



HAL
open science

La géométrie fractale comme outil de représentation des interactions dans un réseau socionumérique de type micro-blogging.

Bertrand Mocquet

► To cite this version:

Bertrand Mocquet. La géométrie fractale comme outil de représentation des interactions dans un réseau socionumérique de type micro-blogging.. 9e Journées d'études TIC.IS TIC Information et stratégies, Jun 2016, Bruxelles, Belgique. hal-02133784

HAL Id: hal-02133784

<https://hal.science/hal-02133784>

Submitted on 19 May 2019

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.

**9^e Journées d'études TIC.IS
TIC Information et stratégies
9 et 10 juin 2016
ICHEC - Management School - Bruxelles
Bd Brand Whitlock 2-6 - 1150 Bruxelles**

La géométrie fractale comme outil de représentation des interactions dans un réseau socio-numérique de type micro-blogging.

Bertrand MOCQUET

*Enseignant, Université de Perpignan Via Domitia, France.
Doctorant au MICA Université Bordeaux Montaigne, France.
bertrand.mocquet@univ-perp.fr, @BertrandMocquet*

Résumé :

La représentation des activités humaines sur les réseaux socio-numériques utilise des modèles mathématiques classiques, utilisant la théorie des graphes. Cette communication propose, après en avoir vérifié les hypothèses (autosimilarité, système multi-agents doté d'une structure complexe et hiérarchisée), d'appliquer une représentation de l'activité d'un réseau socio-numérique par géométrie fractale et plus particulièrement la courbe de Von Koch lors d'un échange sur Twitter. Nous proposerons des bénéfices et des inconvénients de cette représentation par géométrie fractale dans ce type d'usage du numérique.

Mots clés : Réseau socio-numérique, usages du numérique, autosimilarité, géométrie fractale, micro-blogging.

Abstract :

The representation of human activities on digital networks using conventional mathematical models using graph theory . This communication proposes , after checking assumptions (self-similarity , multi-agent system with a complex and hierarchical structure), to apply a representation of the activity of a digital network fractal geometry and especially the curve von Koch during an exchange on Twitter. We will offer the benefits and drawbacks of this representation fractal geometry in this type of digital use.

Keywords: digital network , uses of digital technology , self-similarity , fractal geometry, microblogging .

Introduction

Pour cette session, le groupe TIC.IS propose de travailler sur les notions de fractalité et d'auto-similarité. À la première lecture de cet appel à communication, il ressort que cette démarche nous oblige « à remettre en cause notre vision habituelle des événements extrêmes et les mécanismes de pensées qui les accompagnent. ».

Dans le cadre plus global de nos recherches, qui portent habituellement sur le rôle des technologies de l'information et de la communication dans l'évolution organisationnelle des établissements de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche français, en regard de l'évolution des usages du numérique dans ce contexte universitaire, nous avons proposé en janvier 2016, une communication sur « *L'usage de Twitter dans l'Enseignement Supérieur et de la Recherche* » (Mocquet, 2016). Cet intérêt avait pour finalité de mieux connaître les usages (Proulx, 2011) de ce réseau socionumérique dans l'Enseignement Supérieur et de la Recherche. Nous avons été interpellé, alors, par le mode de représentation graphique qui pouvait être utilisé, reposant essentiellement sur la théorie des graphes.

Il nous semble opportun de profiter de la singularité proposée par ce groupe, pour modifier notre vision habituelle, et prendre le temps de cette réflexion autour de l'apport d'une représentation par géométrie fractale d'un usage du numérique (Jauréguiberry & Proulx, 2011). En effet, cet usage ciblé concerne le réseau socionumérique de type micro-blogging, Twitter (Kwak, Lee, Park, & Moon, 2010) : il nous semble que cet usage fait apparaître un phénomène d'auto-similarité, et nous nous interrogeons sur les bénéfices et les inconvénients de cette représentation.

I. Cadres théorique et méthodologique

I.1. Quelques théories des réseaux

La littérature scientifique nous renvoie que la notion de réseau peut s'appliquer à « *un ensemble d'éléments, sociaux, biologiques ou techniques, qui ont en commun de lier entre eux des individus, dans une forme de relation particulière, qui peut être représentée par une toile, un filet* » (Dortier, 2013) . Cette appellation englobe aussi bien le maillage d'un territoire que les réseaux d'amis, qu'ils soient sur support numérique ou non.

Nous retrouvons l'analyse des réseaux dans plusieurs champs scientifiques, en neurosciences, en mathématique et pour ce qui nous intéresse dans le domaine des sciences de l'information et de la communication, dans la modélisation des réseaux de communication, du télégraphe de Chappe à l'Internet.

L'apparition de la notion de « *rhizome* », concept inventé par G. Deleuze et F. Guattari, en 1980, donne même une dimension philosophique aux réseaux : « *Le rhizome connecte un point quelconque avec un autre point quelconque, et chacun de ses traits ne renvoie pas nécessairement à des traits de même nature* ». Nous retiendrons de ce point de vue deleuzien que l'« *agencement des éléments ne suit en aucun cas la très classique organisation hiérarchique* » et que « *Contre les systèmes centrés (même polycentrés), à communication hiérarchique et liaisons préétablies, le rhizome est un système acentré, non hiérarchique et non signifiant, [...] sans mémoire organisatrice ou automate central, uniquement défini par une circulation d'états* » (Deleuze & Guattari, 1980).

Dans le cadre des théories des réseaux, il devient possible de procéder à leur analyse, en se centrant, par exemple, sur leurs modes de fonctionnement, les interactions en interne, ou des interrelations entre différents réseaux. Nous rappelons pour ce dernier exemple, du « *problème de petit monde* » (Milgram, 1967), une théorie développée par le psychologue social américain, Stanley Milgram, en 1967, dans le prolongement des travaux de par Frigyes Karinthy, la théorie des 6 degrés de séparation, où comment n'importe quel individu de la planète peut serrer la main d'un autre en moins de 6 relations.

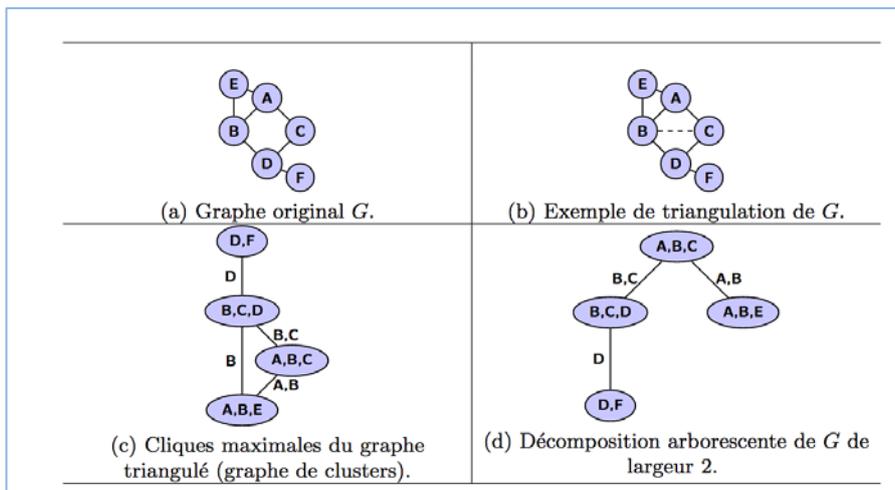
Une plongée dans la littérature scientifique nous a permis de déceler que l'analyse des réseaux sociaux dispose de son « inventeur », l'anthropologue John Barnes, par l'intermédiaire de son étude sur une petite île norvégienne (Barnes, 1954), qui nous montre que « ce sont les mêmes facteurs externes, les mêmes principes d'organisation et les mêmes valeurs qui exercent leur influence sur ces différentes dimensions de la vie sociale. ». Barnes est le premier qui nommera cette notion de « social network ».

I.2. Les réseaux socio-numériques et les interactions de leurs membres

C'est l'Internet qui accélérera la production de connaissance dans le domaine des l'analyse sociologiques des réseaux : « La sociologie des réseaux sociaux consiste à prendre pour objets d'étude non pas les caractéristiques des individus, mais les relations entre ces individus et les régularités qu'elles présentent, pour les décrire, rendre compte de leurs transformations et analyser leurs effets sur les comportements » (Mercklé, 2016). En effet, la multiplicité des liaisons, des interactions sur un nombre important de nouveaux outils, font apparaître à la fois un véritable objet d'études et des techniques d'analyse.

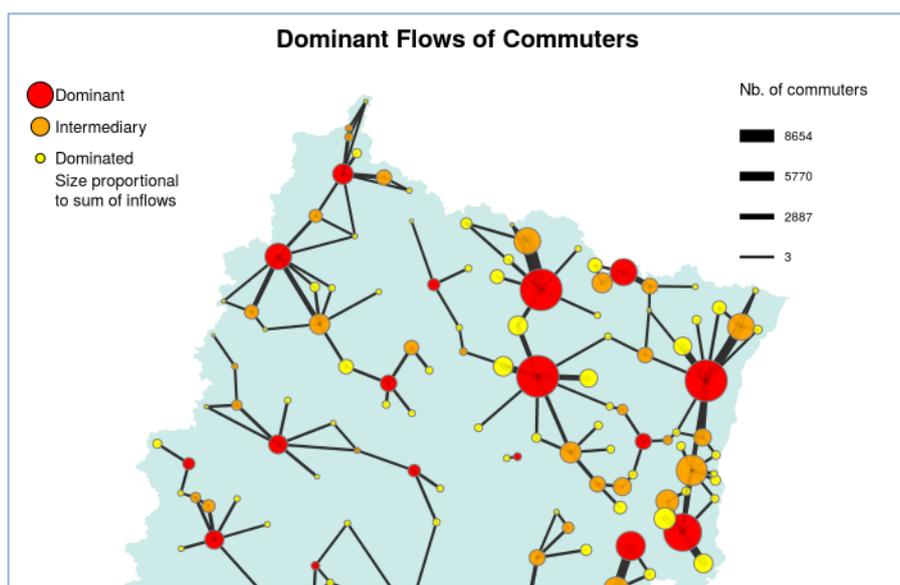
Pour ce qui concerne l'objet d'étude, et pour recentrer sur notre article, il s'agit de l'analyse sociotechnique des réseaux socio-numériques, appelés communément (et à tort ?) « réseaux sociaux ». Concernant les techniques d'analyse, nous pouvons nous appuyer sur les représentations mathématiques. L'approche traditionnelle des réseaux sous forme de graphes issus de la théorie des graphes, notamment la « décomposition arborescente » (Robertson & Seymour, 1986) propose un mode de représentation satisfaisant, pour autant il peut montrer ses limites pour décrire les multitudes d'interactions humaines qu'induit ce réseau socio-numérique.

Figure 1 : Exemple de décomposition arborescente (Ouali, Loudni, Loukil, & Lebbah, 2014)



Par ailleurs, l'analyse mathématique des réseaux, permet aussi de modéliser les liens entre les individus, les positions dans un tissu de relation, mais aussi des flux. aux travers d'outils comme des graphes, des matrices (Degenne & Forsé, 1994)

Figure 2 : Exemple de représentation utilisant la théorie des graphes (« groupe fmr | (flux, matrices, réseaux) », 2016)



I.3. La géométrie des fractales ou fractales

La géométrie fractale est une approche complémentaire à d'autres méthodes, telle que la théorie des graphes, pour caractériser des réseaux (Lammoglia, 2014). Les fractales questionnent de nombreux paradoxes comme l'autosimilarité et la différenciation, l'éphémère transitoire et la recomposition, voire l'approche holistique des réseaux au sein de l'univers (Vieira 2015). Mais qu'est-ce-que la géométrie fractale ?

Un outil pour représenter l'autosimilarité

Les fractales constituent un outil mathématique qui permet de modéliser « la rugosité de la nature et de comprendre la structure d'objets aussi complexes et divers qu'un brocoli, le réseau sanguin des poumons ou les côtes de la Bretagne » (Cohen, 2004).

La géométrie des fractales est une théorie dont le père est le mathématicien français Benoit Mandelbrot, un des pionniers de l'utilisation de l'informatique pour la visualisation et l'expérimentation des mathématiques, il est le premier à avoir mis en avant la notion d'objet fractal. Benoit Mandelbrot n'a pas voulu donner de définition des fractales dans son premier livre, *Objets fractals*, paru en 1975, considérant alors que la notion de fractal observée dans « la nature ne pouvait se restreindre à un cadre mathématique trop strict ».

Figure 3 : Le chou romanesco dont la forme géométrique est de nature fractale (Source MNHN)



Il y reviendra plus tard, sous la pression scientifique, avec cette définition fort mathématique : « *Un ensemble fractal (dans le plan ou dans l'espace) est un ensemble dont la dimension de Hausdorff est strictement supérieure à la dimension topologique* » puis celle-ci plus abordable pour nous « *avant tout fractal signifie auto-similaire* » et « *un aspect aléatoire* ».

Un outil pour représenter un système multi-agents doté d'une structure complexe et hiérarchisé.

Il s'agit de disposer d'une approche systémique de la structure observée via la théorie générale des systèmes, nous utiliserons le « *macroscop* » de Joël de Rosnay, cet outil pour voir le monde de haut et dans sa globalité, propose aussi cette vision pour « *distinguer le complexe du compliqué* ». Plus trivialement, « *on peut considérer la systémique, dans le champ de l'humain et des organisations en tout cas, comme un ensemble d'idées et d'outils qui permet de fonctionner au quotidien d'une façon plus profitable* ». Dans cette méthode, ce qui pourrait la caractériser, c'est son côté exhaustif et non agrégatif des choses et humains qui composent le système.

Pour la structure complexe, nous mobiliserons la pensée complexe d'Edgar Morin (Morin, 1990) en nous appuyant sur trois de ses principes,

- Le « *principe dialogique* » qui « *unit deux principes ou notions antagonistes, qui apparemment devraient se repousser l'un l'autre, mais qui sont indissociables et indispensables pour comprendre une même réalité* ».
- Le « *principe hologrammatique* » s'appuie sur le fait que « *la partie est dans le tout et le tout à l'intérieur de la partie* », en terme d'organisations, « *la complexité organisationnelle du tout nécessite la complexité organisationnelle des parties, laquelle nécessite récursivement la complexité* »
- Le « *principe récursif* » explique la « *boucle génératrice dans laquelle les produits et les effets sont eux-mêmes producteurs et causateurs de ce qui les produit* ».

Concernant le système multi-agents, nous nous appuyerons sur la définition qu'un agent est « *un agent est une entité caractérisée par le fait qu'elle est, au moins partiellement, autonome (processus, un robot, un être humain, etc.)* ». »,

En reprenant, les deux définitions précitées, un système multi-agents est une organisation humaine dont l'ensemble d'idées et d'outils qui permet de fonctionner au quotidien d'une façon plus profitable, dont les membres sont partiellement autonomes.

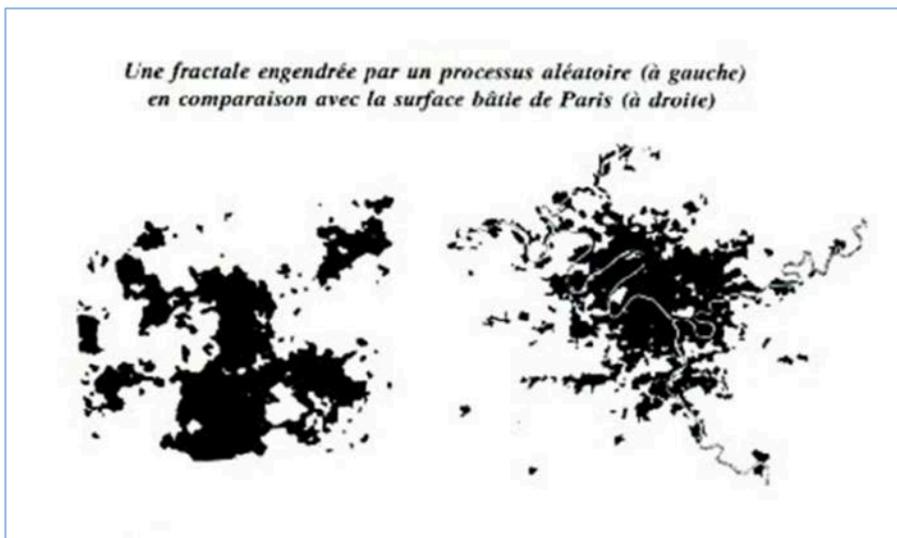
Quelques exemples d'applications de la géométrie fractale dans les sciences humaines et sociales.

Un travail de recherche a été réalisé entre la fin des années 90 et le début des années 2000 par un certains nombres d'aménageurs urbains, géographes de formation (Pumain, 2003), (Genre-Grandpierre, 1999) (Dauphiné, 2003). Il repose sur la volonté de modéliser mathématiquement des comportements humains sur les réseaux viaires : mouvement, flux, densité.... Ce travail a permis aux sciences humaines et sociales de s'intéresser aux théories mathématiques liées aux fractales.

En aménagement du territoire, nous observons un certain progrès dans la modélisation des réseaux de villes par l'introduction des fractales (Arlinghaus, 1985 et 1989, Frankhauser, 1998).

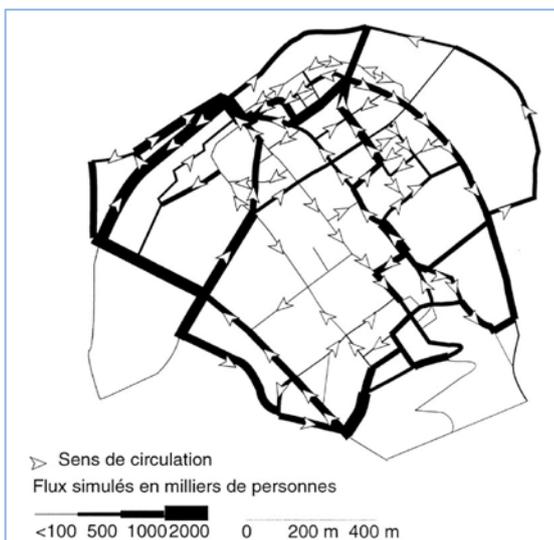
C'est dans « *La fractalité des structures urbaines* » (Frankhauser, 1994) que Pierre Frankhauser démontre que la simple description des tissus urbains à l'aide géométrie fractale, révèle un « *ordre caché* ».

Figure 4 : La fractalité des structures urbaines



Dans le cadre de l'analyse de l'accessibilité des espaces urbains, la géométrie fractale est utilisée. Elle permet « *une approche plus spatiale, basée sur la géométrie fractale, pour décrire l'accessibilité fournie par un réseau viaire* » (Genre-Grandpierre, 1999).

Figure 5 : Carte de charge maximale du réseau du centre-ville pour les déplacements de plus de 1 000 mètres à vol d'oiseau



En linguistique, la construction géométrique d'un objet auto-similaire offre des analogies avec ce que l'on appelle la technique de l'enchâssement : « *j'écris que j'écris que j'écris que j'écris etc....* » (Cohen, 2004).

II. Le réseau socio-numérique observé

Après avoir rappelé le fonctionnement de ce réseau socio-numérique (Twitter, 2016), les types d'interactions existantes, quelles fonctions du langage (Jakobson, 1981) sont appliquées, nous tenterons de démontrer que ce réseau est un « système multi-agents » (Ferber & Perrot, 1995) doté d'une « *structure complexe et hiérarchisée* », qui propose des caractéristiques d'« *autosimilarité* » (Chirrollet, 2014).

II.1. Présentation succincte de Twitter

Twitter (Twitter, 2016) est l'un des nombreux réseaux socio-numériques développés au cours de la dernière décennie, en 2006 plus exactement.

Ce service gratuit, utilisé par 320 millions d'utilisateurs actifs en Juin 2016, permet la diffusion de court message (de 140 caractères maximum), au contenu personnel ou informatif, qui est publié ou transmis instantanément par l'auteur. Il permet aussi la présentation en masse de messages, images et des liens appelés « tweets » ou « twits ».

Notons, que le vocabulaire associé à ce réseau socio-numérique entre en 2013 dans le Larousse illustré (« Petit Larousse illustré 2013, les « *twitteurs* » et les « *twitteuses* » », 2012), sous la forme de « *termes neutres micromessage, microbillet et microtexte* » (« Le grand dictionnaire terminologique », 2016).

Ces messages sont estampillés de métadonnées au moment de l'affichage comme l'heure et la date de création, et la localisation géographique de l'utilisateur, si cette fonctionnalité n'est pas restreinte. Les utilisateurs peuvent être « suivis », ce qui signifie que leurs « tweets » ou micromessages seront livrés automatiquement à tous leurs « *suiveurs* ». Les *suiveurs* ou abonnés peuvent approuver les « tweets » par catégorisation en favoris, sous la forme d'une appréciation positive (un cœur) ou par diffusion (« *Retweeter* ») à leurs propres abonnés.

Les utilisateurs peuvent aussi s'adresser « *des contenus privés* » (Choquet, 2012) afin d'augmenter les interactions en diminuant la visibilité.

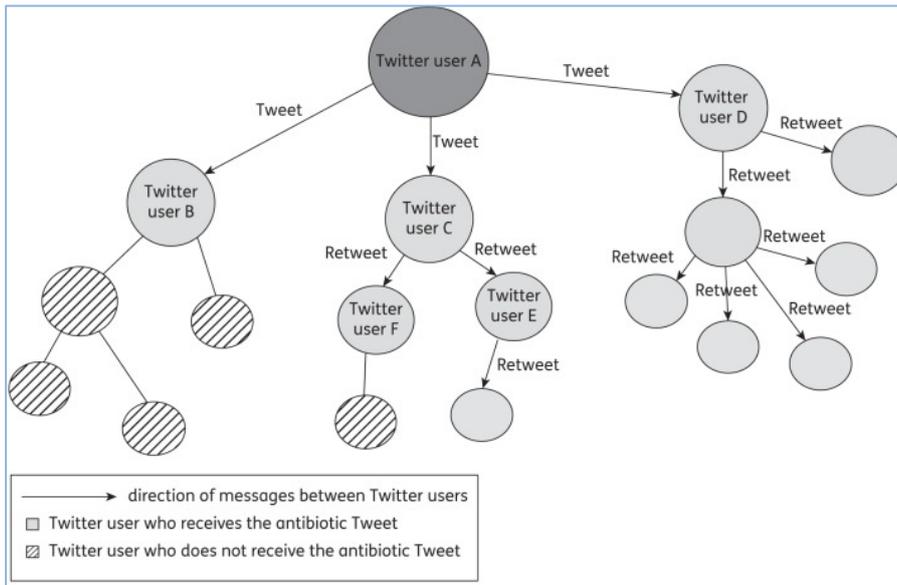
II.2. Représentations des interactions sur Twitter par la théorie des graphes

Dans une enquête récemment faite par le UK National Institute for Health Research dans le domaine des usages de Twitter (Dyar, Castro-Sánchez, & Holmes, 2014), une équipe de scientifique a cherché à analyser les interactions entre les individus qui influencent le discours sur les antibiotiques. La finalité de cette enquête est de repérer les modalités de diffusion de l'information pour enrichir les pratiques d'interventions des professionnels de la santé.

L'analyse de la modalité de diffusion des messages utilise la théorie des graphes pour représenter la diffusion et la transmission des messages ou twits postés.

La figure 6 illustre un aperçu de la façon dont les messages se propagent sur la plateforme Twitter (Dyar, Castro-Sánchez, & Holmes, 2014)

Figure 6 : Représentation des interactions sur Twitter (théorie des graphes)



Sur ce graphe nous pouvons comprendre que :

- l'utilisateur Twitter A envoie message (Tweet) sur les antibiotiques, tous ses suiveurs reçoivent le Tweet (A, B ou C).
- l'utilisateur B reçoit le message de l'utilisateur A, le lit et décide de ne rien faire d'autre. Ainsi, les suiveurs de l'utilisateur B ne reçoivent pas le Tweet de l'utilisateur A.
- l'utilisateur C reçoit le message de l'utilisateur A, le lit et décide de le transmettre (Retweet) à son / ses suiveurs. Parmi celles-ci, l'utilisateur E retweete le message aussi bien mais l'utilisateur Twitter F, d'autre part, ne le fait pas.
- l'utilisateur D reçoit le message de Twitter utilisateur A, le lit et retweete à ses / ses suiveurs. Tous les suiveurs retweetent le message à leurs propres suiveurs.

II.3. Les éventuelles limites de cette représentation graphique

Cette représentation montre ainsi certains cas de figures qui peuvent arriver et permet une vision globale de la diffusion du message. Pour autant, cette vision nous paraît réductrice car :

- elle ne tient pas compte des personnes qui aiment le message,
- elle ne tient pas compte des personnes qui sont liées avec A mais ne connaissent ni B, ni C, ni D, mais E et F, et donc voient plusieurs fois le même message,
- ne propose pas représentation graphique des rétroactions et le suivi de cette rétroaction.

Nous estimons ainsi que cette vision, bien que satisfaisante en certains points, est parcellaire et qu'un autre outil de description pourrait être utilisé, la géométrie fractale par exemple (encore faut-il que ce que nous observons vérifient bien les hypothèses de Benoit Mandelbrot).

III. Représentation par la géométrie fractale d'interactions sur le réseau socio-numérique twitter

III.1. La vérification des hypothèses de mise en application de la géométrie fractale

Assimilation à un système multi-agents doté d'une structure complexe et hiérarchisée

Twitter est un réseau socio-numérique par nature multi-agents. Il contient en son sein un mode de fonctionnement où chacun des abonnés choisit des abonnés à suivre, des robots suggérant des messages, ainsi que des publicités dont l'affichage est provoquée par la nature du profil de l'abonné. Nous estimons qu'il y a dépendance entre individus, qui se retrouvent hiérarchisés par un classement, classement s'appuie sur le nombre d'abonnés. Pour autant, dans (Merzeau, 2013), l'auteur nous informe qu' « avec le microblogging, qui brise les murs dressés entre l'intime et le public, les figures de l'autorité ne sont plus la clôture et le surplomb. ».

Ce paradoxe entre hiérarchisation et fin des figures de l'autorité, nous montre une vision dialogique de ce réseau, un des éléments permettant de nous approcher d'un système complexe selon Morin. Twitter n'existe que par chacun des membres en produit le contenu, à l'exception des publicités bien entendu, chacun des abonnés, interne au système, est une partie du tout : le principe holographique semble vérifié.

Enfin, la nature des interactions, notamment les échanges directs autour d'un mot clé, montre une certaine récursivité en son sein.

Tout ceci nous incite à penser que twitter est un système multi-agents possédant une structure complexe et hiérarchisée.

Assimilation à un phénomène d'autosimilarité

Quand nous observons la diffusion de l'information décrite au paragraphe précédent, nous constatons que le mode de diffusion présente des similarités en l'observant à différentes échelles : les « grappes » se répètent et se multiplient dès lors qu'un message est retwetté. Il ne s'agit pas d'autosimilarité sur le contenu du message, l'information qu'il contient, mais plutôt sur la similitude graphique. Ceci nous paraît évident à chaque nœud du graphe, un nœud étant un abonné à Twitter, cette similitude peut être observée à différentes échelles, montrant ainsi une autosimilarité.

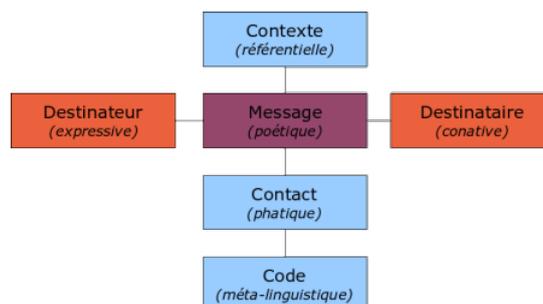
III.2. La construction d'une représentation graphique en géométrie fractale

Emission et réception des messages

Dans son « Schéma général de la communication », Roman Jakobson, ce linguiste influent du XX^e siècle, nous précise qu'il distingue six fonctions dans le langage : la fonction référentielle ou représentative, la fonction expressive, la fonction conative, la fonction phatique, la fonction métalinguistique ou métacommunicative, et la fonction poétique.

En complément, il ajoute et propose le schéma ci-dessus, que chaque message relève de ses fonctions mais que l'une d'elle domine toujours.

Figure 7 : Schéma de la communication, d'après Jakobson



De cette conception, pour décrire la forme d'un réseau, le principe le plus simple consiste « à le comparer au réseau direct reliant par une ligne droite tous les points deux à deux. »

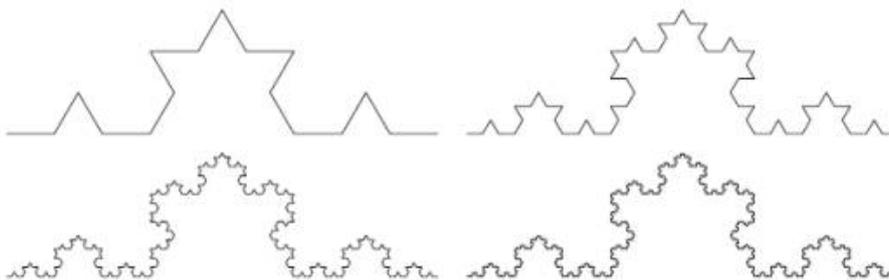
Figure 8 : Envoi d'un message de ActeurA à Acteur B



La notion de dimension non entière à travers la construction de la courbe de Von Koch

La courbe fractale qui nous paraît la plus proche de cette observation d'interactions est « le flocon de Koch » (Koch, 1906), une des premières courbes fractales à avoir été décrite (bien avant l'invention du terme « fractal(e) »). Elle a été inventée en 1904 par le mathématicien suédois Helge von Koch.

Figure 9 : Courbe de Von Kloch



Nous pouvons la créer à partir d'un segment de droite, représentant la communication émetteur/récepteur en modifiant récursivement chaque segment de droite de la façon suivante (Cohen, 2004) :

- « On divise le segment de droite en trois segments de longueurs égales.
- On construit un triangle équilatéral ayant pour base le segment médian de la première étape.
- On supprime le segment de droite qui était la base du triangle de la deuxième étape.

Au bout de ces trois étapes, l'objet résultant a une forme similaire à une section transversale d'un chapeau de sorcière. »

La construction de la courbe de Von Koch appliquée aux réseaux socionumériques

La courbe de Von Koch suivante a été construite en simulant des activités sur ce réseau socionumérique. Nous avons imaginé plusieurs étapes représentatives de l'activité sur ce réseau (Figure 11):

- La diffusion d'un message,
- La réception d'un message,
- Le partage ou retweet d'un message,
- La mise en favori d'un message,
- L'interception d'un message par un abonné, s'appropriant le contenu du premier message émis.

Le déroulé de la figure 11 est le suivant :

Étape 1

L'acteur A envoie un message en identifiant à l'acteur de B qui se retrouve ainsi notifié

Étape 2

L'acteur C qui suit l'acteur A visualise ce message bien qu'il n'en soit pas le destinataire

Étape 3

L'acteur C trouve un intérêt à ce message et le diffuse par retweet à ces abonnés : il devient ainsi l'émetteur du nouveau message.

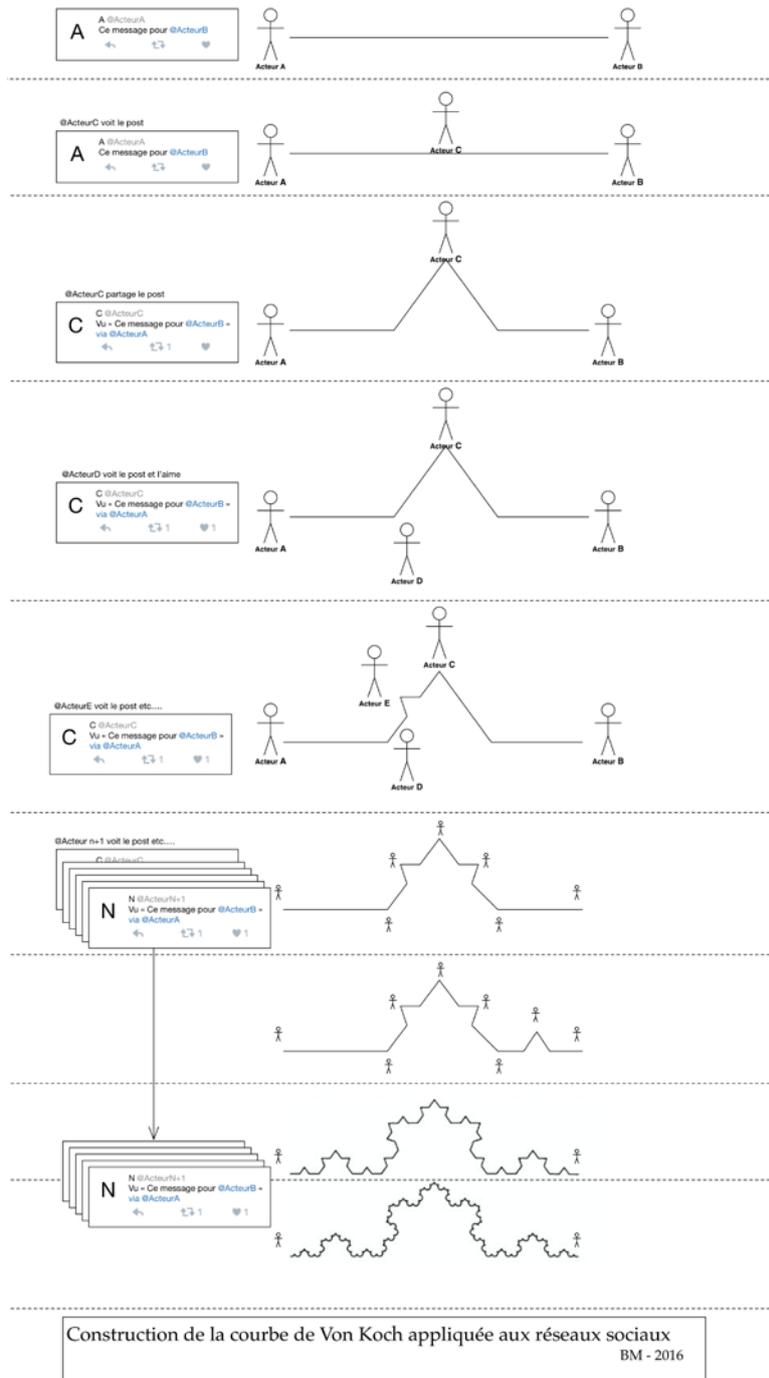
Étape 4

L'acteur E voit le nouveau message, et fait de même que C. etc

Étape 5,6,7 et 8

Nous montrons que cette structure ne cesse de se répéter et provoque un phénomène d'autosimilarité aléatoire ce qui laisse penser que la géométrie fractale est un mode de représentation pour ce mode d'interaction en complément de la théorie des graphes.

Figure 10 : Construction de la courbe de Von Koch



IV. Discussion sur les apports des fractales dans la représentation et premiers résultats

Lé théorie des graphes nous apporte une vision globale sur le mode de diffusion des informations contenues dans les messages de ce réseau socionumérique. Pour autant, ce réseau étant par nature autosimilaire, hiérarchisé et complexe, cette vision peut montrer ses limites dans la représentation des interactions, notamment quand un des abonnés de Twitter s'approprie le contenu d'un message. Nous avons tenté de démontrer, que la géométrie fractale apporte une autre représentation des interactions sur ce réseau.

Cette première tentative d'intrusion de la géométrie fractale dans notre mode de pensée nous laisse entrevoir des possibilités de terrain : nous estimons que ce mode de représentation pourrait être mis en œuvre à l'occasion d'enquête, et plus particulièrement pour mieux construire un protocole d'enquête. Cette représentation, limitée à une dizaine de personnes, peut nous donner une vision différente de la diffusion d'un message, et de son appropriation par un individu sur le réseau socionumérique.

Une des deuxième piste pourrait être de s'intéresser sur la validité à grande échelle de cette représentation, et envisager une meilleure compréhension de l'effet « buzz », en envisageant pourquoi pas, les moyens à associer pour mieux provoquer des augmentations d'activité associées à des messages diffusés.

Ce positionnement à ce jour mériterait un traitement statistique important, et une vision globale de ce réseau : vision aujourd'hui réservé exclusivement à la société Twitter. Toutes données recueillies peuvent être le siège de modélisation en géométrie fractale et permettre une estimation de ce qui pourrait arriver en terme d'interactions quand un message est posté sur ce réseau.

Nous ne sommes pas à ce jour en mesure de réaliser une enquête terrain d'une tel envergure, et nous espérons que cette première approche au sein du groupe groupe TIC.IS, un des groupes de la SFSIC (Société Française des Sciences de l'Information et de la Communication) sera l'occasion de construire une recherche commune avec des spécialistes du traitement de données à grande échelle, et trouver écho auprès des « data-scientists ».

Bibliographie

- Arlinghaus, S. L. (1985). Fractals take a central place. *Geografiska Annaler. Series B. Human Geography*, 83-88.
- Arlinghaus, S. L., & Arlinghaus, W. C. (1989). The fractal theory of central place geometry: a Diophantine analysis of fractal generators for arbitrary Löschian numbers. *Geographical Analysis*, 21(2), 103-121.
- Barnes, J. A., & 110881, J. G. (2014). Classes sociales et réseaux dans une île de Norvège. *Réseaux*, (182), 209-237. Consulté à l'adresse http://www.cairn.info/resume.php?ID_ARTICLE=RES_182_0209
- Chirollet, J.-C. (2014). Esthétique de la complexité fractale - Arts / Numérisation / Fractals. Consulté 23 février 2016, à l'adresse <http://www.jean-claude-chirollet.fr/esthetique-de-la-complexite-fractale>
- Choquet, I. (s. d.). La co-création : l'art comme champ d'expérimentation pour l'entreprise ?, in Actes du Colloque de l'Acfas, Montréal. Consulté à l'adresse http://creanum2014.sciencesconf.org/conference/creanum2014/eda_fr.pdf
- Cohen, G. (2004). Les Fractales. Art, nature et modélisation., (HS n°18).

- Dauphiné, A. (2003). Les réseaux urbains: un exemple d'application de la théorie des systèmes auto-organisés critiques / Urban networks: a case study of the critical self-organized system theory. *Annales de Géographie*, 112(631), 227-242. <http://doi.org/10.3406/geo.2003.912>
- Degenne, A., & Forsé, M. (1994). Les réseaux sociaux: une analyse structurale en sociologie. Paris: Armand Colin.
- Deleuze, G., & Guattari, F. (1980). Capitalisme et schizophrénie II: Mille plateaux. Paris: Les Éditions de Minuit.
- Dortier, J.-F. (2013). *Le Dictionnaire des sciences sociales*. Sciences Humaines.
- Dyar, O. J., Castro-Sánchez, E., & Holmes, A. H. (2014). What makes people talk about antibiotics on social media? A retrospective analysis of Twitter use. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, dku165.
- Ferber, J., & Perrot, J.-F. (1995). *Les systèmes multi-agents: vers une intelligence collective*. InterEditions.
- Frankhauser, P. (1994). La fractalité des structures urbaines.
- Frankhauser, P. (1998). La formation fractale des tissus urbains. *Cahiers de géographie du Québec*, 42(117), 379-398.
- Genre-Grandpierre, C. (1999). La géométrie fractale : un outil de description des réseaux, des flux et de l'accessibilité. *Revue Géographique de l'Est*, 39(4). Consulté à l'adresse <https://rge.revues.org/4285>
- Jakobson. (1981). Linguistics and Poetics. Consulté à l'adresse http://akira.ruc.dk/~new/Ret_og_Rigtigt/Jakobson_Eks_15_F12.pdf
- Jauréguiberry, F., & Proulx, S. (2011). *Usages et enjeux des technologies de communication*. Érès.
- Koch, H. (1906). Une méthode géométrique élémentaire pour l'étude de certaines questions de la théorie des courbes planes. *Acta Mathematica*, 30(1), 145-174. <http://doi.org/10.1007/BF02418570>
- Kwak, H., Lee, C., Park, H., & Moon, S. (2010). What is Twitter, a social network or a news media? In *Proceedings of the 19th international conference on World wide web* (p. 591-600). ACM.
- Lammoglia, A. (s. d.). Évolution de la dimension fractale pour un modèle de trafic.
- Le grand dictionnaire terminologique. (s. d.). Consulté 12 septembre 2016, à l'adresse http://gdt.oqlf.gouv.qc.ca/ficheOqlf.aspx?Id_Fiche=26502418
- Mercklé, P. (2016). *Sociologie des réseaux sociaux* (3e édition). Paris: La Découverte.
- Merzeau, L. (s. d.). Twitter, machine à faire et défaire l'autorité. *Médium*, (34), 171-185. Consulté à l'adresse http://www.cairn.info/ezproxy.univ-perp.fr/resume.php?ID_ARTICLE=MEDIU_034_0171
- Milgram, S. (1967). The small world problem. *Psychology today*, 2(1), 60-67.
- Mocquet, B. (2016, janvier). Twitter : comment gazouille l'enseignement supérieur - Educpros. Consulté 12 septembre 2016, à l'adresse <http://www.letudiant.fr/educpros/actualite/twitter-au-service-de-la-mediation-scientifique.html>
- Morin, E. (1990). Introduction à la pensée complexe. *ESF, Paris*.
- Petit Larousse illustré 2013, les «twitteurs» et les «twitteuses». (2012, juin 22). Consulté 12 septembre 2016, à l'adresse http://next.liberation.fr/livres/2012/06/22/petit-larousse-illustre-2013-les-twitteurs-et-les-twitteuses_828380
- Pumain, D. (2003, juillet 23). La modélisation des réseaux urbains. Consulté à l'adresse <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00000477/document>

- Robertson, N., & Seymour, P. D. (1986). Graph minors. II. Algorithmic aspects of tree-width. *Journal of algorithms*, 7(3), 309-322.
- Rosnay, J. de. (1977). *Le microscope - Vers une vision globale*. Paris: Seuil.
- Stransky, V. (1997). La fractalité des structures urbaines (Pierre Frankhauser). *Flux*, 13(29), 54-58. Consulté à l'adresse http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/flux_1154-2721_1997_num_13_29_1740
- Twitter. (2016). *Entreprise | About*. Consulté 23 février 2016, à l'adresse <https://about.twitter.com/fr/company>
- Vieira, L., (2015), Les espaces d'expression numériques et l'humain. Vers une approche holistique des réseaux. 8^e journées d'études TICIS *Hybridités, frontières et seuils L'ouverture des espaces informationnels*. Université UPVD, Perpignan 6-7 mai 2015.