



HAL
open science

MEMORAe-CWE : un système collaboratif de systèmes d'information à base d'ontologies

Siying Li, Marie-Hélène Abel, Elsa Negre

► To cite this version:

Siying Li, Marie-Hélène Abel, Elsa Negre. MEMORAe-CWE : un système collaboratif de systèmes d'information à base d'ontologies. 31ème Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2020), Sébastien Ferré, Jun 2020, Angers, France. pp.56-71. hal-02891786

HAL Id: hal-02891786

<https://hal.science/hal-02891786>

Submitted on 7 Jul 2020

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

MEMORAe-CWE : un système collaboratif de systèmes d'information à base d'ontologies

Siying Li¹, Marie-Hélène Abel¹, Elsa Negre²

¹ Sorbonne universités, Université de Technologie de Compiègne, CNRS UMR 7253, HEUDIASYC, 60203 Compiègne
{siying.li, marie-helene.abel}@utc.fr

² Université Paris-Dauphine, PSL Research University, CNRS UMR 7243, LAMSADE, 75016 Paris, France
elsa.negre@dauphine.fr

Résumé : Intégrant divers outils de collaboration, un environnement de travail collaboratif basé sur le web supporter à la collaboration vise à faciliter la production et le partage de ressources. Durant les processus collaboratifs les ressources produites sont de fait stockées de manière distribuée au sein des systèmes/outils rendus accessibles par l'environnement. Le problème de leur accès se pose, il ne s'agit pas d'autoriser un accès individualisé dans chaque système mais bien de proposer un accès contextualisé à partir de l'environnement de travail collaboratif. Dans le cadre de notre recherche, nous considérons un environnement de travail collaboratif comme un système collaboratif de systèmes d'information développé à partir d'une ontologie définissant le concept de collaboration et son contexte. C'est à partir de cette ontologie que les fonctionnalités de l'environnement sont développées et permettent notamment d'organiser le partage et l'accès aux ressources produites au sein des différents systèmes. Les traces sémantiques de collaboration enregistrées peuvent alors être utilisées pour effectuer des recommandations de ressources aux collaborateurs/utilisateurs.
Mots-clés : Environnement de Travail Collaboratif, Système de Systèmes d'Information, Ontologie, Contexte de collaboration.

1 Introduction

Grâce au développement des technologies de l'information, de nombreux outils de collaboration sont mis à la disposition des utilisateurs, tels que les outils de mail et de chat en temps réel (Xu *et al.*, 2008; Wang, 2016). Ces outils numériques peuvent être intégrés dans un Environnement de Travail Collaboratif (ETC) basé sur le web (Martínez-Carreras *et al.*, 2007). De tels environnements permettent aux utilisateurs de collaborer au-delà de la limite des distances géographiques et rendent le travail collaboratif dans les entreprises plus agile et flexible. Pendant leur collaboration, les utilisateurs doivent généralement utiliser différents outils au sein desquels ils sont amenés à générer diverses ressources (par exemple, des documents, des vidéos, etc.). Le problème de leur accès se pose, il ne s'agit pas d'autoriser un accès individualisé dans chaque système mais bien de proposer un accès contextualisé à partir de l'environnement de travail collaboratif. Dans le cadre de notre travail nous visons l'organisation de telles ressources distribuées au moyen d'un référentiel partagé permettant un accès centralisé au sein d'un ETC.

Dans les ETCs, les ressources sont stockées dans différents outils de collaboration qui sont des systèmes d'information autonomes (Neto *et al.*, 2017). Ces systèmes, ainsi que l'environnement lui-même, peuvent être vus comme un Système de Systèmes d'Information (SdSI) (Saleh & Abel, 2016). Compte tenu des différentes gestions de ressources dans des SdSIs (Maier, 1998; Dahmann & Baldwin, 2008), nous proposons de construire un ETC comme un SdSI collaboratif basé sur une ontologie de collaboration tenant compte de son contexte afin que chaque ressource puisse être gérée au moyen d'une base de connaissances (Saleh & Abel, 2016) et stockée dans le système d'information où elle a été produite.

Les ressources produites et/ou utilisées lors d'une collaboration dépendent de l'objectif de la collaboration et plus généralement de son contexte (Li *et al.*, 2019). Il semble donc nécessaire de tenir compte de ce dernier pour les décrire afin de faciliter leur utilisation. A cette fin, nous avons fait le choix de construire une ontologie du contexte de collaboration. Cette dernière sera utilisée pour l'accès aux ressources mais également effectuer leur recommandation contextuelle.

Cette article est structuré de la manière suivante. La section 2 présente les principaux concepts et approches liés aux définitions d'un ETCs, d'une architecture de SdSI et de recommandations contextuelles. La section 3 décrit nos contributions pour (i) adapter une architecture de SdSI basé sur une ontologie aux ETCs, (ii) mettre en oeuvre une ontologie du contexte de collaboration, (iii) développer un prototype de ETC basé sur l'architecture et l'ontologie du contexte de collaboration définies. Nous discutons ensuite des forces et faiblesses du prototype. Enfin, nous concluons et proposons quelques perspectives de recherche dans la section 5.

2 Etat de l'art

Dans cette section, nous présentons ce qu'est un Environnement de Travail Collaboratif (ETC) et discutons de ses fonctions. Nous précisons également la notion de Système de Systèmes d'Information (SdSI). Enfin, nous expliquons en quoi consistent les recommandations contextuelles et leurs avantages.

2.1 Environnement de Travail Collaboratif - ETC

Pour atteindre un objectif commun (Oliveira *et al.*, 2011), une collaboration implique deux personnes ou plus et comprend un ensemble d'actions réalisées par des acteurs humains agissant pour le compte du collaborateur correspondant (Li *et al.*, 2018b,a). De nos jours, de plus en plus de personnes collaborent à distance à l'aide de diverses technologies, telles que le Web/Internet, les technologies de l'information et de la communication (TIC) et les technologies dans le domaine du travail coopératif assisté par ordinateur (TCAO) (Martínez-Carreras *et al.*, 2007; Su & Casamayor, 2009). Cela conduit à l'émergence d'un nouvel espace collaboratif, un ETC où les utilisateurs peuvent travailler ensemble en groupes spontanés et dynamiques assemblés de manière collaborative (Prinz *et al.*, 2006).

Des ETCs, en particulier ceux basés sur le web, permettent des collaborations numériques entre les utilisateurs en groupes (Bafoutsou & Mentzas, 2002). Chaque groupe dispose d'un espace accessible à ses membres (utilisateurs) (Bentley *et al.*, 1997). Cela permet à tous les membres d'un groupe de travailler dans un espace partagé au sein du groupe (Bafoutsou & Mentzas, 2002). Par ailleurs, différentes applications de groupe peuvent être intégrées dans les ETCs en tant qu'outils de collaboration (Martínez-Carreras *et al.*, 2007). En y ajoutant ces outils, les ETCs peuvent donner aux utilisateurs la possibilité de collaborer dans plusieurs groupes en même temps. D'autres outils basés sur les TICs sont également disponibles dans les ETCs, tels que des outils de mail, de partage de documents et de gestion de projets (Wang, 2016; Bafoutsou & Mentzas, 2002; Truong *et al.*, 2008).

Selon (Martínez-Carreras *et al.*, 2007; Su & Casamayor, 2009; Prinz *et al.*, 2006; Bafoutsou & Mentzas, 2002), les ETCs offrent des services tels que :

- 1) Permettre aux utilisateurs de collaborer dans le temps et l'espace ;
- 2) Soutenir les différentes activités des utilisateurs pendant leurs collaborations, telles que la communication, la coordination et l'interaction ;
- 3) Intégrer et fournir différents outils de collaboration : les outils asynchrones¹ (par exemple, mail et Wiki) et les outils synchrones² (par exemple, les systèmes de chat en temps réel et de communication par vidéo) ;
- 4) Fournir des services flexibles aux utilisateurs afin de les aider dans leurs collaborations ;
- 5) Autoriser l'interopérabilité avec différents outils de collaboration ;
- 6) Augmenter la productivité et la créativité dans les processus collaboratifs ;
- 7) Améliorer la pensée critique et la capacité d'analyse et de résolution des problèmes des utilisateurs.

1. Les outils asynchrones permettent aux utilisateurs de collaborer à différents moments Xu *et al.* (2008).

2. Les outils synchrones permettent aux utilisateurs de collaborer en même temps Wang (2016).

Plusieurs travaux de recherche ont déjà développé des ETCs dans différents domaines. Par exemple, Su & Casamayor (2009) ont réalisé un ETC pour promouvoir la conception durable du mobilier. Truong *et al.* (2008) ont fusionné plusieurs outils de collaboration dans un ETC dédié aux collaborations en équipe. Parmi ces ETCs existants, il existe une difficulté partagée et non résolue : le passage d'un outil de collaboration à un autre impose une charge liée aux ressources (par exemple, documents, chiffres) aux utilisateurs (ter Hofte, 1998). Lorsque les utilisateurs alternent entre des collaborations ou effectuent plusieurs activités en utilisant différents outils de collaboration, ils ont besoin de copier et/ou déplacer des ressources entre ces outils. Particulièrement, ces ressources sont stockées dans différentes bases de données, soit dans les outils où elles ont été produites, soit dans l'ETC lui-même. Cela rend plus difficile l'accès et la gestion des ressources dans un ETC. De ce fait, cela pose aussi des problèmes sur la façon d'intégrer ces outils au sein d'un ETC (Prinz *et al.*, 2006).

Dans le cadre de notre travail nous visons un accès centralisé aux ressources via l'ETC. A cette fin il est nécessaire de penser dès la conception de l'ETC la façon de lui lier les outils de collaboration qu'il rendra accessible à l'utilisateur/collaborateur. Chaque outil est un système autonome d'information avec sa propre base de données. Les outils et le noyau de l'ETC forment un système favorisant les collaborations entre utilisateurs. Un tel système peut être considéré comme un Système de Systèmes d'Information (SdSI) (Saleh & Abel, 2016).

2.2 Système de Systèmes d'Information - SdSI

La notion Système de Systèmes d'Information (SdSI) est conceptuellement dérivée de celle de **Système de Systèmes (SdS)**. Un SdS est un nouveau type de système formé par la relation qu'il entretient avec ses composants, qui sont eux-mêmes des systèmes indépendants (Assaad *et al.*, 2016). Dans un tel système, on peut distinguer le *système global* et des *systèmes composants*. Les systèmes composants sont des systèmes indépendants et hétérogènes. Le système global consiste en un système faisant le lien entre les différents systèmes composants (Assaad *et al.*, 2016). En ce qui concerne l'ETC, ses outils intégrés de collaboration sont les systèmes composants, tandis que l'ETC lui-même correspond au système global.

Un SdS être classifié selon le lien qu'il met en place avec les différents systèmes composants (Maier, 1998; Dahmann & Baldwin, 2008) distinguent quatre catégories :

- Un **SdS dirigé - *directed*** est construit pour répondre à des objectifs spécifiques et il est géré de manière centralisée (par exemple, les systèmes responsables du développement des systèmes futurs de combat au sein du ministère de la défense des États-Unis (Dahmann & Baldwin, 2008)).
- Un **SdS reconnu - *acknowledged*** a une gestion centrale et des ressources communes. Néanmoins, les systèmes composants maintiennent leurs propriétés indépendantes et leurs objectifs. Les changements dans le SdS sont basés sur la collaboration entre le SoS et les systèmes composants (par exemple, un centre des opérations aériennes (Dahmann & Baldwin, 2008)).
- Un **SdS collaboratif** n'a pas de gestion centrale. Les systèmes composants collaborent entre eux pour atteindre les objectifs centraux (par exemple, Internet³ (Maier, 1998; Dahmann & Baldwin, 2008)).
- Un **SdS virtuel** n'a ni gestion centrale et ni d'objectifs communs reconnus au niveau central. Il est le résultat de l'interaction entre ses composantes, alors que les objectifs sont inconnus. Ce SdS est maintenu par des mécanismes invisibles (par exemple, World Wide Web⁴ (Maier, 1998)).

De plus, si chaque système composant d'un SdS est un système d'information, ce SdS est un SdSI (Saleh & Abel, 2016). Le système d'information contient un ensemble de composants interdépendants qui effectuent des activités visant à collecter, traiter, stocker et distribuer des informations, tandis qu'un système est un ensemble d'éléments dynamiquement

3. L'internet est un réseau mondial d'ordinateur à ordinateur, dont éléments sont des réseaux informatiques et des sites informatiques importants (Maier, 1998).

4. Le World Wide Web est un système de systèmes qui n'existe qu'au niveau des couches supérieures du protocole (Maier, 1998).

interdépendants pour effectuer des activités visant à atteindre un objectif spécifique (Neto *et al.*, 2017). Un SdSI peut être vu comme un SdS spécial concernant l'information. De ce fait, le SdSI peut aussi être classifié selon les quatre catégories (dirigé, reconnu, collaboratif, virtuel). Par exemple, Internet est un SdSI collaboratif qui rassemble différents systèmes d'information pour fournir divers services informatiques aux utilisateurs (voir la figure 1).

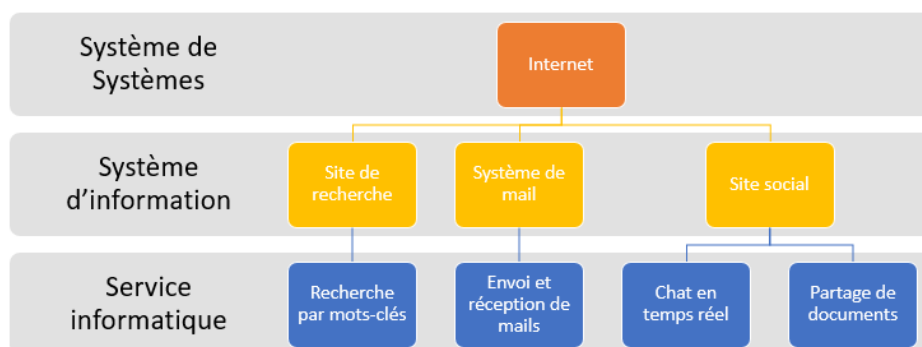


FIGURE 1 – Internet vu comme un SdSI collaboratif.

Concrètement, chaque outil de collaboration intégré dans un ETC est un système d'information indépendant et autonome avec sa propre base de données et sa propre gestion de ressources. Un ETC peut être considéré comme un SdSI, qui peut également être classifié selon les quatre catégories des SdSI. Par exemple, l'ETC créé par Su & Casamayor (2009) est reconnu, parce qu'il dispose d'une gestion centrale et de ressources communes. Cependant l'accès et la gestion de ressources communes dans de tels ETCs peut créer une barrière pour les personnes (cf. Section 2.1).

Pour organiser les ressources réparties entre les systèmes d'information dans un ETC, on peut considérer qu'un ETC est un SdSI collaboratif avec une gestion centrale des ressources. En effet, il n'existe pas de ressources communes dans un tel ETC. Au contraire, chaque ressource appartient exclusivement au système d'information où elle a été générée. Cependant, toutes les ressources peuvent être visibles, accessibles et gérées de manière centralisée au sein de l'ETC. Notamment, un SdSI collaboratif basé sur une ontologie, qui peut gérer des informations à travers des systèmes séparés, a été développé (Saleh & Abél, 2016). Compte tenu de la relation entre les ETCs et les SdSIs collaboratifs, nous décidons donc de mettre en oeuvre un ETC sous la forme d'un SdSI collaboratif développé à partir d'une ontologie définissant le concept de collaboration et son contexte. C'est à partir de cette ontologie que les fonctionnalités de l'environnement sont développées et permettent notamment d'organiser le partage et l'accès aux ressources produites au sein des différents systèmes. Les traces sémantiques de collaboration enregistrées peuvent alors être utilisées pour effectuer des recommandations de ressources aux collaborateurs/utilisateurs.

2.3 Recommandations contextuelles

Les recommandations sont générées par des Systèmes de Recommandation (SR) qui sont conçus et appliqués pour trouver l'information la plus pertinente aux besoins des utilisateurs et la transférer aux utilisateurs (Nunes & Jannach, 2017). Généralement, les SRs traitent de deux dimensions des données : les utilisateurs et les items (Adomavicius *et al.*, 2005). Ici, *items* est le terme générique pour indiquer les objets que des SRs recommandent aux utilisateurs, tandis que *utilisateurs* indiquent les personnes qui recevront ces objets recommandés (Ricci *et al.*, 2011). Par exemple, dans un ETC, des ressources peuvent être recommandées aux utilisateurs pour les aider lors de collaborations. Un item se réfère à une ressource.

Pour fournir des recommandations, les SRs doivent identifier et trier les items en fonction de leurs utilités (ratings) (Ricci *et al.*, 2011) qui indiquent comment un utilisateur particulier

aime un item spécifique (Adomavicius & Tuzhilin, 2005). Ainsi, la tâche principale des SRs est la suivante : étant donné un ensemble initial de utilités que les utilisateurs donnent explicitement ou implicitement pour les items, les SRs essaient de calculer/comparer les utilités inconnus/manquants des items et décident quels items recommander, sur la base des données des utilisateurs et des items (Ricci *et al.*, 2011) (Adomavicius & Tuzhilin, 2011).

Adomavicius & Tuzhilin (2005) ont modélisé la fonction d'utilités en utilisant deux dimensions de données (écrites comme SR 2D) comme suit :

$$R_{SR\ 2D} : Utilisateur \times Item \rightarrow Rating \quad (1)$$

où *Rating* est un ensemble ordonné (par exemple, des entiers non négatifs ou des nombres réels dans une certaine intervalle).

Récemment, une nouvelle branche de la SR, le Système de Recommandation Contextuelle (SRC), a été proposée par Adomavicius *et al.* (2005). Un SRC est construit en incorporant le contexte dans les processus de génération de recommandations, ce qui peut déboucher sur des recommandations plus précises (Palmisano *et al.*, 2008), notamment des recommandations contextuelles.

Les SRCs visent à recommander des items aux utilisateurs (Ricci *et al.*, 2011) selon des contextes. Ici, le contexte est toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation des utilisateurs, des items, ou l'interaction entre les utilisateurs et les items (Dey, 2001). Dans l'exemple ci-dessus, le contexte indique le fait que les utilisateurs collaborent entre eux dans certains groupes au sein d'un ETC. Basées sur les trois dimensions des données : utilisateurs, items et contextes, les utilités (ratings) des items dans les SRCs indiquent comment un utilisateur particulier aime un item spécifique (Adomavicius & Tuzhilin, 2005) dans un certain contexte. Par conséquent, la fonction d'utilité (ratings) d'une SRC est (Adomavicius *et al.*, 2005) :

$$R_{SRC} : Utilisateur \times Item \times Contexte \rightarrow Rating \quad (2)$$

Dans le cadre de nos recherches, le contexte dans l'équation (2) indique les informations contextuelles sur les interactions entre des utilisateurs et des ressources au sein des ETCs. Ces interactions visent notamment à atteindre les objectifs communs des collaborations entre utilisateurs. Cela implique que les informations contextuelles sont pertinentes par rapport aux collaborations. Ainsi, ces informations contextuelles appartiennent également aux contextes de collaboration. En considérant les ETCs comme des SdSIs collaboratifs basés sur une ontologie, une ontologie de contexte de collaboration peut être mise en œuvre et appliquée dans les ETCs pour recommander des ressources aux utilisateurs. Ces recommandations sont destinées à améliorer les collaborations des utilisateurs dans certains groupes, contribuant ainsi à rendre plus efficace le travail collaboratif dans les ETCs.

3 Contributions

Cette section présente le problème de l'accès centralisé et l'organisation des ressources dans des Environnements de Travail Collaboratif (ETCs) à l'aide d'un scénario de travail collaboratif (cf. Section 3.1). Pour résoudre de tels problèmes, les ETCs peuvent être construits en adaptant l'architecture d'un Système de Systèmes d'Information (SdSI) collaboratif basé sur une ontologie (cf. Section 3.2) et en appliquant une ontologie de contexte de collaboration (cf. Section 3.3).

Dans le cadre de nos recherches, basées sur cette architecture et sur l'ontologie du contexte de collaboration, un prototype correspondant de ETC a été développé, qui gère les ressources distribuées dans des outils différents. Enfin, le prototype est présenté (cf. Section 3.4). Il permet de faciliter les collaborations et de générer des recommandations de ressources aux utilisateurs.

3.1 Un scénario de travail collaboratif

L'entreprise FileX vise à développer diverses applications d'éditeurs et de traducteurs de fichiers. Actuellement, l'entreprise se concentre sur deux applications : une application web et une application Android d'un éditeur de fichiers. Les deux applications sont respectivement réalisées par deux groupes. En particulier, Lucie, Mary et Steve collaborent pour l'application web. Lucie, Emma et Leo travaillent ensemble pour l'application Android. Par ailleurs, l'application desktop de l'éditeur de fichiers a été réalisée par Lucie, Majd et Nathalie.

Au cours du développement des deux applications, Lucie trouve un document intéressant ("File editor document 1") et une vidéo utile ("File editor video"). Elle souhaite donc les partager séparément dans les deux groupes de travail collaboratif et en discuter avec d'autres personnes. Cependant, les deux ressources sont stockées différemment. La vidéo est accessible sur YouTube, tandis que le document est enregistré dans l'ordinateur de Lucie. De plus, lors de ces discussions dans les deux groupes, Lucie aimerait comparer les différentes idées des personnes de ces deux groupes sur l'éditeur de fichiers.

Pour permettre à Lucie de travailler plus efficacement dans son travail, un ETC peut être utilisé dans son entreprise, FileX. Un tel ETC permet non seulement de gérer les ressources stockées dans les différents outils de collaboration, mais aussi de relier ces ressources à un vocabulaire commun qui décrit les objectifs des collaborations de Lucie. Tout en développant un tel ETC, une architecture de SdSI collaboratif basé sur une ontologie est adaptée pour construire des ETCs permettant d'avoir accès aux ressources. Parallèlement, une ontologie de contexte de collaboration est également utilisée pour gérer ces ressources avec des vocabulaires partagés d'objectifs de collaboration.

3.2 Une architecture d'Environnement de Travail Collaboratif

Saleh & Abel (2016) ont proposé une architecture leader/suiveur de SdSI collaboratif (voir partie (a) de la figure 2). Dans cette architecture, un SdSI collaboratif est composé d'un système leader qui est le système global et de multiples systèmes suiveurs qui représentent les systèmes composants. De plus, le système global contient une base ontologique de connaissances pour gérer collectivement les informations entre les systèmes d'information.

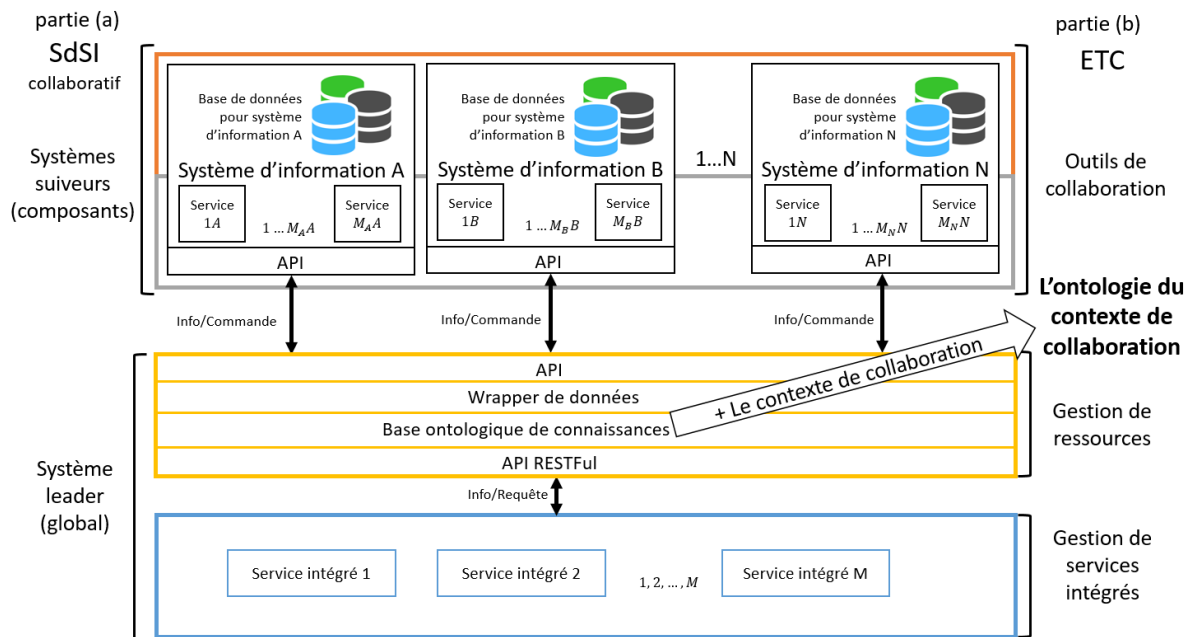


FIGURE 2 – Considérer un ETC comme un SdSI collaboratif basé sur une ontologie.

En considérant un ETC comme un SdSI collaboratif basé sur une ontologie, cette architecture leader/suiveur peut aussi servir d'architecture pour un ETC (voir partie (b) de la figure 2). Les systèmes composants sont des outils de collaboration qui fournissent leurs propres services (par exemple, Service 1A, ..., M_{AA} dans la figure 2). Ils peuvent volontairement choisir de quitter ou de rejoindre un ETC pour y intégrer des services destinés à supporter les collaborations (par exemple, Service intégré 1, ..., M dans la figure 2). En outre, les quatre parties de l'architecture peuvent gérer les ressources dans l'ETC de la manière suivante : *API*, *Wrapper de données*, *Base ontologique de connaissances* et *API RESTful*. *API* échange des informations de ressources avec les outils de collaboration. Ensuite, *Wrapper de données* vise à gérer les informations collectées via *API* et à les stocker dans une *base ontologique de connaissances*. Enfin, *API RESTful* offre des interfaces uniformes pour l'accès et la manipulation de ressources (Lucchi *et al.*, 2008). Une telle architecture (voir partie (b) de la figure 2) permet aux ressources situées dans des outils indépendants d'être visibles et accessibles dans des ETCs sans modifier leur lieu de stockage (source).

Considérant que les collaborations sont orientées par l'objectif (Oliveira *et al.*, 2011; Li *et al.*, 2018a), les ressources utilisées dans les collaborations sont pertinentes par rapport à leurs objectifs. De ce fait, les ressources doivent être gérées en fonction des objectifs de collaboration dans les ETCs. Toutefois, les ressources et les objectifs sont influencés par le contexte de collaboration, par exemple les activités des collaborateurs (Li *et al.*, 2019). De ce fait, nous devons prendre en compte le contexte de collaboration dans la base ontologique de connaissances pour gérer des ressources. Ainsi, une ontologie du contexte de collaboration (Li *et al.*, 2019) est mise en place comme base de connaissances dans l'architecture de ETC (voir partie (b) de la figure 2). Cette architecture contribue à la construction d'un prototype de ETC où les ressources sont gérées au sein du contexte de collaboration.

3.3 Une ontologie du contexte de collaboration

L'ontologie du contexte de collaboration **MEMORAe-Collaboration-Context (MCC)** (Li *et al.*, 2019) applique un concept de groupe d'utilisateurs, `mcc :UserGroup` (voir la figure 3), pour représenter des collaborations. Autour de ce concept, huit dimensions du contexte de collaboration sont représentées par différents concepts et/ou leurs inter-relations : Objectif, Collaborateur, Activité, Ressource, Temps, Lieu, Relation et Satisfaction (Li *et al.*, 2019). Un `mcc :UserGroup` est établi pour une période de temps, a un objectif et fournit un espace de groupe accessible à ses membres (au moins deux) avec leurs comptes utilisateurs.

Dans les espaces de groupe, les utilisateurs peuvent accéder et consulter les ressources distribuées dans les différents outils de collaboration via leurs comptes d'utilisateurs. Comme montré dans la figure 3, les ressources sont contenues dans la base de données où elles ont été stockées à l'origine, soit dans un ETC (représenté par `ms :LeaderSystem`), soit dans un outil de collaboration (représenté par `ms :WebBasedApplication` et `ms :SandAloneSystem`) intégré dans l'ETC. Pour associer les ressources dans les outils de collaboration avec l'ETC, `ms :ReferenceKey` est appliqué. Chaque `ms :ReferenceKey` est inclus dans l'ETC et possède un `mc2 :IndexKey` qui est visible dans certains espaces de groupe. Cela permet de lier des ressources avec des groupes d'utilisateurs. En utilisant `mc2 :IndexKey` et `ms :ReferenceKey`, toutes les ressources sont accessibles et visibles dans les groupes d'utilisateurs du ETC. Lorsque des personnes effectuent différentes activités sur des ressources (par exemple, partage, vote et/ou suppression de ressources), ce sont leurs `mc2 :IndexKey` et `ms :ReferenceKey` qui sont utilisés et modifiés, plutôt qu'elles-mêmes dans les bases de données. Les activités possibles sur des ressources dans l'ETC sont présentées dans la figure 4. Ces activités peuvent être enregistrées en tant que traces d'activité des utilisateurs dans des groupes d'utilisateurs et classées en 6 catégories : création, ajout, partage, modification, accès et suppression de ressources (marqués par des rectangles dans la figure 4).

Par ailleurs, `mcc :Goal` (voir la figure 3 et 4) représente l'objectif de la collaboration. Comme les collaborations sont pertinentes les unes pour les autres au sein d'une entreprise ou d'une organisation, nous appliquons un graphique organisationnel des connaissances pour définir un vocabulaire commun décrivant les objectifs de collaboration. Chaque noeud du graphe est un concept utile pour les objectifs de collaboration au sein d'une organisation,

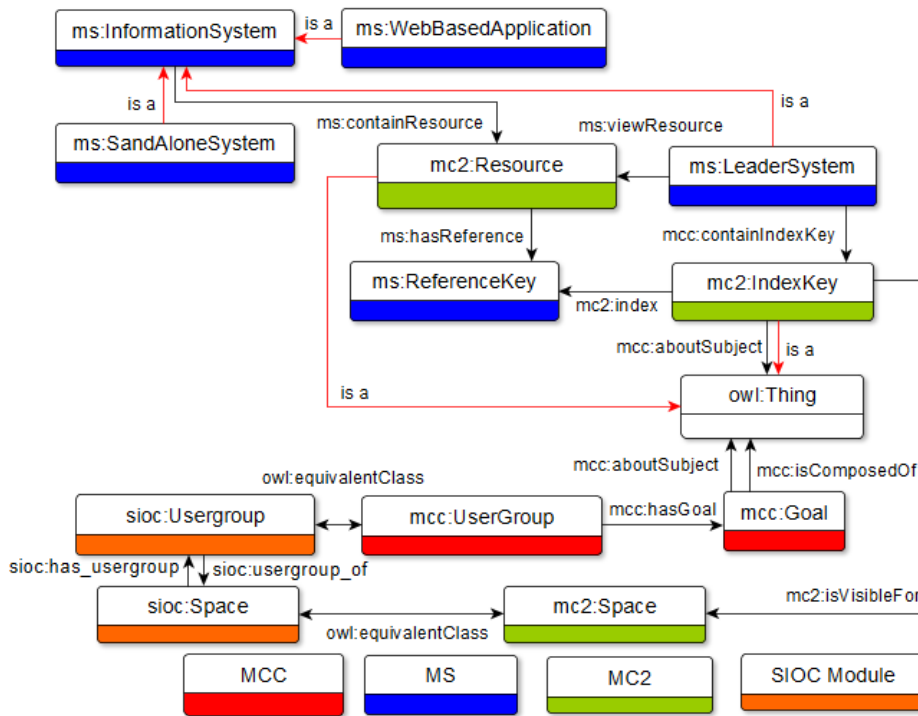


FIGURE 3 – Module de ressources dans MCC (Li et al., 2019).

représenté par `owl:Thing` (voir la figure 3 et 4). Parallèlement, chaque `mc2:IndexKey` est aussi lié à `owl:Thing`. Cela signifie que les ressources et les activités sur des ressources dans l'ETC peuvent être attachées aux objectifs de collaboration par MCC.

L'application de MCC comme base ontologique de connaissances permet d'indexer et de gérer les ressources avec un vocabulaire commun des objectifs de collaboration. Cela permet de déterminer l'utilité des ressources et de générer des recommandations de ressources aux utilisateurs pour faciliter leurs collaborations dans des ETCs.

3.4 Prototype : MEMORAe-CWE

Basé sur l'architecture de ETC (cf. Section 3.2) et sur l'ontologie du contexte de collaboration (cf. Section 3.3), un prototype de ETC a été développé : **MEMORAe-CWE**. Cette prototype est développé à partir d'une plateforme MEMORAe, qui a déjà été testée et utilisée par des utilisateurs réels à l'Université de technologie de Compiègne.

Dans MEMORAe-CWE, les utilisateurs ont accès à diverses organisations. Une fois qu'une organisation est sélectionnée, les utilisateurs peuvent parcourir le graphe de connaissances de l'organisation. Les concepts concernant les objectifs de collaboration dans l'organisation sont affichés via les noeuds dans le graphe, et leurs relations via les liens. Chaque noeud et lien a sa propre description. Dans le scénario de travail collaboratif (cf. Section 3.1), l'entreprise FileX définit les concepts avec des descriptions dans un graphe de connaissances. Tous les employés de FileX peuvent consulter le graphe au sein de MEMORAe-CWE (voir la figure 5).

Chaque organisation est composée d'un ou plusieurs groupes d'utilisateurs dont les membres collaborent les uns avec les autres pour atteindre un objectif commun. Dans le scénario, les deux groupes pour le développement d'applications différentes sont deux groupes d'utilisateurs dans MEMORAe-CWE. Leurs objectifs sont de développer l'application correspondante de l'éditeur de fichiers. Particulièrement, chaque groupe d'utilisateurs fournit un espace

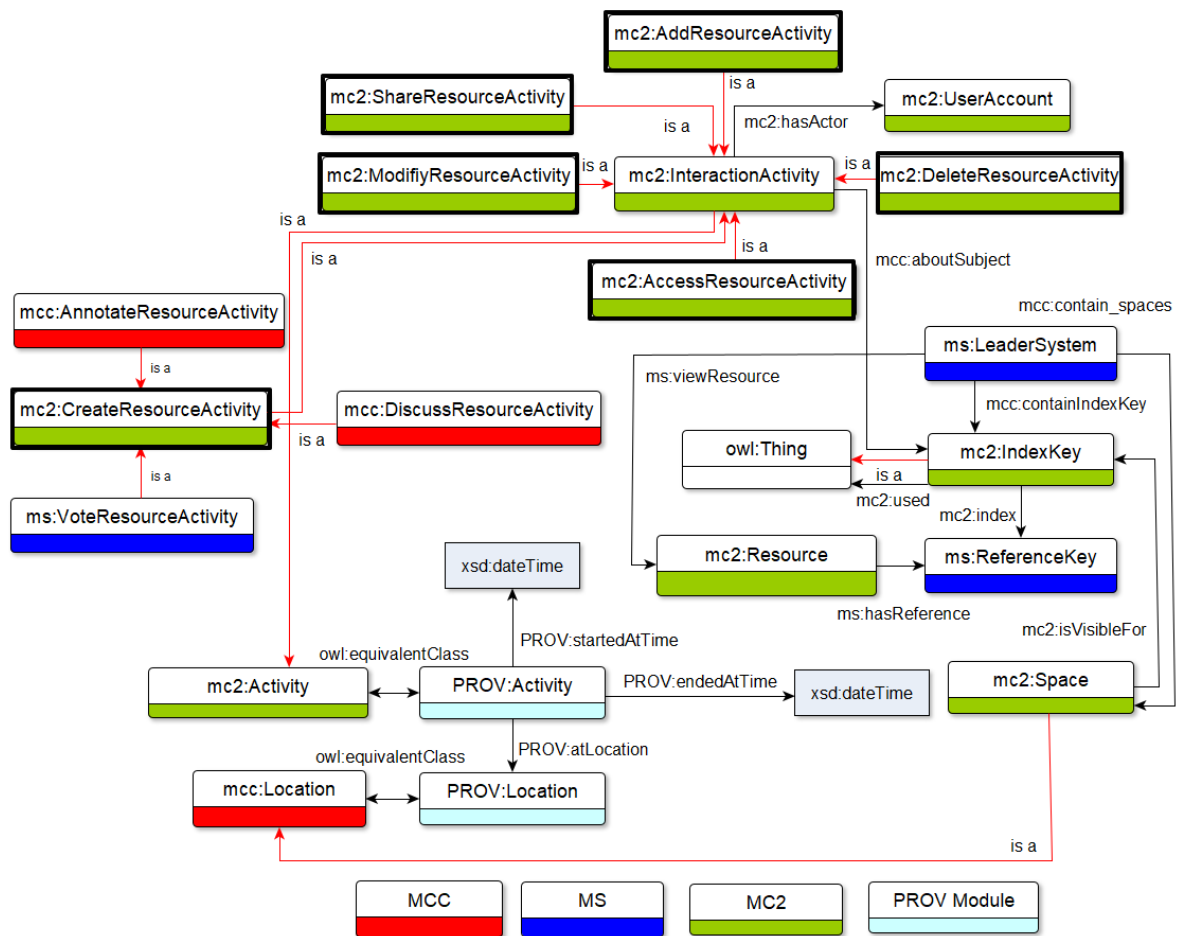


FIGURE 4 – Module de activité dans MCC (Li et al., 2019).

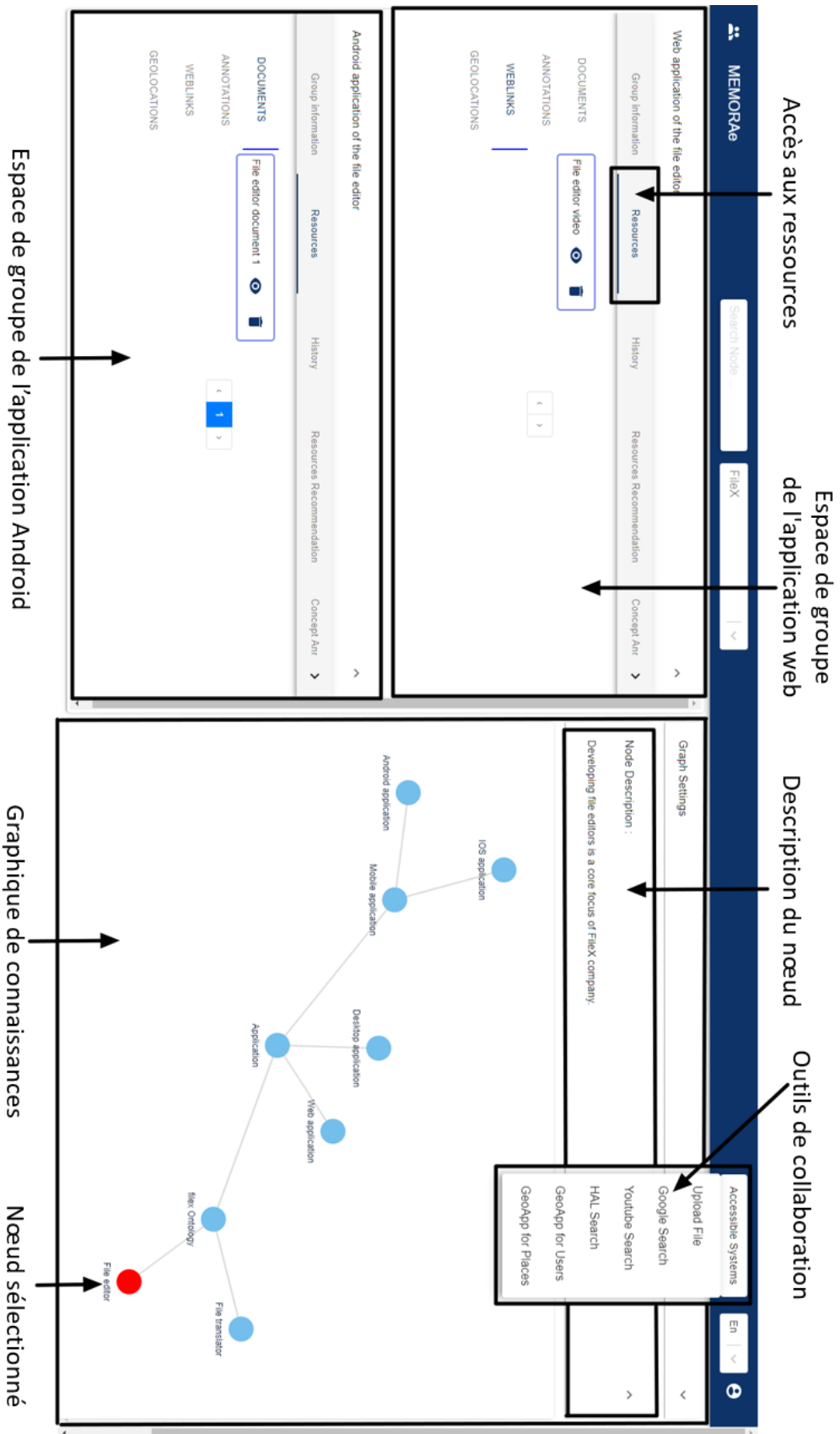


FIGURE 5 – L'interface de Lucie dans MEMORAE-CWE.

de groupe qui permet à ses membres d'interagir avec des ressources distribuées dans différents outils de collaboration. Dans le scénario, Lucie peut partager avec Mary et Steve le lien web de la vidéo YouTube sur les éditeurs de fichiers dans l'espace du groupe. Ici, le lien web est une ressource qui est stockée dans YouTube mais accessible et visible dans un groupe d'utilisateurs de MEMORAe-CWE (voir la figure 5). En plus d'un lien web, une ressource peut également être un document, une annotation, un vote, un commentaire ou un endroit géographique.

Par ailleurs, toutes les ressources de MEMORAe-CWE sont indexées avec des noeuds dans les graphes de connaissance. Dans le scénario, le lien web partagé par Lucie est indexé et visible avec le noeud *File editor*. Les noeuds d'un graphe de connaissances définissent un vocabulaire partagé utilisé par les collaborateurs pour décrire les objectifs de collaboration. Notamment, les ressources sont visibles et accessibles uniquement avec les noeuds indexés. Cela aide les personnes à organiser les ressources autour des objectifs de collaboration. Lorsqu'un graphe de connaissances est partagé au sein d'une organisation, tous les membres des groupes dans l'organisation peuvent indexer les ressources dans le graphe. Cela permet aux utilisateurs de comprendre et de visualiser l'indexation des ressources dans une organisation à partir d'un seul graphe. Lorsque Lucie sélectionne le noeud *File editor* dans MEMORAe-CWE, elle peut consulter toutes les ressources indexées au sein des deux groupes d'utilisateurs (voir la figure 5), et différencier les ressources dans des groupes distincts.

MEMORAe-CWE peut intégrer des outils de collaboration pour aider les utilisateurs à mener diverses activités sur les ressources. Ces outils se trouvent dans le menu *Accessible Systems* de la figure 5. Dans le scénario, les activités de Lucie dans le groupe d'utilisateurs de l'application Android sont indiquées dans la figure 6. Ces activités peuvent être enregistrées sous forme de traces d'activité et visualisées par type d'activité (voir la figure 6), type de ressource, nom de la ressource, nom du concept (index), date et acteur (utilisateur). Grâce à ces traces d'activité sur des ressources, les ressources peuvent être recommandées aux utilisateurs dans les groupes d'utilisateurs correspondants. Ces recommandations visent à faciliter les collaborations des utilisateurs dans MEMORAe-CWE.

Considérant que les ressources indexées et les concepts (noeuds) pertinents sont deux ensembles dans un groupe d'utilisateurs, alors un groupe d'utilisateurs c peut être représenté comme l'union de ces deux ensembles $R^c \cup S^c$. $R^c = \{r_j^c | j \leq N_r^c, j \in N^+\}$ est l'ensemble de toutes les ressources indexées dans le groupe d'utilisateurs c ; N_r^c est le nombre de ressources dans le groupe d'utilisateurs c ; $S^c = \{s_k^c | k \leq N_s^c, k \in N^+\}$ est l'ensemble de tous les concepts pertinents qui indexent les ressources dans le groupe d'utilisateurs c ; N_s^c est le nombre de concepts dans le groupe d'utilisateurs c .

Ensuite, le problème de recommandation contextuelle de ressources dans MEMORAe-CWE est formulé comme suit :

Étant donné un concept s et un utilisateur u dans un groupe d'utilisateurs c avec deux ensembles de ressources R^c et de concepts S^c , les K meilleures ressources $i (i \notin R^c)$ qui peuvent être indexées avec le concept s dans le groupe d'utilisateurs c avec les plus grandes probabilités seront recommandées à l'utilisateur u pour faciliter sa collaboration dans le groupe c . Ici, le contexte comprend le concept s et le groupe d'utilisateurs c .

Les étapes pour générer des recommandations contextuelles⁵ sont :

1. Calculer la similarité $S(c_i, c) (i = 1, 2, \dots, N - 1)$ entre les ensembles de ressources dans le groupe d'utilisateurs c et les autres groupes d'utilisateurs $c_i (c_i \neq c)$ sur un graphe partagé des connaissances. Ici, N est le nombre de groupes d'utilisateurs dont l'utilisateur u est membre.
2. Ordonner les groupes d'utilisateurs c_i en fonction de $S(c_i, c)$ par ordre décroissant.
3. Filtrer les ressources non pertinentes $i (i \notin R^c)$ qui ne sont pas incluses dans c_i en prenant les K plus élevés $S(c_i, c)$ ou non indexées avec le concept s , et obtenir les ressources pertinentes i' .

5. Notamment, $rating(u, i')$ est donnée en fonction des activités de vote des utilisateurs sur la ressource i' , cette note appartient à l'intervalle $[0, 5]$. Dans cet article, nous ne discutons pas de la manière dont cela est calculé.

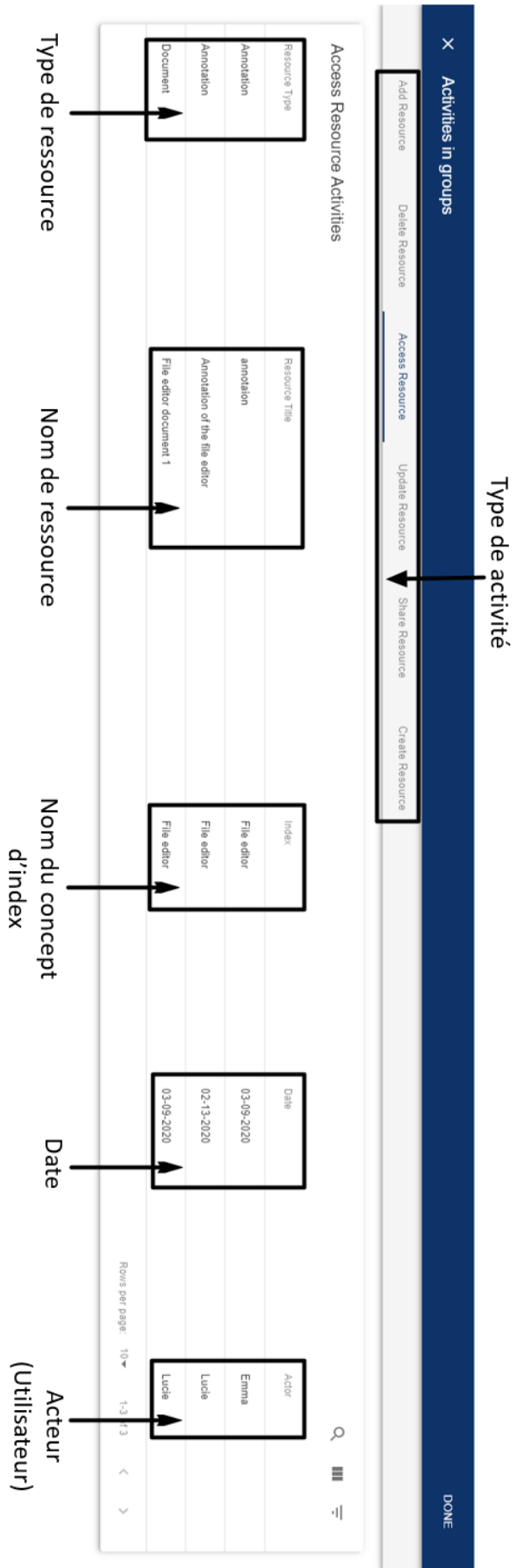


FIGURE 6 – Les activités de Lucie dans le groupe d'utilisateurs de l'application Android.

4. Recommander/Retourner les ressources ayant les K plus élevés $rating(u, i')$ à l'utilisateur u dans le groupe d'utilisateurs c .

Pour calculer la similarité entre deux ensembles de ressources dans les groupes d'utilisateurs, nous devons repérer les ressources communes. Inspirée de l'indice de Tversky (Tversky, 1977) et d'une similarité sémantique (Carrer-Neto *et al.*, 2012), la similarité sémantique entre un groupe d'utilisateurs c et un autre groupe d'utilisateurs x est :

$$S(x, c) = \sum_{a=1}^M \frac{|R_{s_a}^x \cap R_{s_a}^c| \times Weight(s_a)}{|R_{s_a}^x \cap R_{s_a}^c| + \alpha |R_{s_a}^x - R_{s_a}^c| + \beta |R_{s_a}^c - R_{s_a}^x|} \quad (3)$$

où $M = |S^x \cap S^c|$ est le nombre de concepts indexant les ressources dans les deux groupes d'utilisateurs x et c ; $R_{s_a}^c$ est l'ensemble de toutes les ressources indexées avec le concept s_a dans le groupe d'utilisateurs c ; $R_{s_a}^x - R_{s_a}^c$ est le complément de $R_{s_a}^c$ dans $R_{s_a}^x$; $|R_{s_a}^x \cap R_{s_a}^c|$ est le nombre de ressources communes indexées avec le concept s_a dans les groupes d'utilisateurs x et c ; $Weight(s_a)$ est le poids du concept s_a ($a = 1, 2, \dots, M$); $\alpha, \beta \geq 0$.

De plus, la valeur de K dans les étapes est spécifiée par l'utilisateur u . Dans le scénario, nous considérons $K = 1$ pour illustrer comment une ressource peut être recommandée à l'utilisateur u dans le groupe d'utilisateurs c pour le concept s . Dans ce cas, Lucie peut recevoir une recommandation de ressource sur le concept *File editor* dans le groupe d'utilisateurs de l'application web. L'utilisateur u est Lucie; le concept s est *File editor*; le groupe d'utilisateurs de l'application web est c ; c_1 et c_2 sont des groupes d'utilisateurs de l'application desktop et de l'application Android. Spécifiquement, les ressources dans c et c_2 sont uniquement indexées avec le concept s . Nous avons $R^c = \{ \text{"File editor video"} \}$ et R^{c_2} contenant *"File editor document 1"* et *"Annotation of the file editor"*. Quant à c_1 , R^{c_1} contient *"File editor video"*, *"File editor document 1"*, et *"Comments for the file editor"*.

A la suite de ces étapes, nous devons calculer $S(c_1, c)$ et $S(c_2, c)$. Supposons que $Weight(s) = 1$ et $\alpha = \beta = 1$, l'intervalle de $S(x, c)$ est donc $[0, 1]$. Avec des scores appartenant à $[0, 5]$, nous supposons : $rating(u, \text{"File editor document 1"}) = 4.7$ et $rating(u, \text{"Comments for the file editor"}) = 3.8$. Puis, nous pouvons obtenir $S(c_1, c) = \frac{1 \times 1}{1+2+0} + 0 = \frac{1}{3} \approx 0.333$ et $S(c_2, c) = \frac{0 \times 1}{0+2+1} + 0 = 0$. $S(c_1, c) > S(c_2, c)$ indique que c_1 a plus de ressources communes indexées avec le concept *File editor*. En d'autres termes, c_1 est plus similaire à c qu'à c_2 .

Ensuite, les ressources que nous pouvons recommander à Lucie sont *"File editor document 1"* et *"Comments for the file editor"*, car *"File editor video"* est déjà indexé dans c . De plus, *"Annotation of the file editor"* est filtré/écarté car il n'existe pas dans c_1 avec $S(c_1, c)$ qui est la valeur la plus élevée dans les similarités. Enfin, la valeur la plus élevée, $rating(u, \text{"File editor document 1"})$, implique que *"File editor document 1"* doit être recommandé à Lucie.

Grâce à MEMORAE-CWE, les utilisateurs sont capables de collaborer avec d'autres via les groupes d'utilisateurs. Dans chaque groupe, les ressources sont accessibles et organisées de manière centralisée par un graphe de connaissances qui définit un vocabulaire commun d'objectifs de collaboration. Cela permet d'indexer les ressources avec des objectifs de collaboration et de générer des recommandations contextuelles de ressources aux utilisateurs pour faciliter leurs collaborations dans un tel ETC.

4 Discussion

Considérer un Environnement de Travail Collaboratif (ETC) comme un Système de Systèmes d'Information (SdSI) collaboratif basé sur une ontologie peut améliorer l'intégration de différents outils collaboratifs. Cela permet également d'accéder aux ressources qui sont distribuées dans des outils distincts. Par conséquent, les ressources sont des composants directement accessibles (Lucchi *et al.*, 2008) dans un tel ETC. Cela apporte une approche plus légère d'accès et de gestion des ressources dans les ETCs.

Grâce à l'ontologie du contexte de collaboration (Li *et al.*, 2019), les ressources dans l'ETC peuvent être organisées et indexées avec un vocabulaire commun utilisé pour décrire les objectifs de collaboration dans l'ETC. Avec ces informations, les utilisateurs peuvent prendre les ajustements appropriés pendant les collaborations. Par exemple, pour préparer une collaboration, MCC peut être utilisé pour trouver des ressources indexées avec des concepts pertinents dans le vocabulaire commun.

De plus, les utilisateurs dans l'ETC peuvent également annoter et voter pour des ressources lorsqu'ils collaborent au sein d'un groupe d'utilisateurs. Ces annotations et votes sont stockés dans l'ETC et sont accessibles aux membres du groupe d'utilisateurs. Cela permet de fournir des informations contextuelles de collaboration aux utilisateurs afin qu'ils puissent s'adapter pour mieux collaborer avec les autres membres du groupe. L'indexation conjointe des ressources et des objectifs de collaboration aide à générer des recommandations de ressources aux utilisateurs.

Enfin, le contexte de collaboration défini par MCC permet de formuler des recommandations contextuelles pour améliorer les collaborations. De telles recommandations ont déjà été produites par d'autres études. Par exemple, Liu *et al.* (2018) ont concentré leurs efforts sur les recommandations contextuelles des collaborateurs académiques pour soutenir les collaborations scientifiques. Cependant, ces études antérieures se concentrent généralement sur le contexte de l'utilisateur ou sur le contexte de l'item⁶. Aucune d'entre elles ne tient compte à la fois des utilisateurs et des items. Avec le contexte de collaboration défini dans MCC, les utilisateurs et les items (ressources) sont pris en compte conjointement dans les collaborations au sein d'un ETC.

5 Conclusion

Dans cet article, nous nous concentrons sur le problème de l'accès centralisé et l'organisation des ressources dans un Environnement de Travail Collaboratif (ETC). Nous avons développé un prototype de ETC en adaptant une architecture de Système collaboratif de Systèmes d'Information (SdSI collaboratif) basée sur une ontologie et en appliquant une ontologie de contexte de collaboration.

A partir des travaux de la littérature, nous avons justifié la relation entre ETC et SdSI, et expliqué pourquoi un ETC peut être considéré comme un SdSI collaboratif basé sur une ontologie. Nous avons étudié comment une ontologie du contexte de collaboration peut être implémentée dans un ETC via l'architecture d'un SdSI collaboratif basé sur une ontologie. Le prototype correspondant a ensuite été présenté. Les caractéristiques de ce prototype ont finalement été discutées.

Nos perspectives de recherche comprennent la réalisation et l'amélioration de l'algorithme de recommandation et le développement du système de recommandation contextuelle correspondant en tant que nouvel outil intégré dans notre prototype. De plus, pour évaluer ce prototype, nous prévoyons de le tester auprès des étudiants de l'Université de technologie de Compiègne (UTC) pour la gestion de leur travail collaboratif dans le cadre d'une veille technologique.

Références

- ADOMAVICIUS G., SANKARANARAYANAN R., SEN S. & TUZHILIN A. (2005). Incorporating contextual information in recommender systems using a multidimensional approach. *ACM Transactions on Information Systems (TOIS)*, **23**(1), 103–145.
- ADOMAVICIUS G. & 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 & Data Engineering*, (6), 734–749.
- ADOMAVICIUS G. & TUZHILIN A. (2011). Context-aware recommender systems. In *Recommender systems handbook*, p. 217–253. Springer.

6. Dans leur recherche (Liu *et al.*, 2018), un item est un collaborateur, tandis que nous sommes intéressés à générer des recommandations contextuelles de ressources.

- ASSAAD M. A., TALJ R. & CHARARA A. (2016). A view on systems of systems (sos). In *20th World Congress of the International Federation of Automatic Control (IFAC WC 2017) - special session*, Toulouse, France.
- BAFOUTSOU G. & MENTZAS G. (2002). Review and functional classification of collaborative systems. *International journal of information management*, **22**(4), 281–305.
- BENTLEY R., APPELT W., BUSBACH U., HINRICHS E., KERR D., SIKKEL K., TREVOR J. & WOETZEL G. (1997). Basic support for cooperative work on the world wide web. *International journal of human-computer studies*, **46**(6), 827–846.
- CARRER-NETO W., HERNÁNDEZ-ALCARAZ M. L., VALENCIA-GARCÍA R. & GARCÍA-SÁNCHEZ F. (2012). Social knowledge-based recommender system. application to the movies domain. *Expert Systems with applications*, **39**(12), 10990–11000.
- DAHMANN J. S. & BALDWIN K. J. (2008). Understanding the current state of us defense systems of systems and the implications for systems engineering. In *2008 2nd Annual IEEE Systems Conference*, p. 1–7 : IEEE.
- DEY A. K. (2001). Understanding and using context. *Personal and ubiquitous computing*, **5**(1), 4–7.
- LI S., ABEL M.-H. & NEGRE E. (2018a). Contact and collaboration context model. In *2018 IEEE 4th International Forum on Research and Technology for Society and Industry (RTSI)*, p. 1–6 : IEEE.
- LI S., ABEL M.-H. & NEGRE E. (2018b). Modèle de contexte de collaboration : pour qui, pourquoi, comment ? In *29es Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances (IC 2018)*, p. 229–243, Nancy, France.
- LI S., ABEL M.-H. & NEGRE E. (2019). Towards a collaboration context ontology. In *2019 IEEE 23rd International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, p. 93–98 : IEEE.
- LIU Z., XIE X. & CHEN L. (2018). Context-aware academic collaborator recommendation. In *Proceedings of the 24th ACM SIGKDD International Conference on Knowledge Discovery & Data Mining*, p. 1870–1879 : ACM.
- LUCCHI R., MILLOT M. & ELFERS C. (2008). Resource oriented architecture and rest. *Assessment of impact and advantages on INSPIRE*, Ispra : European Communities.
- MAIER M. W. (1998). Architecting principles for systems-of-systems. *Systems Engineering : The Journal of the International Council on Systems Engineering*, **1**(4), 267–284.
- MARTÍNEZ-CARRERAS M. A., RUIZ-MARTÍNEZ A., GOMEZ-SKARMETA F. & PRINZ W. (2007). Designing a generic collaborative working environment. In *IEEE International Conference on Web Services (ICWS 2007)*, p. 1080–1087 : IEEE.
- NETO V. V. G., ARAUJO R. & DOS SANTOS R. P. (2017). New challenges in the social web : Towards systems-of-information systems ecosystems. In *Anais do VIII Workshop sobre Aspectos da Interação Humano-Computador para a Web Social*, p. 1–12 : SBC.
- NUNES I. & JANNACH D. (2017). A systematic review and taxonomy of explanations in decision support and recommender systems. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, **27**(3-5), 393–444.
- OLIVEIRA I., TINOCA L. & PEREIRA A. (2011). Online group work patterns : How to promote a successful collaboration. *Computers & Education*, **57**(1), 1348–1357.
- PALMISANO C., TUZHILIN A. & GORGOGNONE M. (2008). Using context to improve predictive modeling of customers in personalization applications. *IEEE transactions on knowledge and data engineering*, **20**(11), 1535–1549.
- PRINZ W., LOH H., PALLOT M., SCHAFFERS H., SKARMETA A. & DECKER S. (2006). Ecospace—towards an integrated collaboration space for eprofessionals. In *2006 International Conference on Collaborative Computing : Networking, Applications and Worksharing*, p. 1–7 : IEEE.
- RICCI F., ROKACH L. & SHAPIRA B. (2011). Introduction to recommender systems handbook. In *Recommender systems handbook*, p. 1–35. Springer.
- SALEH M. & ABEL M.-H. (2016). Moving from digital ecosystem to system of information systems. In *2016 IEEE 20th International Conference on Computer Supported Cooperative Work in Design (CSCWD)*, p. 91–96 : IEEE.
- SU D. & CASAMAYOR J. (2009). Web-based collaborative working environment and sustainable furniture design. In *Proceedings of the 19th CIRP Design Conference—Competitive Design* : Cranfield University Press.
- TER HOFTE G. H. (1998). Working apart together : Foundations for component groupware. p. 34–52.
- TRUONG H.-L., DUSTDAR S., BAGGIO D., CORLOSQUET S., DORN C., GIULIANI G., GOMBOTZ R., HONG Y., KENDAL P., MELCHIORRE C. *et al.* (2008). Incontext : A pervasive and collaborative working environment for emerging team forms. In *2008 International Symposium on*

- Applications and the Internet*, p. 118–125 : IEEE.
- TVERSKY A. (1977). Features of similarity. *Psychological review*, **84**(4), 327.
- WANG N. (2016). *Towards a competency recommender system from collaborative traces*. PhD thesis, Université de Technologie de Compiègne.
- XU J., ZHANG J., HARVEY T. & YOUNG J. (2008). A survey of asynchronous collaboration tools. *Information Technology Journal*, **7**(8), 1182–1187.