

Nouvelles visualisations 3D collaboratives de graphes pour l'exploration de relations intra et inter communautés

Direction de la thèse :

- Thierry Duval, IMT Atlantique, Lab-STICC – IHSEV, thierry.duval@imt-atlantique.fr
 - Visualisation 3D, Réalité Virtuelle, Navigation interactive dans les données

Encadrement de la thèse :

- Laurent Brisson, IMT Atlantique, Lab-STICC – DECIDE, laurent.brisson@imt-atlantique.fr
 - Data mining pour la surveillance des systèmes d'information, Aide à la prise de décision

Mots-clés

- CyberDéfense : B.1.3.6 : Investigation numérique ; B.1.2.1 : Connaissance de la Menace
- CyberProtection : B.2.3.3 : Gouvernance (GRC, Communication / Sensibilisation)

Contexte

Le sujet de cette thèse consiste à étudier l'apport de la visualisation 3D immersive comparativement à la visualisation 2D classique pour assister l'exploration et l'analyse des communautés dans les réseaux représentés sous forme de grands graphes.

État de l'art

Le domaine de la visualisation d'informations commence à découvrir le potentiel de la 3D immersive pour la visualisation de données. Les premiers travaux sur le sujet de Ware et al. (1996) ont montré que la RV immersive peut apporter beaucoup pour la visualisation de réseaux en 3D. Plus récemment Tory et al. (2006) ont montré qu'ajouter une troisième dimension combinée avec des effets visuels appropriés pouvait également améliorer les performances des utilisateurs lors de l'analyse visuelle de données. Dernièrement Kwon et al. (2016) ont montré que la visualisation 3D immersive pouvait être plus efficace que des visualisations sur des écrans 2D classiques. Il faut cependant rester prudent sur l'usage de la 3D de façon à ne pas fatiguer inutilement les utilisateurs comme l'ont constaté McIntire et Liggett (2014). On retiendra néanmoins que les travaux de Hand (1997) rappellent que l'usage du "motion parallax" via un tracking de la tête de l'utilisateur améliore grandement la perception du relief et améliore le confort de l'utilisateur de technologies immersives.

En nous basant sur des premières propositions de Greffard et al. (2012) pour visualiser des graphes à l'aide d'algorithmes "force-directed", et sur les travaux de Kwon et al. (2015) et Kwon et al. (2016) proposant un nouveau layout 3D projetant des graphes classiques 2D sur une sphère, nous avons proposé une nouvelle visualisation 3D de graphes de communautés (Brisson et al. 2018) en s'appuyant sur l'algorithme de edge bundling de Lambert et al. (2010) et sur une adaptation en 3D de l'algorithme KDEB (Kernel Density Estimation edge Bundling) de Hurter et al. (2012). Ces représentations sont une première étape pour faciliter à la fois les observations de liens inter-communautés et intra-communautés.

Objectifs

Cette exploration est utile pour deux catégories d'utilisateurs : celle des data scientists et celles des experts métiers (décideurs). Les applications de ce travail sont tout aussi bien civiles que "militaires". Il s'agit en effet ici d'apporter un soutien visuel et intuitif au décideur, en lui proposant une plateforme collaborative lui permettant de se concentrer sur son objectif "métier" plutôt que d'essayer de comprendre la complexité d'un grand graphe. Ainsi il serait par exemple en mesure d'identifier des individus ou groupement d'individus en fonction de certaines de leurs caractéristiques et de comprendre rapidement les interactions avec les communautés qui les entourent.

Dans un contexte "sécuritaire" cela pourrait être d'identifier dans le réseau des personnes "à risque" ou étant passées à l'acte et de voir l'influence qu'elles ont pu avoir sur d'autres personnes en identifiant

rapidement celles qui pourraient être un soutien dans un "réseau sous-jacent" et celles qui sont simplement sensibles à leurs idées.

Dans un contexte "civil", par exemple en marketing, on pourrait aider le décideur à identifier visuellement des personnes pouvant promouvoir la marque (précurseurs, youtubeurs, blogueurs) et observer l'influence potentielle qu'elles peuvent avoir sur leur entourage.

La finalité de ce travail est ainsi d'être en mesure de proposer des solutions de visualisations valorisant et s'appuyant sur les travaux effectués dans le domaine de l'analyse des réseaux sociaux et en particulier les algorithmes de détection de communautés (Fortunato et Hric 2016) et d'analyse d'influence.

Le but n'est pas ici de travailler sur les algorithmes de détection de communautés mais bien de prendre en compte les caractéristiques topologiques des nœuds (Guimerà et Amaral 2005) et des communautés (Yang et Leskovec 2015) afin de proposer une visualisation pertinente pour leur donner un sens métier. En effet, une gamme d'algorithmes traditionnellement utilisée se base uniquement sur les caractéristiques topologiques des nœuds pour effectuer la segmentation et une préoccupation courante est de s'interroger sur le sens donné à un regroupement en communautés.

L'exploration des données devrait se faire en permettant une collaboration asymétrique entre l'expert métier (où même plusieurs experts métiers) que l'on imagine en situation d'immersion visuelle dans les données 3D, et le data scientist qui pourrait avantageusement utiliser une vue complémentaire plus classique, typiquement en 2D. Le rôle du data scientist serait alors d'optimiser la paramétrisation du système, c'est-à-dire d'appliquer des filtres sur les données et faire les choix des métaphores visuelles à utiliser en fonction des requêtes de l'expert métier.

Verrous

1. **Au niveau de la visualisation des graphes**, il faut parvenir à donner du sens à un graphe, c'est-à-dire donner du sens aux métriques qui vont décrire les nœuds et les communautés de ce graphe. **Il y a besoin de développer des métaphores et techniques de visualisation qui vont permettre à un expert métier de mieux comprendre le sens donné par un algorithme à une communauté ou à un individu "important" :**
 - on applique un algorithme de segmentation à un graphe en vue d'optimiser une fonction objectif et de le diviser en communautés,
 - on décrit avec des métriques des propriétés des nœuds (hubs, connecteurs, périphériques, ...) et des communautés (densité interne, connectivité interne, connectivité externe, ...),
 - on visualise ces résultats à l'aide d'une combinaison de métaphores adaptées à chacune de ces métriques pour adapter la représentation visuelle de l'ensemble en fonction de la métrique à mettre en évidence, il faut pouvoir tester dynamiquement ce qui conduit à la meilleure compréhension d'un ensemble de données à étudier :
 - quel est le meilleur algorithme de division en communautés avec une métaphore donnée ?
 - quelle est la meilleure métaphore pour représenter le résultat d'un algorithme de division en communautés ?
 - quelles sont les meilleures représentations des métriques des nœuds quand on a déjà fixé l'algorithme de segmentation ?
2. **Au niveau de l'interaction avec le système**, il faut **trouver les meilleures métaphores de transition et de navigation** permettant à un explorateur immergé dans ces données de passer d'une vue globale (vue inter-communauté) à une vue locale (vue intra-communauté).
3. **Au niveau de la collaboration entre utilisateurs**, il faut **permettre à plusieurs utilisateurs aux compétences complémentaires de collaborer** de façon à déterminer le plus facilement possible les bonnes combinaisons d'algorithmes de segmentations, de métriques descriptives et de métaphores identifiées dans le point précédent.

Objectivation des résultats

- Réalisation des solutions proposées au travers d'un framework 2D/3D multi-utilisateurs
- Expérimentations : tests / comparaisons des métaphores de visualisation proposées pour validation
- Publications des résultats (situations de collaboration et métaphores de visualisation) dans des conférences ou journaux spécialisés en visualisation de données (« visual analytics »)

Références bibliographiques

- L. Brisson, T. Duval et R. Sahl (2018)
- Visualisation Immersive de Graphes en 3D pour explorer des graphes de communautés
 - atelier EGC-VIF 2018 (Visualisation d'informations, Interaction, et Fouille de données), 3 pages, Paris, France, January 2018
- S. Fortunato, & D. Hric (2016).
- Community detection in networks: A user guide. *Physics Reports*, 659, 1–44.
- N. Greffard, F. Picarougne, et P. Kuntz (2012).
- Immersive Dynamic Visualization of Interactions in a Social Network. In *Challenges at the Interface of Data Analysis, Computer Science, and Optimization, Studies in Classification, Data Analysis, and Knowledge Organization*, pp. 255–262.
- R. Guimerà, & L. A. N. Amaral, (2005)
- Cartography of complex networks: modules and universal roles. *Journal of Statistical Mechanics: Theory and Experiment*, 2005(2), P02001.
- C. Hand (1997).
- A Survey of 3D Interaction Techniques. *Computer Graphics Forum* 16(5), 269–281.
- C. Hurter, O. Ersoy, et A. Telea (2012).
- Graph bundling by kernel density estimation. *Computer Graphics Forum* 31(3pt1), 865–874.
- O.-H. Kwon, C. Muelder, K. Lee, et K.-L. Ma (2015).
- Spherical layout and rendering methods for immersive graph visualization. In *2015 IEEE Pacific Visualization Symposium (PacificVis)*, Volume d, pp. 63–67. IEEE.
- O. H. Kwon, C. Muelder, K. Lee, et K.-L. Ma (2016).
- A study of layout, rendering, and interaction methods for immersive graph visualization. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 22(7), 1802–1815.
- A. Lambert, R. Bourqui, et D. Auber (2010).
- Winding roads : Routing edges into bundles. *Computer Graphics Forum* 29(3), 853–862.
- J. P. McIntire et K. K. Liggett (2014).
- The (possible) utility of stereoscopic 3D displays for information visualization : The good, the bad, and the ugly. In *2014 IEEE VIS International Workshop on 3DVis (3DVis)*, pp. 1–9.
- M. Tory, A. Kirkpatrick, M. Atkins, et T. Moller (2006).
- Visualization task performance with 2D, 3D, and combination displays. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics* 12(1), 2–13.
- C. Ware, D. Hui, et G. Franck (1996).
- Evaluating stereo and motion cues for visualizing information nets in three dimensions. *ACM Transactions on Graphics (TOG)* 15(2), 121–140.
- J. Yang, & J. Leskovec (2015).
- Defining and evaluating network communities based on ground-truth. *Knowledge and Information Systems*, 42(1), 181–213.

Déroulement envisagé de la thèse sur 36 mois

Les 5 phases présentées ici n'ont pas vocation à être déroulées linéairement, et mis à part une première période de 3 mois en tout début de thèse à consacrer à la bibliographie et une seconde période de 3 mois à la fin de la thèse à consacrer à la rédaction du manuscrit et à la préparation de la soutenance, les 30 mois restants donneront plutôt lieu à une série de plusieurs cycles, d'une durée variant de 6 à 9 mois, de bibliographie/conception/réalisation/évaluation/rédaction.

1 - Partie bibliographique (6 mois)

Pour contextualiser cette étude aux problématiques liées aux réseaux sociaux, il va falloir commencer par identifier les notions de communauté et de rôles des individus dans ces communautés, puis s'en servir (comme d'une grille de lecture et d'analyse) pour s'intéresser sous cet angle à la visualisation de graphes, aux métriques pour évaluer les propriétés des graphes, et à l'interaction avec les graphes à la collaboration entre utilisateurs.

La partie bibliographique de cette thèse devra donc couvrir ces 3 axes :

- Visualisation de graphes (dont 3D) et de communautés (clusters de nœuds)
 - Recenser les types de visualisations 2D existants dans le domaine des graphes, analyser les points forts et les points faibles de ces visualisations
 - Étudier également les visualisations 3D existantes pour analyser leurs forces et leurs faiblesses, et voir comment elles pourraient être adaptées/transposées au domaine de l'analyse des réseaux sociaux
- Métriques (statistique descriptive) sur les graphes et les communautés
 - comment évaluer/mesurer/comprendre les propriétés des choses qu'on va visualiser (comprendre les métriques et savoir ce qu'elles évaluent, afin d'être capable de trouver les bonnes métaphores permettant de mettre en avant les propriétés que les métriques calculent) : propriétés topologiques des graphes, rôles des nœuds et des communautés
- Étude des interactions avec les graphes et de la collaboration (interaction collaborative) dans le domaine de la visualisation
 - étude des besoins précis en interaction liés au contexte de l'analyse de graphes de communautés
 - étude des systèmes collaboratifs existants
 - dans le domaine de la visualisation de graphes
 - en général (dont asymétrie des rôles des collaborateurs)
 - étude du besoin de collaborer dans le domaine de l'analyse de graphes

2 - Partie conception (6 mois)

À partir de l'état de l'art effectué et d'une analyse des besoins tirée du contexte, il va falloir proposer des façons de visualiser nos graphes et d'interagir avec :

- Visualiser en 3D les données du domaine :
 - visualiser le graphe de loin (visualiser les communautés) ;
 - visualiser le graphe de près (voir les nœuds et suivre les arêtes).

Pour cela il faudra formaliser les niveaux de hiérarchies au sein du graphe et expliquer comment passer d'un niveau « n » au plus haut niveau, en prenant en compte les tâches métier.
- Offrir des moyens adaptés d'appréhender ces données en 3D (il s'agit de ce qu'on appelle couramment la navigation et la manipulation 3D, cela pourra être plus générique, c'est-à-dire adaptable à la visualisation de données 3D en général) :
 - filtrer les nœuds / arêtes par rapport à un ensemble de critères ;
 - définir les modalités d'interactions adaptées à une vue d'ensemble ou à une vue plus en immersion.

On pourra pour cela réutiliser tout ou partie des métaphores à disposition pour cela.

Au travers de ces propositions, il s'agira de prendre du recul et de proposer des métaphores adaptées pour donner du sens aux métriques utilisées pour qualifier les graphes et les communautés. Le but est de proposer des métaphores « écologiques » c'est-à-dire qui vont paraître naturelles/intuitives aux utilisateurs de façon à leur faciliter la prise de connaissance de ce qui est visualisé en réduisant leur charge cognitive.

3 - Partie réalisation (12 mois)

Il sera possible d'utiliser des outils existants (Gephi, Graphviz, Tulip, ...) pour la réalisation de visualisations 2D de graphes. Les développements logiciels 2D spécifiques, si nécessaire, pourront avantageusement se faire en C# avec Unity (en version 2D) de façon à factoriser une partie de la gestion des données avec le code réalisé en C# avec Unity (3D) qui sera utilisé pour la visualisation 3D.

Les développements logiciels nécessaires à la validation des concepts 3D proposés dans la thèse pourront réutiliser et étendre le projet VIG3D, réalisé par Rémi Sahl lors de son stage de M2 de février à juin 2017, qui propose une première solution de visualisation 3D immersive adaptée au domaine des réseaux sociaux. Il s'agira de proposer de nouvelles façons de répartir en 3D les communautés d'utilisateurs et les utilisateurs d'une communauté (proposition de nouveaux « layout 3D » de graphes, adaptés à la problématique des communautés d'utilisateurs) comme précisé dans la partie 2.

Les développements devront être réalisés de façon à être instrumentés / outillés pour permettre un certain nombre de mesures quantitatives telles que les temps de réalisation de tâches, en vue de pouvoir conduire facilement des expérimentations utilisateurs.

4 - Partie Évaluation (6 mois)

Il s'agira ici d'expérimenter les solutions logicielles développées pour les comparer à des visualisations 2D typiques de l'état de l'art. Dans notre contexte une évaluation consistera en général à préparer des données, définir un use-case à déployer sur une visualisation 2D et une visualisation 3D, mener les expérimentations avec une vingtaine d'utilisateurs, définir des questionnaires, recueillir les données de l'expérimentation, analyser statistiquement ces résultats.

5 - Partie rédaction (6 mois)

Rédaction d'articles de recherche et réalisation des présentations associées, sur la base des solutions logicielles réalisées et évaluées, rédaction du manuscrit de thèse et préparation de la soutenance.

Environnement technique

Utilisation de C# et Unity3D pour l'extension du prototype existant et pour la réalisation de nouveaux prototypes, utilisation d'un HMD (HTC Vive, Oculus Rift VC1 + Oculus Touch) pour le déploiement du prototype en situation immersive, et d'une grande table tactile 4K de 84 pouces.

Quelques outils à explorer :

- Gephi - The Open Graph Viz Platform : <http://gephi.org/>
- Graphviz - Graph Visualization Software : <http://graphviz.org/>
- Tulip – <http://tulip.labri.fr>
- Unity3D : <https://unity3d.com/>