deux utilisateurs ont accédé et également les services qui sont sémantiquement similaires. Pour prédire l'évaluation d'un service cible qui n'a pas encore été consulté, l'algorithme considère les évaluations que les utilisateurs voisins ont assigné au service cible, comme dans le cas normale, mais aussi il considère les évaluations assignées aux services qui sont sémantiquement similaire au service cible.

---

# ANNEXE A

## Fichiers sources

### A.1 Liste des utilisateurs (339 utilisateurs)



The screenshot shows a text editor window titled 'userlist.bt'. The content is a list of 24 entries, each with a line number, an ID, an IP address, a country, and two numerical values. The entries are as follows:

Line	ID	IP	Country	Value 1	Value 2
1	0	12.108.127.138	United States	40.44390000000001	-79.9562
2	1	12.46.129.15	United States	37.79499999999999	-122.2193
3	2	122.1.115.91	Japan 36.0	138.0	
4	3	128.10.19.52	United States	40.42490000000001	-86.9162
5	4	128.10.19.53	United States	40.42490000000001	-86.9162
6	5	128.111.52.61	United States	34.43289999999999	-119.8372
7	6	128.111.52.63	United States	34.43289999999999	-119.8372
8	7	128.111.52.64	United States	34.43289999999999	-119.8372
9	8	128.112.139.2	United States	40.37559999999999	-74.6597
10	9	128.112.139.80	United States	40.37559999999999	-74.6597
11	10	128.114.63.16	United States	36.98990000000006	-122.0603
12	11	128.114.63.63	United States	36.98990000000006	-122.0603
13	12	128.114.63.64	United States	36.98990000000006	-122.0603
14	13	128.119.41.210	United States	42.40520000000001	-72.5284
15	14	128.119.41.211	United States	42.40520000000001	-72.5284
16	15	128.135.11.149	United States	41.78039999999986	-87.6027
17	16	128.135.11.152	United States	41.78039999999986	-87.6027
18	17	128.187.223.211	United States	40.35630000000005	-111.7325
19	18	128.187.223.212	United States	40.35630000000005	-111.7325
20	19	128.193.33.7	United States	44.5642	-123.279
21	20	128.2.211.114	United States	40.44390000000001	-79.9562
22	21	128.208.4.197	United States	47.5951	-122.3326
23	22	128.208.4.198	United States	47.5951	-122.3326
24	23	128.208.4.199	United States	47.5951	-122.3326

The status bar at the bottom indicates: Normal text file, length: 19183, lines: 340, Ln: 1, Col: 1, Sel: 0, Dos\Windows, ANSI, INS.

## A.2 Liste des services Web (5825 services Web)

```

wslist.txt
1 0 http://ewave.no-ip.com/ECallws/CinemaData.asmx?WSDL no-ip.com Argentina
2 1 http://ewave.no-ip.com/ECallws/StadiumSinchronization.asmx?WSDL no-ip.com Argentina
3 2 http://ewave.no-ip.com/ECallws/CinemaSinchronization.asmx?WSDL no-ip.com Argentina
4 3 http://ewave.no-ip.com/ECallws/StadiumData.asmx?WSDL no-ip.com Argentina
5 4 http://ewave.no-ip.com/ECallws/BuyerData.asmx?WSDL no-ip.com Argentina
6 5 http://aquest.dyndns.org/CaptchaAudioWS/CaptchaAudio.asmx?WSDL dyndns.org Japan
7 6 http://www.utn.edu.ar/WebServices/ListaTics.asmx?WSDL utn.edu.ar Argentina
8 7 http://www.utn.edu.ar/WebServices/WSAcademico.asmx?WSDL utn.edu.ar Argentina
9 8 http://200.45.113.149/SC.BlackBerryClients.WS/Service.asmx?WSDL 200.45.113.149 Argentina
10 9 http://xml.dev.hoteldo.com/HotelDoInterface.asmx?WSDL hoteldo.com Argentina
11 10 http://www.librosar.com.ar/portal/servicioconix.asmx?WSDL librosar.com.ar Argentina
12 11 http://ba.mobilenik.com.ar/dbbrowser/dbbrowser.asmx?WSDL mobilenik.com.ar Argentina
13 12 http://www.mslatam.com/latam/msdn/comunidad/dce/estadistica/webservices/FSD_Statistics_WS.asmx?WSDL mslatam.com Ar
14 13 http://www.neodynamic.com/Products/Demos/BCWebSampleWS/BarcodeProfessionalWS.asmx?wsdl neodynamic.com Argentina
15 14 http://www.ssat.com.ar/googleearth1.1/service.asmx?wsdl ssat.com.ar Argentina
16 15 http://www.transportesjoselito.com/atlas/modal/TiempoService.asmx?WSDL transportesjoselito.com Argentina
17 16 http://wsatebara.com.ar/ServicioWeb.asmx?WSDL wsatebara.com.ar Argentina
18 17 http://wsluisbal.com.ar/WebService.asmx?WSDL wsluisbal.com.ar Argentina
19 18 http://www.enterpriseconnect.gov.au/_vti_bin/BusinessDataCatalog.asmx?wsdl enterpriseconnect.gov.au Australia
20 19 http://www.enterpriseconnect.gov.au/_vti_bin/People.asmx?wsdl enterpriseconnect.gov.au Australia
21 20 http://www.enterpriseconnect.gov.au/_vti_bin/Authentication.asmx?wsdl enterpriseconnect.gov.au Australia
22 21 http://www.industry.gov.au/_vti_bin/BusinessDataCatalog.asmx?wsdl industry.gov.au Australia
23 22 http://www.industry.gov.au/_vti_bin/People.asmx?wsdl industry.gov.au Australia

```

## A.3 Les interactions de l'utilisateur "12.108.127.136" (10,000 invocations)

```

12.108.127.136
1 12.108.127.136 13977 5547 676 200 OK
2 12.108.127.136 16423 5308 587 200 OK
3 12.108.127.136 16432 81 678 200 OK
4 12.108.127.136 16506 5292 564 200 OK
5 12.108.127.136 1527 5326 1408 200 OK
6 12.108.127.136 1562 991 1471 200 org.xml.sax.SAXException: Bad types (class [B -> c
7 12.108.127.136 1580 173 1436 200 OK
8 12.108.127.136 1986 5299 1428 200 OK
9 12.108.127.136 2041 5696 969 200 OK
10 12.108.127.136 2432 15656 605 200 OK
11 12.108.127.136 2485 6312 631 200 OK
12 12.108.127.136 2637 6012 638 200 OK
13 12.108.127.136 1527 5224 1408 200 OK
14 12.108.127.136 1562 981 1471 200 org.xml.sax.SAXException: Bad types (class [B -> c
15 12.108.127.136 1580 143 1436 200 OK
16 12.108.127.136 1986 5175 1428 200 OK
17 12.108.127.136 2041 5245 969 200 OK
18 12.108.127.136 2432 5720 605 200 OK
19 12.108.127.136 2485 5880 631 200 OK
20 12.108.127.136 2637 5818 638 200 OK
21 12.108.127.136 16549 5459 928 200 OK
22 12.108.127.136 17053 5377 561 200 OK
23 12.108.127.136 16423 5145 587 200 OK
24 12.108.127.136 17728 5866 2147 200 OK

```

## A.4 Interaction user/Web service (142 utilisateurs qui ont invoqué 4532 services Web)

IP	WS ID	RTT	Data Size (Byte)	Response HTTP Code	Response HTTP Message
192.33.90.66	8460	236	14419	200	OK
192.33.90.66	8712	719	631	200	OK
192.33.90.66	8953	20003	2624	-1	java.net.SocketTimeoutException: connect timed out
192.33.90.66	6350	76	623	200	OK
192.33.90.66	6970	83	616	200	OK
192.33.90.66	4580	62	930	200	OK
192.33.90.66	5520	46	703	200	OK
192.33.90.66	5833	53	923	200	OK
192.33.90.66	6350	77	623	200	OK
192.33.90.66	6970	81	616	200	OK
192.33.90.66	7448	45	812	200	OK
192.33.90.66	7452	44	832	200	OK
192.33.90.66	7723	56	1400	200	OK
192.33.90.66	8124	621	707	200	OK
192.33.90.66	8314	73	608	200	OK
192.33.90.66	16997	350	632	200	OK

---

# Bibliographie

- [Abderrahim and Benslimane, 2015a] Abderrahim, N. and Benslimane, S. M. (2015a). Stress : A social trust-aware system for recommending web services. *International Journal of Information Systems in the Service Sector, IGI Global*, 7(3) :40–58.
- [Abderrahim and Benslimane, 2015b] Abderrahim, N. and Benslimane, S. M. (2015b). Towards improving recommender system : A social trust-aware approach. *International Journal of Modern Education and Computer Science, MECS*, 7(2) :8–15.
- [Abdul-Rahman and Hailes, 1996] Abdul-Rahman, A. and Hailes, S. (1996). A distributed trust model. In *the 1997 workshop on New security paradigms NSPW 97*, page 48–60.
- [Abdul-Rahman and Hailes, 2000] Abdul-Rahman, A. and Hailes, S. (2000). Supporting trust in virtual communities. In *the 33rd Annual Hawaii International Conference on System Sciences*, page 9.
- [Aciar et al., 2007] Aciar, S., Zhang, D., Simoff, S., and Debenham, J. (2007). Informed recommender : Basing recommendations on consumer product reviews. In *IEEE Intelligent Systems*, pages 39–47.
- [Adomavicius and Tuzhilin, 2005] Adomavicius, G. and Tuzhilin, A. (2005). Toward the next generation of recommender systems : A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Transactions on Knowledge and Data Engineering*, 17(6) :734–749.

- [Araban and Sterling, 2004] Araban, S. and Sterling, L. S. (2004). Measuring quality of service for contract aware web services. In *First Australian Workshop on Engineering Service-Oriented Systems*, page 54–56.
- [Arnautu, 2012] Arnautu, O. R. (2012). Mures : Un système de recommandation de musique. Master’s thesis, La Faculté des arts et des sciences Université de Montréal.
- [Bansal et al., 2010] Bansal, S. K., Bansal, A., and Blake, M. B. (2010). Trust-based dynamic web service composition using social network analysis. In *IEEE International Workshop on Business Applications of Social Network Analysis - BASNA*.
- [Barber, 1983] Barber, B. (1983). The logic and limits of trust. Technical report, Rutgers University Press.
- [Bekkouche Amina, 2012] Bekkouche Amina, B. S. M. (2012). Composition des services web sémantiques À base d’algorithmes génétiques. Master’s thesis, Université Aboubekr Belkaid Tlemcen.
- [Belloui, 2008] Belloui, A. (2008). L’usage des concepts du web sémantique dans le filtrage d’information collaboratif. Master’s thesis, Institut National d’Informatique d’Alger.
- [Benatallah et al., 2003] Benatallah, B., Sheng, Q. Z., and Dumas, M. (2003). The self-serv environment for web services composition. *IEEE Internet Computing*, 7(1).
- [Benedikt et al., 2008] Benedikt, M., Yahia, S. A., and Lakshmanan, L. (2008). Efficient network aware search in collaborative tagging sites. In *the 34th International Conference on Very Large Databases (VLDB)*, Auckland New Zealand.
- [Benhalima, 2009] Benhalima, R. (2009). *Conception, implantation et expérimentation d’une architecture en bus pour l’auto-réparation des applications distribuées à base de services web*. PhD thesis, université de Toulouse et de l’université de Sfax.

- [Berkovsky et al., 2008] Berkovsky, S., Kuik, T., and Ricci, F. (2008). Mediation of user models for enhanced, personalization in recommender systems. In *ACM*.
- [Bhuiyan et al., 2010] Bhuiyan, T., Josang, A., and Xu, Y. (2010). Trust and reputation management in web-based social network. In *Usmani, Zeeshan-Ul-Hasan (Ed.) Web Intelligence and Intelligent Agents. InTech*, pages 207–232.
- [Burke, 2002] Burke, R. (2002). Hybrid recommender systems : Survey and experiments. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 12(4) :331–370.
- [Chelbabi, 2012] Chelbabi, M. (2012). Découverte de services web sémantiques : une approche basée sur le contexte. Master’s thesis, Ecole Nationale Supérieure en Informatique, Algérie.
- [Chen et al., 2013a] Chen, X., Zheng, Z., Liu, X., Huang, Z., and Sun, H. (2013a). Personalized qos-aware web service recommendation and visualization. *IEEE transactions on services computing*, 6(1).
- [Chen et al., 2013b] Chen, X., Zheng, Z., Yu, Q., and Lyu, M. R. (2013b). Web service recommendation via exploiting location and qos information. *IEEE transactions on parallel and distributed systems*.
- [Cook et al., 2005] Cook, K. S., Yamagishi, T., Cheshire, C., Cooper, R., and Matsuda, M. and Mashima, R. (2005). Trust building via risk taking : A cross-societal experiment. *Social Psychology Quarterly*, 2(68) :121–142.
- [Crémer, 2011] Crémer, V. (2011). Une ontologie pour le profilage des sites de réseaux sociaux par rétro ingénierie. Master’s thesis, Facultés Universitaires Notre-Dame de la Paix Namur, Faculté d’informatique.
- [Cuisinier, 2009] Cuisinier, A. (2009). Les réseaux sociaux et l’entreprise. Technical report, La Lettre Electronique des Experts-Comptables.



- [Degemmis et al., 2007] Degemmis, M., Lops, P., and Semeraro, G. (2007). A content-collaborative recommender that exploits wordnet-based user profiles for neighborhood formation. *User Modeling and User-Adapted Interaction : The Journal of Personalization Research (UMUAI)*, pages 217–255.
- [Deng et al., 2013] Deng, S., Huang, L., Wu, J., and Wu, Z. (2013). Trust-based personalized service recommendation : A network perspective. *journal of computer science and technology*, 29(1) :69–80.
- [Deng et al., 2014] Deng, S., Huang, L., and Xu, G. (2014). Social network-based service recommendation with trust enhancement. *Expert Systems with Applications*, 4(1) :8075–8084.
- [Deutsch, 1962] Deutsch, M. (1962). Cooperation and trust : Some theoretical notes in jones, m. r. volume 10, page 275–320. University of Nebraska Press.
- [Dobson et al., 2005] Dobson, G., Lock, R., and Sommerville, I. (2005). Qosont : a qos ontology for service-centric systems. In *31st EUROMICRO Conference on Software Engineering and Advanced Applications (EUROMICRO-SEAA 2005)*, page 80–87. IEEE Computer Society.
- [Eirinaki et al., 2003] Eirinaki, M., Vazirgiannis, M., and Varlamis, I. (2003). Sewep : Using site semantics and a taxonomy to enhance the web personalization process. In *Ninth ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery and Data Mining*, pages 99–108.
- [Elnaffar et al., 2011] Elnaffar, S., Maamar, Z., and Sheng, Q. Z. (2011). When clouds start socializing : The sky model. *International Journal of E-Business Research archive*, 9(2) :1–7.

- [Faci et al., 2012] Faci, N., Maamar, Z., and Ghodous, P. (2012). Which social networks should web services sign-up in? In *AAAI Spring Symposium on Intelligent Web Services Meet Social Computing*.
- [Fauvet et al., 2007] Fauvet, M.-C., Duarte, H., Taher, Y., and Benslimane, D. (2007). Sélection dynamique de services web : une approche à base de communautés. In *INFORSID*, pages 505–520.
- [Freddy, 2005] Freddy, L. (2005). Composition de web services sémantiques. rapport de stage master en informatique, l’Ecole Nationale Supérieure des Mines de St-Etienne.
- [Gaillard, 2011] Gaillard, E. (2011). Les systèmes informatiques fondés sur la croyance : un état de l’art. Technical report, HAL archive ouverte.
- [Girard and Fallery, 2010] Girard, A. and Fallery, B. (2010). *Réseaux Sociaux Numériques : revue de littérature et perspectives de recherche*, pages 1–12.
- [Golbeck, 2006] Golbeck, J. (2006). Combining provenance with trust in social networks for semantic web content filtering. In *IPAW*, pages 101–108.
- [Golbeck, 2005] Golbeck, J. A. (2005). *Computing and applying trust in web-based social networks*. PhD thesis, University of Maryland.
- [Grandison, 2003] Grandison, T. W. A. (2003). Trust management for internet applications. Technical report.
- [Granovetter, 1985] Granovetter, M. (1985). Economic action and social structure : The problem of embeddedness. *American Journal of Sociology*, 91 :481–510.
- [Han et al., 2012] Han, Y., Chen, S., and Feng, Z. (2012). Optimizing service composition network from social network analysis and user historical composite services. Technical report, AAAI.

- [Helbing, 1994] Helbing, D. (1994). A mathematical model for the behavior of individuals in a social eld. *Journal of Mathematique and Sociology*, 19(3) :189–219.
- [Hilari et al., 2009] Hilari, M. O., Franch, X., and Marco, J. (2009). Quality of service (qos) in soa systems. a systematic review. Master’s thesis, Université Polytechnique de Catalunya.
- [Huang, 2007] Huang, F. (2007). Building social trust : A human-capital approach. *Journal of Institutional and heoretical Economics (JITE)*, 163(4) :552–573.
- [Hughes et al., ] Hughes, D., Coulson, G., and Walkerdine, J. Free riding on gnutella revisited : The bell tolls? In *IEEE Distrib. Syst. Online*, volume 6.
- [Jamali and Ester, 2010] Jamali, M. and Ester, M. (2010). A matrix factorization technique with trust propagation for recommendation in social networks. In *RecSys2010. ACM*.
- [Jannach et al., 2010] Jannach, D., Zanker, M., Felfernig, A., and Friedrich, G. (2010). Recommender systems : An introduction. In *Cambridge University Press*, 1st edition. New York, NY, USA.
- [Jiang et al., 2011] Jiang, Y., Liu, J., Tang, M., and Liu, X. F. (2011). An effective web service recommendation method based on personalized collaborative filtering. In *IEEE International Conference on Web Services*.
- [Jøsang and Pope, 2005] Jøsang, A. and Pope, S. (2005). Semantic constraints for trust transitivity. in reproduction. *Australian Computer Society*, 43 :59–68.
- [Justin et al., 2002] Justin, O., David, E., and Arthur, T. H. (2002). What’s in a service? *Distrib. Parallel Databases*, 12(2-3) :117–133.
- [King et al., 2009] King, I., Li, J., and Chan, K. T. (2009). A brief survey of computational approaches in social computing. In *International Joint Conference on Neural Networks*, Atlanta, Georgia, USA.

- [Lazega, 1994] Lazega, E. (1994). Analyse de réseaux et sociologie des organisations. Technical Report 35, Revue française de sociologie.
- [Limam and Akaichi, 2011] Limam, H. and Akaichi, J. (2011). Managing and querying web services communities : A survey. *International Journal of Database Management Systems (IJDMS)*, 3(1).
- [Lopez-Velasco, 2008] Lopez-Velasco, C. (2008). *Sélection et composition de services Web pour la génération d'applications adaptées au contexte d'utilisation*. PhD thesis, université Joseph Fourier.
- [Louati et al., 2012] Louati, A., Haddad, J. E., and Pinson, S. (2012). Trust-based service discovery in multi-relation social networks. In *10th International Conference, ICSOC*, Shanghai China.
- [Ludwig et al., 2009] Ludwig, S. A., Pulimi, V., and Hnativ, A. (2009). Fuzzy approach for the evaluation of trust and reputation of services. In *FUZZ-IEEE'09*, pages 115–120.
- [Luhmann, 1979] Luhmann, N. (1979). Trust and power : two works. In *UMI Books on Demand*. Wiley, pages 1–2.
- [Maamar, 2011] Maamar, Z. (2011). *E-Business applications for product Development and Competitive Growth : Emerging technologies*, chapter 16 "Web services communities : from Intra-community cooperation to inter-community competition".
- [Maamar et al., 2012a] Maamar, Z., Faci, N., Loo, A., and Ghodous, P. (2012a). Towards a quality of social network (qosn) model in the context of social web services. In *International Conference on Exploring Services Science, Lecture Notes in Business Information Processing*.

- [Maamar et al., 2012b] Maamar, Z., Faci, N., Luck, M., and Hachimi, S. (2012b). Specifying and implementing social web services operation using commitments. In *SAC'12*, Riva del Garda, Italy. ACM.
- [Maamar et al., 2012c] Maamar, Z., Faci, N., Sheng, Q. Z., and Yao, L. (2012c). Towards a user-centric social approach to web services composition, execution, and monitoring. In *The 13th International Conference on Web Information Systems Engineering (WISE)*, Paphos Cyprus.
- [Maamar et al., 2011a] Maamar, Z., Faci, N., Wives, L. K., Badr, Y., Santos, P. B., and de Oliveira, J. P. M. (2011a). Using social networks for web services discovery. *IEEE internet computing*, 15.
- [Maamar et al., 2011b] Maamar, Z., Faci, N., Wives, L. K., Yahyaoui, H., and Hacid, H. (2011b). Towards a method for engineering social web services. In *IFIP International Federation for Information Processing*.
- [Maamar et al., 2007] Maamar, Z., Lahkim, M., Benslimane, D., Thiran, P., and Sattanathan, S. (2007). Web services communities - concepts et operations. In *WEBIST'2007*.
- [Maamar et al., 2011c] Maamar, Z., Yahyaoui, H., Lim, E., and Thiran, P. (2011c). Social engineering of communities of web services. In *the 11th IEEE/IPSJ Symposium on Applications and the Internet (SAINT'2011)*, Munich, Germany.
- [Maaradji et al., 2010] Maaradji, A., Hacid, H., Daigremont, J., and Crespi, N. (2010). Towards a social network based approach for services composition. In *IEEE International Conference on Communications (ICC)*, Cape Town South Africa.
- [Magnini and Strapparava, 2001] Magnini, B. and Strapparava, C. (2001). Improving user modelling with content-based techniques. In *8th International Conference of User Modeling*, pages 74–83.

- [Maheswaran et al., 2007] Maheswaran, M., Tang, H. C., and Ghunaim, A. (2007). Towards a gravitybased trust model for social networking systems. In *International Conference on Distributed Computing Systems Workshops*.
- [Malik and Bouguettaya, 2009] Malik, Z. and Bouguettaya, A. (2009). Rateweb : Reputation assessment for trust establishment among web services. *The VLDB Journal*, 4(18) :885–911.
- [Malone et al., 1987] Malone, T., Brobst, S., Cohen, S., Grant, K., and Turbak, F. (1987). Intelligent information des systèmes de partage. In *ACM*, volume 5, pages 390–402.
- [Margaritis and Vozalis, 2003] Margaritis, K. and Vozalis, E. (2003). Analysis of recommender systems’ algorithms. In *6th Hellenic European Conference on Computer Mathematics its Applications (HERCMA)*, Athens, Greece.
- [Marsh, 1994] Marsh, S. P. (1994). *Formalising Trust as a Computational Concept*. PhD thesis, University of Stirling.
- [McKnight and Chervany, 1996] McKnight, D. H. and Chervany, N. L. (1996). The meanings of trust. Technical Report 612, University of Minnesota, Carlson School of Management.
- [Medjahed and Bouguettaya, 2005] Medjahed, B. and Bouguettaya, A. (2005). A dynamic foundational architecture for semantic web services. *Distributed and Parallel Databases*, 17(2).
- [Melliti, 2004] Melliti, T. (2004). *Interopérabilité des services web complexes*. PhD thesis, Université Paris IX Dauphine.
- [Middleton et al., 2004] Middleton, S., Shadbolt, N., and De Roure, D. (2004). Ontological user profiling in recommender systems. In *ACM Transactions on Information Systems*, pages 54–88.

- [Mokarizadeh et al., 2010] Mokarizadeh, S., Dokoohaki, N., Matskin, M., and Küngas, P. (2010). Trust and privacy enabled service composition using social experience. In *Software Services for e-World, 10th IFIP WG 6.11 Conference on e-Business, e-Services, and e-Society, I3E 2010*, pages 226–236, Buenos Aires, Argentina.
- [Mollering, 2002] Mollering, G. (2002). The nature of trust : From geog simmel to a theory of expectation, interpretation and suspension. *journal of Sociology*, 35 :403–420.
- [Molm et al., 2000] Molm, L. D., Takahashi, N., and Peterson, G. (2000). Risk and trust in social exchange : An experimental test of a classical proposition. *American Journal of Sociology*, 5(105) :1396–1427.
- [Mui et al., 2002] Mui, L., Mohtashemi, M., and Halberstadt, A. (2002). A computational model of trust and reputation. In *the 35th International Conference on System Science*, pages 280–287.
- [Nguyen, 2006] Nguyen, A. T. (2006). *COCofil2 : Un nouveau système de filtrage collaboratif basé sur le modèle des espaces de communautés*. PhD thesis, université Joseph Fourier-Grenoble I.
- [Ning and Shao, 2012] Ning, H. and Shao, X. (2012). Social network-based semantic web services discovery. *JDCTA*, 6(5) :150–159.
- [Olmedilla et al., 2005] Olmedilla, D., Rana, O. F., Matthews, B., and Nejd, W. (2005). Security and trust issues in semantic grids. In *Dagstuhl Seminar on Semantic Grid : The Convergence of Technologies*, pages 52–71.
- [Papazoglou, 2003] Papazoglou, M. P. (2003). Service-oriented computing : Concepts, characteristics and directions. In *the 4th international conference on web information systems engineering (wise'03)*, pages 3–12.

- [Paradesi and Doshi, 2009] Paradesi, S. M. and Doshi, P. (2009). Toward integrating social trust into web service compositions. In *ICWS Proceedings of the IEEE International Conference on Web Services*, pages 453–460.
- [Piamrat et al., 2009] Piamrat, K., Viho, C., Bonnin, J.-M., and Ksentini, A. (2009). Quality of experience measurements for video streaming over wireless networks. In *Sixth International Conference on Information Technology New Generations, 2009.ITNG '09*, page 1184–1189.
- [Picot-Clémente, 2012] Picot-Clémente, R. (2012). *Une architecture générique de Systèmes de recommandation de combinaison d'items. Application au domaine du tourisme*. PhD thesis, Université de Bourgogne.
- [Rao and Talwar, 2008] Rao, N. and Talwar, V. (2008). Application domain and functional classification of recommender systems a survey. *Desidoc journal of library and information technology*, 28(3) :17–36.
- [Resnick et al., 2000] Resnick, P., Kuwabara, K., Zeckhauser, R., and Friedman, E. (2000). Reputation systems. *Communications of the ACM*, 43(12) :45–48.
- [Rotter, 1967] Rotter, J. B. (1967). A new scale for the measurement of interpersonal trust. *Personality*, 35(4) :651–665.
- [Sabater and Sierra, 2002] Sabater, J. and Sierra, C. (2002). Reputation and social network analysis in multi-agent systems. In *the rst international joint conference on Autonomous agents and multi agent systems part 1 AAMAS 02*, pages 15–19.
- [Sherchan et al., 2013] Sherchan, W., Nepal, S., and Paris, C. (2013). A survey of trust in social networks. *ACM Comput. Surv*, 45(4) :33.
- [Singh and Bawa, 2007] Singh, S. and Bawa, S. (2007). Privacy, trust and policy based authorization framework for services in distributed environments. *International Journal of Computer Science*, 2(2) :85–92.



- [Su and Khoshgoftaar, 2009] Su, X. and Khoshgoftaar, T. (2009). A survey of collaborative filtering techniques. In *Advances in Artificial Intelligence*, page 1–19.
- [Sun et al., 2003] Sun, H., Wang, X., Zhou, B., and Zou, P. (2003). Research and implementation of dynamic web services composition. In *APPT*, page 457–466.
- [Suria and Palanivel, 2015] Suria, S. and Palanivel, K. (2015). An enhanced web service recommendation system with ranking qos information. *International Journal of Emerging Trends Technology in Computer Science (IJETTCS)*, 4(1) :116–121.
- [Torloting, 2006] Torloting, P. (2006). Enjeux et perspectives des réseaux sociaux. Technical report, Institut Supérieur du Commerce de Paris.
- [Tran, 2011] Tran, D. K. L. (2011). Conception et développement de fonctionnalités innovantes liées à facebook pour un système de recommandation. Technical report.
- [Vogel et al., 1995] Vogel, A., Kerhervé, B., von Bochmann, G., and Gecsei, J. (1995). Distributed multimedia and qos : A survey. *IEEE MultiMedia*, 2(2) :10–19.
- [Wang et al., 2007] Wang, F.-Y., Carley, K. M., Zeng, D., and Mao, W. (2007). Social computing : From social informatics to social intelligence. *IEEE Intelligent Systems*, 22(2) :79–83.
- [Wang et al., 2011] Wang, S., Zhu, X., and Zhang, H. (2011). Web service selection in trustworthy collaboration network. In *2011 Eighth IEEE International Conference on e-Business Engineering*, pages 153–160.
- [Wenger, 1998] Wenger, E. (1998). Communities of practice : Learning, meaning, and identity. In *Cambridge University Press*.
- [Xie et al., 2008] Xie, X., Du, B., and Zhang, Z. (2008). Semantic service composition based on social network. In *WWW 2008*, Beijing, China.

- [Yahyaoui et al., 2014] Yahyaoui, H., Almulla, M., and Maamar, Z. (2014). A fuzzy model for selecting social web services. In *Web Information Systems Engineering – WISE 2014, 15th International Conference*, number Part II, pages 32–46, Thessaloniki, Greece. Springer International Publishing.
- [Yahyaoui et al., 2008] Yahyaoui, H., Maamar, Z., Bentahar, J., Sahli, N., Elnaffar, S., and Thiran, P. (2008). On the reputation of communities of web services. In ACM, editor, *the 8th international conference on New technologies in distributed systems*.
- [Yao et al., 2014] Yao, L., Sheng, Q. Z., Ngu, A. H. H., Yu, J., and Segev, A. (2014). Unied collaborative and content-based web service recommendation. *IEEE transactions on services computing*.
- [Zarghami et al., 2009] Zarghami, A., Fazeli, S., Dokoohaki, N., and Matskin, M. (2009). Social trust-aware recommendation system : A t-index approach. In IEEE, editor, *IEEE/WIC/ACM International Joint Conference on Web Intelligence and Intelligent Agent Technology*, pages 85–90.
- [Zhang et al., 2014] Zhang, W., Sun, H., Liu, X., and Guo, X. (2014). Temporal qos-aware web service recommendation via non-negative tensor factorization. In ACM, editor, *the International World Wide Web Conference Committee (IW3C2)*, Seoul, Korea.
- [Zhang et al., 2011a] Zhang, Y., Zheng, Z., and Lyu, M. R. (2011a). Exploring latent features for memory-based qos prediction in cloud computing. In *the 30th IEEE Symposium on Reliable Distributed Systems (SRDS 2011)*.
- [Zhang et al., 2011b] Zhang, Y., Zheng, Z., and Lyu, M. R. (2011b). Wspread : A time-aware personalized qos prediction framework for web services. In *Proceedings of IEEE Symposium on Software Reliability Engineering (ISSRE'11)*.

- 
- [Zheng and Lyu, 2010] Zheng, Z. and Lyu, M. R. (2010). Collaborative reliability prediction for service-oriented systems. In *Proc. IEEE/ACM 32nd Int'l Conf. Software Engineering (ICSE'10)*, pages 35–44.
- [Zheng et al., 2009] Zheng, Z., Ma, H., Lyu, M., and King, I. (2009). Wsrec : A collaborative filtering based web service recommendation system. In *Int'l Conf. Web Services*, pages 437–444.
- [Zheng et al., 2010] Zheng, Z., Zhang, Y., and Lyu, M. R. (2010). Distributed qos evaluation for real-world web services. In *the 8th International Conference on Web Services (ICWS2010)*, pages 83–90, Miami, Florida, USA.