

Prise en compte du contexte dans les systèmes de recommandations de requêtes OLAP

Elsa Negre

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

Résumé. Les entrepôts de données stockent de grands volumes de données multidimensionnelles, consolidées et historisées en vue de leur analyse et exploration par des décideurs. L'exploration de données est réalisée par le biais de requêtes OLAP (On-Line Analytical Processing). Afin de faciliter cette exploration, les systèmes de recommandations (SR) existent. Cependant, certaines recommandations peuvent parfois ne pas être suffisamment pertinentes. Pour pallier ce problème, les données / informations contextuelles sont intégrées dans le SR qui devient un SR contextuel. Dans cet article, nous proposons de déterminer les données / informations contextuelles utiles dans les applications OLAP et comment les intégrer dans un SR de requêtes OLAP.

1 Introduction

Les entrepôts des données stockent de gros volumes de données multidimensionnelles, consolidées et historisées dans le but d'être explorées et analysées par différents utilisateurs. L'exploration de données est un processus de recherche d'informations pertinentes au sein d'un ensemble de données. Dans le cadre de nos travaux, l'ensemble de données à explorer est un cube de données qui est un extrait de l'entrepôt de données que les utilisateurs interrogent en lançant des séquences de requêtes OLAP (On-Line Analytical Processing). Cependant, cette masse d'informations à explorer peut-être très importante et variée, il est donc nécessaire d'aider l'utilisateur à y faire face en le guidant dans son exploration du cube de données afin qu'il trouve des informations pertinentes. Une solution existante est de proposer des recommandations, sous forme de requêtes OLAP.

Malgré les bonnes performances de tels systèmes, les recommandations ne sont parfois "pas assez pertinentes". Par exemple, recommander une requête OLAP à un décideur d'une grande entreprise française consistera à retourner des requêtes relatives au chiffre d'affaire annuel de la société. Mais si la société s'ouvre à l'international (États-Unis par exemple) ou si certaines données (anciennes) ont été archivées alors le décideur préférerait que le système lui recommande des requêtes "récentes" ou en rapport avec les États-Unis. Ici le contexte influence les préférences, les envies et les intérêts des utilisateurs et de fait, leurs décisions.

La notion de contexte est relativement floue mais regroupe des informations sur l'utilisateur (profil utilisateur, matériel utilisé, localisation, ...). Afin de prendre en compte ces informations contextuelles, les systèmes de recommandations (SR) contextuels ont été introduits.

Dans cet article, nous proposons de déterminer les informations contextuelles utiles dans le cadre d'une application en OLAP ainsi qu'une manière de les intégrer dans un SR de requêtes OLAP. Cet article est organisé comme suit : la section 2 présente un état de l'art sur la notion de contexte, les SR (contextuels) et OLAP. Dans la section 3, nous détaillons les informations contextuelles utiles dans le cadre d'un SR de requêtes OLAP puis comment les intégrer au SR dans la section 4. Finalement, nous concluons et donnons quelques perspectives de recherche dans la section 5.

2 Etat de l'art

2.1 Contexte

La notion de "contexte" a été étudiée dans divers domaines mais il est difficile d'établir une définition standard (unique) en raison de la nature multiforme du contexte (Bazire et Brézillon (2005)). La définition la plus acceptée est celle de Dey et al. (2001) qui définit le contexte comme toute information qui peut être utilisée pour caractériser la situation d'une entité. Une entité peut être une personne, un lieu ou un objet qui est considéré pertinent dans l'interaction entre un utilisateur et une application, tout en incluant ces deux derniers.

Afin de connaître le contexte, il faut collecter les informations contextuelles. Le contexte peut être capturé, collecté explicitement ou implicitement (Mostéfaoui et al. (2004)). Ces trois types de contexte sont par la suite stockés et classés selon différents critères.

A partir de l'analyse la plus exhaustive possible de la littérature, nous avons identifié un ensemble de 10 critères afin de catégoriser les informations contextuelles : Temps, Individualité / Profil utilisateur, Activité, Relations, Localisation, Objet, Saison, Température, Contexte social, et Contexte matériel. Dans la suite, nous détaillons chacun de ces critères.

Temps : Selon Zimmermann et al. (2007), le temps est essentiel pour la compréhension humaine et la catégorisation du contexte, car la plupart des interrogations humaines sont liées à la dimension temporelle. Selon Akermi et al. (2015), le temps peut également être modélisé de façon hiérarchique afin de définir le degré de granularité de la dimension temporelle.

Individualité / Profil d'utilisateur : De nombreux travaux, en particulier en Recherche d'Informations, ont montré l'utilité et la nécessité du profil utilisateur (Tamine et al. (2010)).

Activité : Selon Zimmermann et al. (2007), l'activité d'une entité détermine ses besoins actuels. Il s'agit des activités qui sont réalisées à un moment donné ainsi que dans le futur. Des questions telles que "comment l'activité est-elle réalisée ?" et "l'activité est-elle terminée ?" sont traitées via les notions de buts, tâches et actions, par exemple. Dans la plupart des cas, lorsqu'il y a une interaction avec un système contextuel, l'entité est engagée dans une tâche (potentiellement exigeante) qui détermine les objectifs de ses activités. De plus, selon Akermi et al. (2015), l'activité courante de l'utilisateur se résume à ce que l'utilisateur fait à un moment donné et peut être déterminée, par exemple, à travers son agenda ou l'application ouverte sur son smartphone.

Relations : Selon Benouaret (2015), les relations regroupent les utilisateurs qui sont similaires à l'utilisateur considéré. Selon Zimmermann et al. (2007), les informations contextuelles liées aux relations capturent les relations qu'une entité a mis en place avec d'autres entités. Ces entités environnantes peuvent être des personnes, des choses, des appareils, des services ou des informations (textes, images, films, sons, ...).

Localisation : Selon Dey et al. (2001), la localisation est un critère important.

	Benouaret (2015)	Akermi et al. (2015)	Schilit et Theimer (1994)	Brown et al. (1997)	Dey et al. (2001)	Petrelli et al. (2000)	Nguyen (2010)	Zimmermann et al. (2007)
Temps	X	X		X			X	X
Individualité / Profil d'utilisateur	X	X	X	X	X	X	X	X
Activité	X	X					X	X
Relations	X						X	X
Localisation	X	X	X	X	X	X	X	X
Objet			X		X	X	X	
Saison				X				
Température				X				
Contexte social						X	X	
Contexte matériel						X	X	

TAB. 1 – Critères de contexte présents dans la littérature

Objet : Selon Schilit et Theimer (1994), les informations contextuelles relatives à l'objet correspondent à tous les objets qui se trouvent à proximité de l'utilisateur.

Saison : Brown et al. (1997) sont les premiers à avoir introduit le critère "Saison" pour identifier les différentes saisons de l'année.

Température : Ce critère a été introduit par Brown et al. (1997).

Contexte social : Selon Petrelli et al. (2000), cela consiste à savoir si l'utilisateur est accompagné, qui est autour de lui, quelles relations existent entre ces individus, ...

Contexte matériel : Egalement introduit par Petrelli et al. (2000), le contexte matériel est défini comme les dispositifs et plateformes de travail de l'utilisateur.

Le tableau 1 résume cette section en croisant les travaux et les critères de contexte. Il est à noter que les critères "Individualité / Profil utilisateur" et "Localisation" sont les deux seuls critères de contexte utilisés par tous. Il est également important de remarquer qu'aucun des travaux ne prend en compte les 10 critères que nous venons de présenter. Cela vient du fait que selon les domaines d'application, certains critères de contexte sont considérés plus utiles que d'autres.

2.2 Systèmes de recommandations

Un système de recommandations (SR) est une technique de filtrage d'information qui permet de présenter les éléments d'informations (films, musique, livres, images, pages web, ...) qui sont susceptibles d'intéresser l'utilisateur. Il est possible de classer les SR de différentes manières. La classification la plus connue est celle de Adomavicius et Tuzhilin (2005) qui proposent trois classes : (i) les recommandations basées sur le contenu (éléments similaires à ceux que l'utilisateur a aimé dans le passé), (ii) les recommandations par filtrage collaboratif (suggestion de nouveaux éléments à des utilisateurs qui ont des préférences similaires à d'autres) et (iii) les approches hybrides, combinaison des deux précédentes.

Traditionnellement, le problème de la recommandation peut être résumé comme étant un problème d'estimation des scores pour des éléments qui n'ont pas été vus par un utilisateur,

i.e. comme un problème de prédiction où le SR prédit les notes des utilisateurs pour un élément donné selon un profil utilisateur. La fonction correspondante est : $r_{RS} : Utilisateurs \times Eléments \rightarrow Scores$. Lorsque les informations contextuelles peuvent être incorporées dans le SR, cette fonction pour les SR contextuels devient : $r_{CARS} : Utilisateurs \times Eléments \times Contextes \rightarrow Scores$ (Adomavicius et Tuzhilin (2008)).

Finalement, certains travaux se sont intéressés aux recommandations dans le domaine des entrepôts de données analysés par des requêtes OLAP. Parmi eux (cf. Negre (2009) pour une étude détaillée), certains ont porté leur attention sur l'exploitation des profils utilisateurs et de leurs préférences (Golfarelli et al. (2011)), d'autres sur les découvertes faites lors des analyses (Sarawagi (2000)) ou encore sur l'exploitation de journaux contenant des séquences de requêtes précédemment exécutées (Giacometti et al. (2011)).

A notre connaissance, il n'existe pas de SR contextuel dans le domaine OLAP. Dans cet article, nous déterminons les informations contextuelles utiles pour de tels systèmes ainsi qu'une manière de les prendre en compte.

3 Critères utiles pour un système de recommandations de requêtes OLAP

Dans cette section, nous déterminons l'utilité de chacun des 10 critères de contexte présentés précédemment dans le cadre d'un système de recommandations (SR) de requêtes OLAP.

Temps : Par définition, un entrepôt de données est une collection de données orientées sujet, intégrées, non volatiles et historisées, organisées pour le support d'un processus d'aide à la décision. De plus, les données de l'entrepôt varient au cours du temps. Le critère temporel est donc important.

Individualité / Profil utilisateur : Les informations sur l'utilisateur sont la base des SR pour aider l'utilisateur à trouver des informations pertinentes. De plus, d'après la règle 8 de Codd et al. (1993), les systèmes OLAP sont multi-utilisateurs, il faut donc pouvoir dissocier un utilisateur d'un autre. Le critère "Individualité / Profil utilisateur" contenant, entre autres, les préférences de l'utilisateur, doit donc être pris en compte.

Activité : L'activité de l'utilisateur, courante ou passée, peut nous aider à avoir ses préférences ou encore connaître les caractéristiques des requêtes lancées. De plus, d'après la règle 9 de Codd et al. (1993), les utilisateurs OLAP ont peu de restrictions quant à leurs activités (croisements entre dimensions dont le nombre est illimité - règle 12).

Relations : D'après la règle 8 de Codd et al. (1993), les systèmes OLAP sont multi-utilisateurs et selon la définition de Zimmermann et al. (2007), il existe des relations entre les utilisateurs. Par conséquent, ce critère doit être pris en compte dans le cadre d'un SR par filtrage collaboratif (similarité entre utilisateurs); mais n'est pas utile pour les SR basés sur le contenu qui se focalisent sur un utilisateur donné.

Localisation : Les informations relatives à la localisation ne nous paraissent pas utiles dans le cadre d'un SR de requêtes OLAP. Notons cependant que certaines informations de localisation peuvent être induites / inférées en analysant les requêtes OLAP lancées puis intégrées au critère "Individualité / Profil utilisateur".

Objet : Ce critère ne nous paraît pas avoir d'impact pour effectuer une recherche sur un entrepôt de données via une analyse OLAP.

	Systèmes de recommandations de requêtes OLAP	
	par Filtrage collaboratif	basé sur le Contenu
Temps	X	X
Individualité / Profil d'utilisateur	X	X
Activité	X	X
Relations	X	
Localisation		
Objet		
Saison		
Température		
Contexte social		
Contexte matériel	X	X

TAB. 2 – *Utilité des critères de contexte pour les SR de requêtes OLAP*

Saison : Ce critère ne nous semble pas avoir un impact sur la manière dont les analyses OLAP sont lancées. Il est cependant à noter que Zimmermann et al. (2007) intègre ce critère dans le critère temporel, auquel cas la saison sera prise en compte (puisque nous considérons le critère "Temps" utile).

Température : Ce critère ne nous semble pas avoir un impact sur la manière dont les analyses OLAP sont lancées.

Contexte social : Nous considérons que les personnes physiquement présentes autour du décideur peuvent être associées au décideur lui-même durant l'analyse OLAP. De fait, ce critère ne nous paraît pas utile. Par contre, il est à noter que le critère "Relations" (que nous prenons en compte) est un sous-ensemble du "Contexte social".

Contexte matériel : Connaître le dispositif matériel utilisé pour lancer une requête OLAP est intéressant. En effet, les ordinateurs portables, les tablettes et les smartphones, sont différents au niveau matériel, logiciel et communication, nécessitant des solutions d'interopérabilité. Nguyen (2010) et la règle 11 de Codd et al. (1993) appuient l'utilité de ce critère.

Finalement, le tableau 2 résume l'utilité des 10 critères pour un SR (par filtrage collaboratif ou basé sur le contenu) dans le domaine OLAP. Les critères utiles sont donc : Temps, Individualité / Profil d'utilisateur, Activité, Relations et Contexte matériel.

Dans la section suivante, nous proposons une modélisation de ces 5 critères pour leur prise en compte dans un SR de requêtes OLAP.

4 Modélisation

Il existe différents modèles de contexte (Bettini et al. (2010)) : attribut / valeur, mots clés, graphes, logique, ... D'après Soualah Alila (2015), qui a fait une comparaison entre les différents modèles de contexte, seul le modèle ontologique permet une bonne validation partielle des données et une bonne formalisation du modèle. Au sein d'une ontologie, on distingue généralement deux entités globales. La première, à objectif terminologique, définit la nature des éléments qui composent le domaine de l'ontologie en question, un peu comme la définition d'une classe en programmation orientée objet définit la nature des objets qu'on va manipuler par la suite. La seconde partie d'une ontologie explicite les relations entre plusieurs instances de ces classes définies dans la partie terminologique. Ainsi, au sein d'une ontologie, les concepts sont définis les uns par rapport aux autres (Soualah Alila (2015)).

4.1 Temps

Selon Soualah Alila (2015), une norme internationale (ISO 8601)¹ a été définie par l'Organisation Internationale de Normalisation pour la description des instants et des intervalles de temps, avec l'objectif d'éviter tout risque de confusion dans les communications internationales en raison du grand nombre de notations nationales différentes. L'ontologie OWL-Time² est aujourd'hui une référence pour la représentation du temps. Une définition complète d'OWL-Time est proposée par Pan (2007).

Au vu de son adéquation avec notre cas d'application, nous proposons d'utiliser l'ontologie OWL-Time de Pan (2007), voire sa version simplifiée de Soualah Alila (2015), pour modéliser le critère "Temps" dans notre cadre de SR de requêtes OLAP.

4.2 Individualité / Profil Utilisateur

Selon Soualah Alila (2015), la modélisation du profil repose sur des techniques permettant non seulement de représenter et construire le profil de l'utilisateur, mais aussi de gérer son évolution de manière dynamique au cours du temps. Une représentation sémantique du profil utilisateur, généralement basée sur une ontologie, permet de mieux représenter les différents acteurs du système en décrivant les relations sémantiques entre ces derniers, mais aussi avec les données collectées sur eux (Heckmann et al. (2007)). Chaque utilisateur du système est caractérisé par un ensemble de données. Soualah Alila (2015) propose de classer ces données en deux catégories : la première catégorie *General Information*, regroupe des données générales sur l'utilisateur (nom, prénom, date de naissance, nationalité, ...) et la deuxième catégorie *Spécifique Information*, varie en fonction des différents types d'utilisateurs (par exemple, les préférences, l'employeur, les objectifs, ...)

Au vu de son adéquation avec notre cas d'application, nous proposons d'utiliser l'ontologie relative au profil utilisateur de Soualah Alila (2015) pour modéliser le critère "Individualité / Profil utilisateur" dans notre cadre de SR de requêtes OLAP.

4.3 Activité

Abdalla et al. (2014) ont proposé un modèle de conception générale d'ontologie pour modéliser l'activité et pouvoir l'utiliser dans des domaines différents. L'activité se compose de plusieurs activités qui peuvent également être associées à d'autres activités. Des relations de dépendance existent comme l'enchaînement des activités, les participants à l'activité ainsi que le moment de début et de fin et la durée de l'activité.

Au vu de son adéquation avec notre cas d'application, nous proposons d'utiliser l'ontologie relative à l'activité de Abdalla et al. (2014) pour modéliser le critère "Activité" dans notre cadre de SR de requêtes OLAP.

4.4 Relations

Pour le critère "Relations", nous avons adapté / simplifié l'ontologie proposée par Loubiri (2012) dans le cadre du réseau social Facebook. En effet, les relations existantes dans un réseau social comme Facebook sont beaucoup plus complexes que celles que nous souhaitons modéliser dans le cadre d'un SR de requêtes OLAP.

1. http://www.iso.org/iso/catalogue_detail?csnumber=40874
2. <http://www.w3.org/TR/owl-time/>

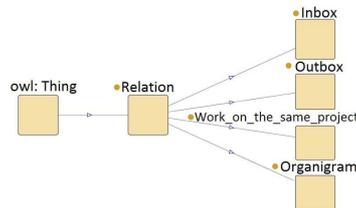


FIG. 1 – Ontologie relative au critère de contexte "Relations"

A partir des définitions de Zimmermann et al. (2007) et Frikha et al. (2015), où les relations sociales sont une caractéristique intrinsèque de l'être humain, et du modèle de Loubiri (2012), nous proposons une ontologie pour le critère "Relations" telle qu'illustrée Figure 1 où :

- *Inbox* correspond à la boîte aux lettres électronique de l'utilisateur où sont reçus et stockés les différents mails échangés via internet ou des réseaux internes à l'entreprise ;
- *Outbox* correspond à la boîte d'envoi électronique où sont stockés les mails envoyés par l'utilisateur ;
- *Organigramme* représente schématiquement les liens et les relations fonctionnelles, organisationnelles et hiérarchiques qui existent entre les éléments et les individus d'une entreprise ;
- *Work on the same project* correspond aux relations entre le décideur et les personnes qui ont travaillé sur le même projet que lui.

4.5 Contexte matériel

Les dispositifs matériels sont caractérisés par différentes propriétés telles que le degré de portabilité du dispositif, la résolution de l'écran, la puissance du processeur, la connectivité... et ils ont pour objectif de proposer une interface d'interaction entre le système et l'utilisateur. De nombreux travaux de recherche se réfèrent aujourd'hui à des spécifications standards pour la description des dispositifs dans un système, tels que WURFL³ (sérialisation en XML), CC/PP⁴ (sérialisation en RDF) et FIPA⁵ DeviceOntology (sérialisation en OWL). Afin de modéliser le critère "contexte matériel", nous proposons d'exploiter la FIPA DeviceOntology qui est la plus en adéquation avec notre cas d'application. Par ailleurs, Soualah Alila (2015) propose de décrire un dispositif matériel selon trois principales catégories d'informations : des informations générales sur le dispositif, des informations sur la partie matérielle (*hardware*) et des informations sur la partie logicielle (*software*).

Au vu de son adéquation avec notre cas d'application, nous proposons d'utiliser l'ontologie relative au contexte matériel de Soualah Alila (2015) pour modéliser le critère "Contexte matériel" dans notre cadre de SR de requêtes OLAP.

4.6 Ontologie générale

Nous avons une ontologie pour chacun des 5 critères de contexte détectés utiles dans le cadre d'un système de recommandations (SR) de requêtes OLAP (Temps, Individualité / Profil

3. <http://wurfl.sourceforge.net/>

4. <http://www.w3.org/TR/2007/WD-CCPP-struct-vocab2-20070430/>

5. <http://www.fipa.org/specs/fipa00091/PC00091A.html>

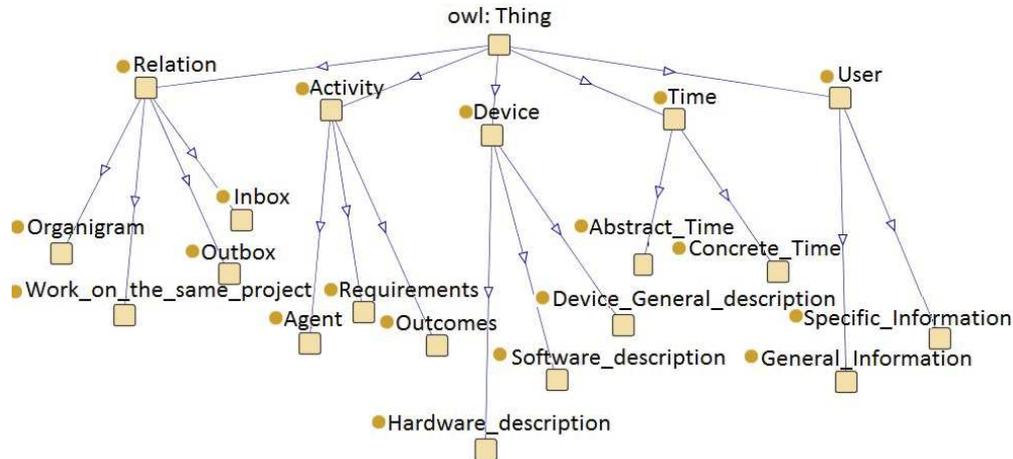


FIG. 2 – Ontologie générale de notre modélisation de contexte (5 critères) dans le cadre d'un système de recommandations de requêtes OLAP

Utilisateur, Activité, Relations, Contexte matériel). Selon Frikha et al. (2015), la meilleure façon pour regrouper ces cinq ontologies est de les regrouper dans une seule ontologie. Par conséquent, nous proposons de regrouper nos 5 ontologies en une seule plus générale comme illustré sur la Figure 2 (par souci de lisibilité, nous nous limitons à afficher le premier niveau de chacune des 5 ontologies - (sous Protégé⁶)).

Finalement, cette ontologie générale devra être intégrée dans le SR de requêtes OLAP soit en pré-filtrage, soit en post-filtrage soit en *context modeling* (Adomavicius et Tuzhilin (2008)).

5 Conclusion et Perspectives

Dans cet article, nous nous intéressons à la notion de contexte qui influence les préférences, les envies, les intérêts et les décisions des utilisateurs, dans le cadre des systèmes de recommandations (SR) de requêtes OLAP⁷. En effet, intégrer les informations contextuelles dans de tels systèmes, appelés SR contextuels, permettra d'avoir des recommandations plus en adéquation avec les attentes des utilisateurs. Ici, le contexte est catégorisé en critères et nous avons détecté 5 critères (Temps, Individualité / Profil Utilisateur, Activité, Relations, Contexte matériel) utiles dans le cadre d'un SR de requêtes OLAP puisqu'ils respectent les spécificités d'OLAP. Puis nous avons proposé une modélisation de ces 5 critères sous la forme d'une ontologie (actuellement implémentée sous Protégé) à intégrer dans le SR (qui devient contextuel).

Nos perspectives de recherche incluent le développement de cette ontologie sous Java en vue de son intégration au SR de requêtes OLAP : RecoOLAP (Negre (2009)), ainsi que la réalisation d'expériences sur données réelles (avec ou sans prise en compte du contexte). De plus, un même contexte pouvant impacter différemment les utilisateurs (e.g. selon leur culture),

6. <http://protege.stanford.edu/>

7. Ce travail a été réalisé dans le cadre d'un stage en laboratoire (de 6 mois) d'un étudiant en Master 2 Recherche (année universitaire 2015-2016).

une meilleure prise en compte de la sémantique (e.g. pour le sens et l'origine du contexte) est un champ de recherche à envisager. Finalement, d'autres approches pourront être proposées pour modéliser et intégrer le contexte dans les SR contextuels et comparées à notre ontologie.

Par ailleurs, comme d'autres travaux liés à l'acquisition et l'utilisation des données personnelles de l'utilisateur, nous sommes conscients des problèmes éthiques soulevés (Spiecker et al. (2016)).

Références

- Abdalla, A., Y. Hu, D. Carral, N. Li, et K. Janowicz (2014). An ontology design pattern for activity reasoning. In V. de Boer, A. Gangemi, K. Janowicz, et A. Lawrynowicz (Eds.), *WOP*, Volume 1302 of *CEUR Workshop Proceedings*, pp. 78–81. CEUR-WS.org.
- Adomavicius, G. et A. Tuzhilin (2005). Toward the next generation of recommender systems : A survey of the state-of-the-art and possible extensions. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 17(6), 734–749.
- Adomavicius, G. et A. Tuzhilin (2008). Context-aware recommender systems. In *Proceedings of the 2008 ACM Conference on Recommender Systems, RecSys '08*, New York, NY, USA, pp. 335–336. ACM.
- Akermi, I., M. Boughanem, et R. Faiz (2015). Une approche de recommandation proactive dans un environnement mobile. In *INFORSID*, pp. 301–316.
- Bazire, M. et P. Brézillon (2005). *Understanding Context Before Using It*, pp. 29–40. Berlin, Heidelberg : Springer Berlin Heidelberg.
- Benouaret, I. (2015). Un système de recommandation sensible au contexte pour la visite de musée. In *CORIA 2015 - Conférence en Recherche d'Informations et Applications - 12th French Information Retrieval Conference, Paris, France, March 18-20, 2015.*, pp. 515–524.
- Bettini, C., O. Brdiczka, K. Henriksen, J. Indulska, D. Nicklas, A. Ranganathan, et D. Riboni (2010). A survey of context modelling and reasoning techniques. *Pervasive and Mobile Computing* 6(2), 161 – 180. Context Modelling, Reasoning and Management.
- Brown, P. J., J. D. Bovey, et X. Chen (1997). Context-aware applications : from the laboratory to the marketplace. *IEEE Personal Commun.* 4(5), 58–64.
- Codd, E. F., S. B. Codd, et C. T. Salley (1993). Providing OLAP (On-Line Analytical Processing) to User-Analysts : An IT Mandate. E. F. Codd and Associates.
- Dey, A., D. Salber, et G. Abowd (2001). A conceptual framework and a toolkit for supporting the rapid prototyping of context-aware applications.
- Frikha, M., M. Mhiri, et F. Gargouri (2015). A semantic social recommender system using ontologies based approach for tunisian tourism. *ADCAIJ* 4(1).
- Giacometti, A., P. Marcel, E. Negre, et A. Soulet (2011). Query recommendations for OLAP discovery-driven analysis. *IJDWM* 7(2), 1–25.
- Golfarelli, M., S. Rizzi, et P. Biondi (2011). myolap : An approach to express and evaluate olap preferences. *IEEE Trans. Knowl. Data Eng.* 23(7), 1050–1064.
- Heckmann, D., E. Schwarzkopf, J. Mori, D. Dengler, et A. Kröner (2007). The user model and context ontology gumo revisited for future web 2.0 extensions. In *C&O :RR*, Volume 298

- of *CEUR Workshop Proceedings*. CEUR-WS.org.
- Loubiri, A. S. (2012). Utilisation d'une ontologie et du réseau social facebook pour la modélisation du contexte pour les applications mobiles dépendantes du contexte. Master's thesis, Montréal (Québec, Canada).
- Mostéfaoui, G. K., J. Pasquier-Rocha, et P. Brézillon (2004). Context-aware computing : A guide for the pervasive computing community. In *ICPS*, pp. 39–48. IEEE Computer Society.
- Negre, E. (2009). *Collaborative exploration of data cubes*. Ph. D. thesis, University of Tours, France.
- Nguyen, C. (2010). *Conception d'un système d'apprentissage et de travail pervasif et adaptatif fondé sur un modèle de scénario*. Ph. D. thesis, Ecole Nationale Supérieure des Télécommunications de Bretagne.
- Pan, F. (2007). *Representing Complex Temporal Phenomena for the Semantic Web and Natural Language*. Ph. D. thesis, Los Angeles, CA, USA. AAI3291802.
- Petrelli, D., E. Not, C. Strapparava, O. Stock, et M. Zancanaro (2000). Modeling context i s like taking pictures. In *Conference on Human Factors in Computers, Workshop "The What, Who, Where, When, Why and How of Context-Awareness"*.
- Sarawagi, S. (2000). User-adaptive exploration of multidimensional data. In *VLDB*, pp. 307–316.
- Schilit, B. et M. Theimer (1994). Disseminating active map information to mobile hosts. *Network, IEEE* 8(5), 22–32.
- Soualah Alila, F. (2015). *CAMLearn* : une architecture de système de recommandation sémantique sensible au contexte : application au domaine du m-learning*. Ph. D. thesis. Dijon.
- Spiecker, I., O. Tambou, P. Bernal, M. Hu, C. Molinaro, E. Negre, I. Wolfgang Sarlet, L. Schertel Mendes, N. Witzleb, et F. Yger (2016). Multi-country - the regulation of commercial profiling - a comparative analysis. *European Data Protection Law Review, Volume 2*.
- Tamine, L., M. Boughanem, et M. Daoud (2010). Evaluation of contextual information retrieval : overview of issues and research. *Knowledge and Information Systems* 24, 1–34.
- Zimmermann, A., A. Lorenz, et R. Oppermann (2007). An operational definition of context. In *CONTEXT*, Volume 4635 of *Lecture Notes in Computer Science*, pp. 558–571. Springer.

Summary

Data warehouses store large volumes of consolidated and historized multidimensional data for analysis and exploration by decision-makers. Exploring data is an incremental OLAP (On-Line Analytical Processing) query process. In order to ease user exploration, recommender systems are used. However some recommendations can be insufficiently relevant. To overcome this problem, contextual data/information are integrated into the recommender system (RS) which becomes a context-aware RS. In this paper, we propose to determine the contextual data/information useful in OLAP applications and how to integrate it into an OLAP query RS.