



HAL
open science

Élargissement de l'espace public et nouvelles citoyennetés : quelques pistes de formalisation mathématique

Mohamed El Methni, Jacques Lolive

► To cite this version:

Mohamed El Methni, Jacques Lolive. Élargissement de l'espace public et nouvelles citoyennetés : quelques pistes de formalisation mathématique. Serge Dufoulon, Maria Rostekova. Migrations et mobilités, frontières et voisinages, L'Harmattan, pp.125-138, 2011, 978-2-296-56363-6. hal-00978146

HAL Id: hal-00978146

<https://hal.univ-grenoble-alpes.fr/hal-00978146>

Submitted on 12 Apr 2014

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.

Élargissement de l'espace public et nouvelles citoyennetés : quelques pistes de formalisation mathématique

(Mohamed El Methni¹, Jacques Lolive²)

Cet article associe un chercheur en science politique et aménagement, Jacques Lolive, et un chercheur en mathématiques appliquées aux sciences sociales et humaines, Mohamed El Methni. Il présente une réflexion sur les transformations de l'espace public qui favorisent l'émergence de nouvelles citoyennetés (1^e Partie Élargissement de l'espace public et nouvelles citoyennetés). Pour enrichir les méthodologies qualitatives et les savoir-faire mobilisés pour ces recherches et pour renforcer leur potentiel démocratique, l'article expose quelques pistes de formalisation mathématiques et informatiques (2^e partie Réseaux sociaux bipartis : Modélisation et formalisation)

I. Élargissement de l'espace public et nouvelles citoyennetés

« Les replis identitaires, du local au national, à travers toute l'Europe, peuvent être évidemment liés à des crises de la citoyenneté, notamment manifestées par les niveaux d'abstentions aux élections... Pourtant, les citoyens changent leurs modes de participation ; les espaces publics, les espaces numériques transforment les cadres de la vie sociale et politique ». Nous partirons de ce constat de l'appel à contribution du colloque pour analyser comment les transformations de l'espace public suscitent des mobilisations habitantes ou associatives qui impulsent un élargissement de la démocratie et ébauchent de nouvelles citoyennetés.

1) Les trois modalités d'existence de l'espace public

L'émergence d'une nouvelle citoyenneté consécutive à la crise de la citoyenneté traditionnelle fait consensus chez de nombreux auteurs. Ainsi pour le philosophe politiste canadien Mark Kingwell³ la nouvelle citoyenneté se définit comme « la promotion d'une citoyenneté qui se définit de moins en moins en faisant uniquement référence au cadre de l'État-nation. En ce sens, la citoyenneté ne serait plus interprétée uniquement comme un cumul de droits de divers ordres, mais prendrait forme dans l'action, dans la participation et dans l'engagement personnel des individus ». Nous adopterons une perspective voisine, nous aborderons la citoyenneté par la notion d'espace public. Cette notion extrêmement riche a désormais trois significations dans la langue française. C'est à la fois l'espace concret des formes urbaines accessibles au public cher aux urbanistes, l'espace virtuel de dialogue que désigne le débat public analysé par les politistes et le cyberspace dès lors qu'il prolonge cet espace du débat public

Pour les fondateurs de la notion d'espace public (Arendt, 1972 ; Habermas, 1981), les associations libres de citoyens participent à la constitution d'espaces publics au sein desquels se forment l'opinion publique et la volonté publique. Ces lieux autonomes constituent la source démocratique de légitimité. Le pouvoir exercé par les associations correspond à la capacité d'agir

¹ Maître de conférence 26^{ème} section à l'Université de Grenoble, chercheur en mathématiques appliquées aux sciences sociales AGIM FRE 3405 CNRS UJF

² Directeur de recherche au CNRS, chercheur en science politique et aménagement, laboratoire PACTE

³ Kingwell, M. (2000). The world we want: virtue, vice, and the good citizen. Toronto : Penguin Book

ensemble des hommes lorsqu'ils sont dans une relation d'égalité. Il s'oppose au pouvoir exercé par l'État et l'administration qui se situe, lui, dans le champ de la domination. Selon Habermas, ce pouvoir citoyen ne prétend pas se substituer au pouvoir d'État dont il admet la nécessité, il entend faire pression sur lui, agir sur les processus de formation du jugement et de décision politique afin de faire valoir ses impératifs. Cette articulation des lieux de débat et des lieux de décision a été reprise par les analystes des politiques publiques qui font une distinction entre les arènes formelles de décision et les forums de débat et de controverse. La notion d'espace public permet notamment d'analyser la contribution des mobilisations collectives et notamment des contestations associatives aux transformations des politiques publiques et, plus généralement, de la vie démocratique. Ainsi les associations qui contestent un grand projet d'aménagement, le TGV Méditerranée par exemple, deviennent les promoteurs d'un renouveau démocratique. Elles constituent un espace public spécifique, un forum associatif dissident, qui permet la mise à l'épreuve du projet de TGV Méditerranée et, par la même occasion, de la politique des grandes vitesses ferroviaires (Lolive 1999a). Les participants de ce forum réinterprètent cette politique publique pour tenter de la remodeler.

Cependant la notion d'espace public ne définit pas seulement un certain type de relations constitutives de la politique démocratique, elle désigne également l'espace associé dans lequel ces relations s'épanouissent. L'espace public représente dans les sociétés humaines, en particulier urbaines, l'ensemble des espaces de passage et de rassemblement qui est à l'usage de tous. L'espace public, c'est une place, une rue, un centre commercial ; en fait sa fonction importe peu. Il faut surtout que cet endroit garantisse les possibilités (libre accessibilité, urbanité) d'un dialogue respectueux avec les autres et les conditions matérielles et historiques d'une action politique spectaculaire et signifiante. Ce caractère double de l'espace public est présent dès l'Antiquité : il n'existe pas d'espaces publics sans agora, sans forum, sans Polis qui constituent des lieux de mémoire des débats et des actions des citoyens, qui les « immortalisent ». Dans cette optique les deux modalités d'existence de l'espace public sont complémentaires. L'espace public au sens matériel du terme (celui des urbanistes) est producteur de civilité, d'urbanité (favorisé en cela par les conditions de libre accessibilité et de mélange social). Ces règles de coexistence pacifique (résumées sous le nom de civilité) sont une condition de possibilité de l'agir ensemble (les mobilisations constitutives de l'espace public des politistes). Ce rôle sera garanti malgré des évolutions urbaines contradictoires (les transformations urbaines actuelles génèrent ségrégations sociales et spatiales) par une approche participative, donc l'installation d'un espace public de débat (celui des politistes) dans lequel les différents groupes d'acteurs concernés ont la possibilité de s'exprimer.

Pour prendre en compte cette ambivalence de l'espace public, nous ferons une distinction entre politique vive et politique cristallisée⁴. On peut considérer qu'il existe une sorte de *respiration* (Tassin 2003 d'après Arendt 1958, Lolive in Berdoulay, Da Costa Gomes, Lolive dir. 2004) de l'espace public qui s'établit entre des phases d'innovation marquées par l'action politique et des phases de stabilisation institutionnelle où la politique vive se coagule, se cristallise. L'action politique évanescence et les normes démocratiques sont stabilisées par leur inscription dans des

⁴ Une formulation voisine : celle de Michel Pinçon et Monique Pinçon-Charlot, « du Paris "popu" au Paris "bobo" » dans *Politique autrement*, lettre n°38, février 2006 article en ligne <http://www.politique-autrement.org/spip.php?article195> : « Les usages de la ville changent plus vite que les formes urbaines figées dans les bâtiments. Une ville est le produit d'une interaction permanente entre du social objectivé dans les bâtiments, des formes urbaines, des institutions et des règlements et du social incorporé par les habitants ».

lois, des institutions, des équipements normatifs et des lieux de mémoire. La notion de *respiration démocratique* est destinée à traduire ce changement de registre du politique vers l'urbain, du mouvement corporel vers le matériel bâti. Les actions humaines vont parfois s'inscrire dans le cadre urbain qui deviendra alors l'empreinte, la trace matérielle de ces actions. Si la ville constitue le cadre privilégié de l'action démocratique, c'est aussi qu'il existe un lien entre ces grands équipements urbains (places, rues, monuments) et l'histoire d'une démocratie vivante. Mais cette stabilisation peut se figer en durcissement. Le poids des normes du passé rend progressivement toute formulation nouvelle difficile, « le mort saisit le vif ». Un deuxième moment de l'espace public, complémentaire du précédent, se produit ensuite car l'action humaine ne s'arrête jamais. C'est celui de l'action innovante grâce auquel la politique vivante reprend le dessus et par lequel l'action publique permet de rouvrir les choix. Elle fait événement et crée du neuf mais sans corriger forcément les excès du durcissement car les lieux de l'innovation ne sont pas prédictibles et il n'y a aucune raison pour que la novation se produise sur les lieux de la dernière cristallisation. Les mobilisations associatives participent de cette *respiration démocratique*. Elles contribuent à fluidifier nos démocraties⁵.

Le cyberspace constitue la dernière modalité d'existence de l'espace public. Par son intermédiaire, nous sommes soumis à un flux ininterrompu, massif et diffus d'informations hétérogènes et controversées. Pour certains commentateurs, Internet apporte de nouvelles possibilités pour la détermination des problèmes collectifs par un public actif et l'organisation en temps réel de mouvements d'opposition et d'organisations activistes.

Cette grille d'analyse de l'espace public attire notre attention sur la productivité démocratique des diverses mobilisations qui transforment les conditions générales d'accès au débat public et favorisent l'émergence de nouvelles citoyennetés. Dans cet article, nous aborderons successivement :

- les controverses environnementales qui déstabilisent les savoirs et les expertises et favorisent ainsi une nouvelle démocratie scientifique et technique, *une citoyenneté environnementale* ;
- l'amplification des mobilisations habitantes ou esthétiques légitimées par la richesse des relations que tissent les habitants avec les territoires de vie et qui appelle l'invention d'une politique innovante bâtie autour des enjeux riverains, *une citoyenneté habitante* ;
- le développement considérable de l'internet et des réseaux sociaux qui stimule les débats publics et préfigure l'émergence d'*une cybercitoyenneté*.

Pour présenter dans les grandes lignes chacune des nouvelles citoyennetés émergentes, nous caractériserons les transformations de l'espace public concernées, les mobilisations qu'elles occasionnent et la logique de démocratisation mise en œuvre

2) Les controverses soutiennent la démocratisation des sciences et des techniques

⁵ Dans une perspective voisine, la sociologue Sonja Kellenberger dans un rapport de recherche de juin 2000, *Espaces publics et formes de mobilisation politique : le rôle des pratiques artistiques* parle d'allègement : « Les collectifs (d'artistes) suscitent des situations où les formes essentielles de l'activité politique et du fonctionnement de la démocratie sont explorées. C'est comme si des couches d'interprétation étaient enlevées et l'activité politique allégée ». La citation se trouve en page 144 du rapport disponible en ligne sur le site suivant : http://www4.culture.gouv.fr/actions/recherche/sdx/api-url/getatt?app=fr.culture.mrt.cultures_en_ville&base=refbiblio&db=refbiblio&id=attach/kellenberger.pdf&doc=refbiblio_b2c34b665758.

L'origine des controverses qui se développent dans l'espace public est double. D'une part, c'est l'univers incertain de la recherche scientifique et technique qui fait proliférer les objets de controverses (nanotechnologies, OGM...). C'est d'autre part la question environnementale qui traduit le retour d'une réalité environnementale récalcitrante, que les aménageurs avaient cru pouvoir externaliser. Ainsi, l'impressionnante crue du Var de 1994 - et la controverse environnementale qui s'ensuivit - marque l'entrée en force dans l'agglomération niçoise d'une forme d'environnement singulière, la nature seconde⁶. Depuis un siècle et demi, le Var n'a cessé de faire l'objet d'appropriations et de transformations diverses. Le fleuve artificialisé est si profondément transformé par l'action des aménageurs qu'il en est devenu méconnaissable et incontrôlable. Le fleuve artificialisé, cet hybride, ne fonctionne plus comme avant et les modèles de prévision des crues deviennent caducs. Nous sommes confrontés aux conséquences imprévues, non intentionnelles, non maîtrisées et menaçantes de nos actions qui nous reviennent sous la forme méconnaissable du risque. La controverse environnementale qui suivra la crue exprime cette montée des incertitudes. Nos sociétés modernes se sentent en rupture face à ce qu'elles ont fabriqué. La crise environnementale, les changements climatiques en sont une illustration frappante. Impacts, risques, menaces, insécurités marquent cette rupture et face à elle, notre perplexité à comprendre et à agir. L'espace public s'ouvre aux produits controversés des sciences et techniques et aux débats suscités par la question environnementale. Ce faisant, il se déstabilise. Les désaccords entre experts s'expriment au grand jour tandis que des débats publics s'ouvrent qui ne sont plus centrés sur le partage des connaissances mais sur l'exploration des incertitudes et/ou sur la mise en visibilité du risque.

Depuis les années 80 et 90 les contestations associatives en France sont caractérisées par l'importance croissante des enjeux d'expertise. On assiste alors à l'émergence d'une expertise associative qui permet aux associations de mieux lutter contre les politiques technocratiques, en particulier celle des transports. La stratégie associative de contre-expertise combat cette politique et les projets qui la constituent. Elle s'exerce sur le terrain de l'adversaire, par exemple le champ des transports là où réside son monopole d'expertise. Les associations mobilisées deviennent ainsi de véritables experts transports. Une autre stratégie réside dans le déplacement de l'expertise sur le terrain de l'environnement pour prendre à contre-pied les experts qui légitiment les politiques et les projets combattus. Une troisième stratégie, la saisie d'opportunités, s'appuie sur les différents impacts des projets combattus sur leurs territoires d'implantation. Chaque type d'impact permet de mobiliser des forces (riverains et personnes concernées) et fournit un registre d'argumentation utilisable contre le projet. La collection des lieux impactés permet l'addition des forces et la fabrication d'un argumentaire. Parmi les opportunités, le risque joue un rôle déterminant. L'utilisation du risque par les associations opère un *déplacement d'expertise*⁷ et permet de mieux justifier les recours auprès des tribunaux administratifs.

⁶ Cette nouvelle forme d'environnement est très paradoxale puisqu'elle est toute à la fois externalisée, instrumentalisée, artificialisée et incontrôlable.

⁷ Ainsi la crue du Var va justifier le recours à une expertise complémentaire pour évaluer les projets d'infrastructure de transport (A 58 et RN 202bis) : l'expertise hydraulique. Celle-ci est moins irréversible que l'expertise transport : il s'agirait plutôt d'un ensemble d'expertises partielles (hydrologie, modélisation hydraulique, sédimentologie, géomorphologie, écologie, aménagement, cyndinique, etc.) qui convergent ou s'affrontent sur les questions hydrauliques. Le *surcodage* (Sfez, 1981) qui résulte de la composition ou du conflit entre ces différentes rationalités disciplinaires introduit de l'aléatoire dans le processus de décision. Il déstabilise l'expertise transport et favorise les remises à plat des problématiques d'aménagement.

L'analyse de ces stratégies par les chercheurs et son instrumentalisation par l'administration ont donné lieu à la théorie des *forums hybrides* (Callon, Lascoumes, Barthe 2001) et aux pratiques qui s'en inspirent. Elle propose une stratégie de démocratisation qui s'appuie sur l'expansion du modèle de la recherche dans le champ politique et sur un espace public structuré par la mise en débat de la preuve scientifique. Les forums hybrides sont des espaces publics, des lieux de débat démocratique où les controverses (vache folle, stockage des déchets nucléaires, OGM, SIDA, etc.) s'expriment et sont prises en compte. Ce sont des forums car il s'agit d'espaces ouverts où des groupes peuvent se mobiliser pour débattre des choix technico-politiques ou scientifico-politiques controversés qui engagent la société. Hybrides car ces groupes impliqués dans la controverse sont hétérogènes : on y trouve à la fois des experts, des hommes politiques, des techniciens et des profanes qui s'estiment concernés. Hybrides également parce que les questions abordées et les problèmes soulevés s'inscrivent dans des registres variés qui vont de l'éthique à l'économie en passant par la physiologie, la physique atomique et l'électromagnétisme. Le pari démocratique des forums hybrides repose sur la fluidification de la preuve scientifique et de l'intérêt général par la mise en communication des incertitudes de l'arène politique et de l'arène scientifique et leur amplification par l'arène médiatique. Les experts profanes s'appuient sur la controverse pour « remettre en politique » les techniques et l'expertise. Pour Bruno Latour, il s'agit de « combler le fossé apparemment infranchissable séparant la science (chargée de comprendre la nature) et la politique (chargée de régler la vie sociale), séparation dont les conséquences - affaire du sang contaminé, de l'amiante, de la vache folle - deviennent de plus en plus catastrophiques »⁸. Nous reviendrons dans la seconde partie de cet article sur les controverses

3) Les mobilisations esthétiques et la réhabilitation de l'expérience habitante

Les changements en profondeur des territoires et environnements contemporains suscitent de nouvelles perspectives théoriques et nécessitent de nouveaux modèles d'intelligibilité pour en rendre compte. Parmi ceux-ci, on peut relever l'intérêt accru porté à l'environnement sensoriel des espaces habités. Les publications récentes en témoignent, qui mettent de plus en plus l'accent sur la perception, le paysage, les sensations, les atmosphères, les ambiances et autres termes se rapportant directement à l'expérience sensible ordinaire des habitants. Que l'on se propose d'articuler le sensible au social, mettre à jour les schèmes culturels de la perception, questionner à nouveau frais le rapport entre éthique et esthétique, ébaucher une histoire des sensibilités, rendre compte de l'espace vécu, concevoir l'architecture par les sens, il s'agit dans tous les cas de s'inscrire dans une problématique de l'expérience en accordant une attention toute particulière au registre sensible. Bref, tout un ensemble de pistes sont ouvertes, qui s'entrecroisent et se chevauchent pour développer au sens large du terme une écologie sensible du monde contemporain qui conforte la nouvelle importance du sensible, de l'esthétique et de l'environnement dans l'espace public, ce que j'appelle *l'esthétisation de l'espace public*.

L'esthétisation de l'espace public se traduit par un ensemble de transformations de l'action publique, de mobilisations et d'expérimentations : les interventions croissantes des artistes dans les espaces publics urbains et le développement des *mobilisations esthétiques*. Par ce terme, j'entends certaines mobilisations associatives qui peuvent être analysées sous le registre de l'engagement esthétique. Il s'agit des mobilisations associatives dans le champ de l'esthétique

⁸ Bruno Latour, *Politiques de la nature. Comment faire entrer les sciences en démocratie*, coll. Armillaire, La Découverte, 1999.

(paysage, quartiers urbains...) ou qui utilisent des critères esthétiques pour justifier leur action ou qui impliquent des acteurs de l'esthétique (artistes, paysagistes, architectes...) ⁹. Ce mouvement disparate regroupe des associations de défense du paysage et des mouvements urbains qui se battent pour promouvoir des milieux de vie urbains « riches ».

Dans ces mobilisations, les artistes ou plutôt les acteurs de l'esthétique (artistes, paysagistes architectes) viennent en appui des riverains. Quel est le rôle joué par l'esthétique et ses acteurs dans ces mobilisations ? Dans ces différentes expériences de collaboration, les acteurs de l'esthétique utilisent leurs savoir-faire pour *mettre en forme l'expérience des habitants* et des riverains afin de la rendre visible, de la légitimer et de restituer leur voix dans les mobilisations et les débats publics. Inversement, la capacité de mobilisation des acteurs de l'esthétique aux côtés des associations de quartier et leurs expérimentations au côté des habitants même les plus humbles nous informe sur la dimension profondément esthétique de la relation environnementale entre l'habitant et son milieu de vie. En effet, ce qui caractérise l'habitant, c'est la richesse et la diversité des liens qui le rattachent à son environnement. Ces relations à l'environnement constituent les « territoires de vie » (habitation, paysage, quartier urbain, lieu...) de l'habitant. Ces liens sont l'objet d'une forte implication personnelle. Ils font l'objet d'une expérience vécue. Cette expérience de l'habitant est à la fois sensorielle, sensible (elle intègre les émotions), imaginative (elle transfigure la réalité) et signifiante à la fois. Je qualifie cette expérience d'esthétique au sens étymologique du terme parce que pour les Grecs de l'Antiquité le terme *aisthêsis* signifie perception par les sens. Cette expérience de l'habitant est esthétique car elle décline les différentes significations du sens. Elle traduit l'appropriation de l'environnement par ses habitants.

Les mobilisations esthétiques constituent une expérimentation politique ¹⁰. Elle vise à promouvoir une conception sensible de l'environnement qui s'enracine dans l'expérience des habitants et révèle la force et la richesse des attaches qui les relie à leurs milieux de vie. Ainsi, la multiplication des « mobilisations esthétiques » serait le symptôme empirique de ce changement vers un espace public plus ouvert à ces dimensions. Un espace public non plus peuplé de « citoyens abstraits » mais « habité par des sujets situés, attachés et affectés Elle tente d'introduire le jugement esthétique comme un critère démocratique, non expert dans les débats publics. Elle utilise ainsi les formes d'énonciation et de représentation commune (paysage, ambiance, récit) comme des outils d'appréhension de ce qui nous lie à l'environnement et comme des ressorts d'action collective selon des modalités partagées collectivement.». Ainsi, l'intervention des artistes dans les nouveaux collectifs constitue une nouvelle modalité de respiration démocratique. Ces performances dans l'urbain expriment la reconquête d'une liberté

⁹ J'ai étudié plusieurs exemples de ces mobilisations esthétiques. L'écoartiste et paysagiste hollandais Jeroen Van Westen collecte des histoires d'habitants qui servent à confectionner un ruisseau. Les pincesaux des artistes expriment les émotions et la souffrance des riverains du Saint-Laurent dont les habitations sont menacées par l'érosion des berges du fleuve (source Anne Tricot). L'alliance entre les artistes activistes du collectif Sitesize et les associations de quartier dans les mobilisations urbaines barcelonaises permet d'imaginer une évolution des quartiers qui soit recevable par les habitants. Un collectif d'artiste montréalais, Dare-Dare, revivifie un quartier en déshérence par des œuvres « d'art relationnel » qui modifient les relations entre les habitants (source Suzanne Paquet). Ces exemples sont analysés dans l'article J. Lolive, « Quand les artistes collaborent avec les mouvements de riverains. Propositions pour une esthétique participative » in G. Mercier, S. Paquet (dir.), *Paysage : art, science et politique*, Québec, Presses de l'Université Laval, coll. Intercultures, (à paraître 2011).

¹⁰ Cf. Nathalie Blanc, Jacques Lolive « Politique des formes », *Nouveaux Actes Sémiotiques* (revue en ligne), mars 2008, disponible sur : <http://revues.unilim.fr/nas/document.php?id=2453>

politique qui réanime une politique « morte » (cristallisée dans les lois, les institutions, les équipements normatifs, l'architectonique urbaine et les lieux de mémoire) pour lui redonner une dimension expérimentale et pragmatique

4) L'amplification des mobilisations par l'Internet

Le développement d'Internet transforme profondément les caractéristiques traditionnelles de l'espace public telles qu'Habermas les avait notamment définies. Dans un récent ouvrage, le sociologue Dominique Cardon¹¹ analyse ainsi ces mutations : l'espace public traditionnel identifiait ce qui était visible et ce qui était public. Les journalistes sélectionnaient leurs interlocuteurs. Il s'agissait pour la plupart de citoyens éclairés et directement investis dans le débat politique. Du coup, seules les informations d'intérêt commun ou du moins validées comme telles étaient dignes d'être publiées. Internet permet un élargissement de l'accès à l'espace public. « Pour accueillir de nouveaux locuteurs, il a fallu en même temps enlever les barrières qui bloquaient l'accès à la parole publique et autoriser des manières de prendre la parole plus subjectives, plus personnelles et plus privées... avant, on filtrait avant de publier ; désormais, on publie et on filtre ensuite. Il suffit de procéder à cette inversion pour libérer les subjectivités et faire émerger des formes d'expression moins savantes comme la conversation, le bavardage, l'ironie, qui une fois rendues publics permettent de nouvelles formes de mises en relation, de plaisir, de mobilisation... ». Dominique Cardon trace ainsi les contours d'un « web en clair-obscur » qui mêle information et bavardage et brouille le clivage entre public et privé. Cette perspective d'une « démocratie décentralisée et désordonnée où la prise de parole de n'importe qui (« le quidam » écrit Dominique Cardon) peut prendre un poids important » favorise l'intervention active des citoyens dans la détermination des problèmes publics et pour leur inscription sur l'agenda des politiciens.

Différentes formes de mobilisations se prolongent en cybercommunautés ou bien prennent appui sur des cybercommunautés existantes. Ces mouvements sont « éclatés, diffus, fractionnés, périphériques ou spécialisés » selon les propres termes de Cardon. Parfois ils convergent et s'unifient : on reconnaît le rôle d'Internet dans les mobilisations du printemps arabe. Les analyses de cette convergence restent à faire. Pour notre part, nous prendrons un exemple moins spectaculaire et questionnerons ici le prolongement des mobilisations esthétiques. Comment des interventions artistiques parfois spectaculaire mais souvent ponctuelles contribuent-elles à revivifier l'espace public, à redonner une certaine plasticité aux formes urbaines figées afin qu'elles puissent être le support de relations ravivées entre citoyens ? La réponse de ce renouvellement de l'espace public se trouve sans doute en partie dans l'immixtion dans ce nouvel espace de sociabilité qu'est l'Internet. Les interventions des artistes circulent sur le Web. Quelle est la plus-value démocratique de la circulation sur Internet ?

Pour le comprendre, il me semble qu'il faut analyser les relations qui se tissent entre le cyberspace et l'espace public politique qui est à la fois espace de débat (analysé par Jürgen Habermas) et espace d'action politique (analysé par Hannah Arendt). Le cyberspace entretient

¹¹ Cf. Dominique Cardon, *La démocratie Internet : Promesses et limites*, Seuil, La république des idées, 2010 et <http://www.internetactu.net/2010/10/07/dominique-cardon-pourquoi-linternet-na-t-il-pas-change-la-politique/> et Marcello Vitali Rosati, L'ambiguïté politique d'Internet. Lecture de "La démocratie Internet : Promesses et limites" de Dominique Cardon (Seuil, La république des idées, 2010), in <http://sens-public.org/spip.php?article788>. Dans ce petit paragraphe, je reprends in extenso les analyses de Dominique Cardon et de son commentateur Rosati.

l'espace public politique il matérialise l'espace de débat et favorise l'activation du public qui se mobilise. D'une part, la circulation sur le web des débats publics mais aussi des images des performances et commentaires concernant les mobilisations. Comme toute fiction collective, l'existence de l'espace public est problématique. C'est un réseau qui suppose une circulation qui l'entretient, lui permet de continuer à exister tout en se renouvelant sans cesse¹². Tout comme le nouvel urbanisme est fondé sur la circulation sur le Web des images qui magnifient certains projets urbains exemplaires dans la concurrence entre métropoles ; les interventions, les performances des artistes urbains rétifs à ce nouvel ordre urbain circulent aussi énormément sous forme d'images sur le Web, de photographies d'amateurs et de commentaires émanant des artistes eux-mêmes, de critiques d'art ou de chercheurs des sciences humaines et sociales. Ces images-récits ont une double efficacité, iconique¹³ et discursive. Ils exemplifient les actions des artistes. Ils alimentent l'imaginaire des habitants et les propositions alternatives concernant l'espace public (le lieu de la mise en visibilité). Ils fournissent soit une sorte d'ouverture imaginaire des lieux (« aura » poétique) soit des modes d'emploi pour des recompositions urbaines (projets urbains) soit des propositions ébauchant des modèles de justice (« cités ») afin de guider les recompositions des mondes urbains. Ces trois mises en perspective, aura, projet ou cité, se distinguent par l'intensité de la poétisation, de la fonctionnalité et de la politisation que recèlent les récits. La contribution des artistes réside dans ces trois mises en perspective, l'efficacité des actions des artistes « résistants » se concentre dans la production d'aura poétique et de proposition alternatives de vivre ensemble. D'autre part, selon les termes de Bruno Latour, le cyberspace *matérialise les choses immatérielles* comme par exemple les fictions collectives (nation, démocratie, cités...) produites et étudiées par la science politique. « Le web rematérialise des choses qui étaient virtuelles : on peut suivre, maintenant, des appartenances, des échanges d'arguments, on peut rendre traçables des choses qui ne l'étaient pas, et donc se reposer la question de savoir ce qu'est le fait d'avoir une position politique, de prendre position. ». Enfin, le cyberspace participe à *l'activation de l'espace public*. La philosophe Joëlle Zask analyse ce rôle d'Internet dans la publicisation à la lumière des analyses de John Dewey¹⁴. Elle décrit le rôle irremplaçable d'Internet dans « la propagation des moyens, grâce auxquels un public passif peut devenir actif¹⁵ ».

¹² Nous nous sommes inspirés pour notre réflexion d'un exposé de Bruno Latour, « le territoire de la carte. L'espace à l'âge de la navigation numérique » au séminaire MéThéo (méthode et théorie de la géo-économie territoriale) animé par des doctorants de PACTE, le 12 juin 2009, Cermosem, domaine Olivier de Serres, Mirabel (07). Nous avons transposé à l'espace public la réflexion de Latour qui portait sur l'espace vu de Google Earth.

¹³ Le fonctionnement des images présente des caractéristiques spécifiques. Cette modalité de stabilisation des actions politiques éphémères (Arendt) *lisse* l'action auquel elle se réfère. Elle exemplarise, décontextualise et désingularise. Comme le dit l'historienne d'art québécoise Suzanne Paquet qui mène une recherche sur cette circulation des images dans le cyberspace, « Pour cette fonction là l'image n'a pas besoin de discours d'accompagnement. On doit considérer l'image tout uniment et vite, sans récit ! ».

¹⁴ John Dewey, *Le public et ses problèmes* (1927), Pau, Presses de l'Université de Pau, et Tours, Léo Scheer/Farrago, 2003.

¹⁵ Joëlle Zask, « L'Internet, une invitation à repenser la distinction entre public et privé », *Sens public*, n°7-8, octobre 2008, p. 145-159. Parmi ces moyens, Joëlle Zask cite notamment l'existence d'une masse de données considérables qui permettent la réalisation d'enquêtes concernant les dynamiques sociales.

Pour conclure, nous partageons le diagnostic de Patrick Plante : « la cybercitoyenneté ne vient pas remplacer la citoyenneté, elle vient, croyons-nous, l'augmenter en puissance »¹⁶.

Après avoir présenté les principales caractéristiques des nouvelles citoyennetés émergentes analysées selon des méthodologies et des savoir-faire qualitatifs propres aux sciences sociales, nous allons exposer les enjeux qui motivent notre collaboration avec un mathématicien. L'enjeu principal est théorique : comment formaliser des recherches qualitatives ? Il s'agira notamment de modéliser les controverses au lieu de les décrire et d'analyser la diffusion quantitative des débats publics sur le Web et la dynamique des cybercommunautés dont ils esquissent les contours. Le second enjeu est pédagogique : peut-on concevoir des représentations des analyses sociologiques précédentes qui facilitent leur appropriation par les populations concernées ? Nous suggérons quelques pistes de collaboration : proposer des représentations graphiques des analyses de controverses susceptibles de favoriser la participation et l'activation des publics concernés ; inventer des représentations des attaches habitantes qui révèlent leur fort ancrage dans des milieux de vie et légitiment la prise en compte des enjeux de riveraineté par les politiques publiques. C'est un chantier de collaboration de longue haleine. Dans le cadre de cet article, nous nous contenterons de présenter une des possibilités de collaboration autour de la modélisation des réseaux basée sur la théorie des graphes bipartis

II. Réseaux sociaux bipartis : Modélisation et formalisation

1) Modélisation

La modélisation des réseaux sociaux se base principalement sur la théorie des graphes¹⁷. (Berge 1958). Parmi les premières approches en sociologie on peut citer Flament, 1963 ; Harary et al 1965 et plus récemment Alain Degène et Michel Forsé 2004. Les réseaux sociaux sont souvent (modélisés par) des « grands graphes ». Ils comptent un très grand nombre de nœuds (sommets) interconnectés par un grand nombre de liens (arrêtes ou arcs). A titre d'exemples on peut citer les réseaux d'échange et de communication (messagerie, chats et autres blogs), les réseaux de collaboration (scientifique, économique etc.). Explorer systématiquement de tels réseaux s'avère impossible de part leur taille et leur évolution temporelle. Des liens et des nœuds apparaissent et disparaissent sous l'effet de causes multiples. Les études et recherches de ces dernières années ont mis en évidence une structure macroscopique de ces réseaux que l'on qualifie de « graphes de terrain » (complex networks ou real-world graph). Cette structure se caractérise par :

- Une faible densité¹⁸

¹⁶ Patrick Plante, « L'éthique hacker, un modèle pour la citoyenneté ? », intervention à la 2nd International Conference on Imagination and Education, Vancouver, BC, July 15, 2004. Le texte de l'intervention est disponible en ligne sur le site suivant : http://www.ierng.net/confs/2004/Proceedings/Plante_Patrick.pdf

¹⁷ « Un nouveau langage s'est formé grâce auquel les spécialistes des réseaux peuvent communiquer de façon précise et concise » (Lemieux, 1999)

¹⁸ La *densité* d'un réseau est définie par le rapport du nombre de liens du réseau au nombre total de liens qu'il peut comporter. (Réseau complet). Ainsi dans un graphe simple à n sommets le nombre total d'arrêtes du graphe

simple complet de même ordre n est $\frac{n(n-1)}{2}$ et la densité d vaut $\delta = \frac{2p}{n(n-1)}$ où p est la taille du graphe (son

nombre d'arrêtes). Dans la plupart des graphes de terrains le nombre de liens est une fonction linéaire du nombre

- Un faible diamètre ainsi qu'une petite distance moyenne¹⁹
- Une forte densité locale (coefficient de clustering ou clusterisation)²⁰
- Une distribution des degrés en loi de puissance²¹.

Plusieurs modèles de graphes ont été proposés pour étudier les graphes de terrain.

Le modèle le plus ancien étant celui de Erdos-Rényi (ER 1959). Etant donné un entier naturel n , on construit un graphe aléatoire en tirant par simulation d'une loi donnée p paires de sommets qui seront interconnectés. Dans ce modèle la distance moyenne se comporte bien en $\log n$ (n ordre du

graphe) mais la distribution des degrés suit une loi de Poisson $\left(P(k) = e^{-\lambda} \frac{\lambda^k}{k!} \right)$. En résulte une

stabilisation très rapide des degrés autour du degré moyen. Ce modèle est peu adapté aux grands graphes de terrain.

Le modèle de Watts et Strogatz (WS 1998) permet d'obtenir un fort coefficient de clusterisation mais au détriment de la distance moyenne qui sera élevée. Il améliore le modèle précédent mais ne permet pas d'avoir une distribution des sommets en loi de puissance.

Le modèle d'Albert et Barabasi (AB 1999) est basé sur *l'attachement préférentiel* : un nouveau sommet aura une plus forte probabilité de se connecter à un sommet ayant un fort degré qu'avec un sommet de degré plus petit. Ce modèle réalise une distribution des degrés selon une loi de puissance et une distance moyenne faible, mais ceci au détriment d'un coefficient de clusterisation faible.

Le modèle de Guillaume et Latapy (GL 2004) est basé sur la structure de graphes bipartis²². Il répond aux caractéristiques principales des graphes de terrain. Guillaume et Latapy proposent deux variantes :

de nœuds ($p=hn$) où h est le degré moyen. h étant indépendant de l'ordre du graphe alors la densité est faible et tend vers zéro quand n augmente.

¹⁹ Le *diamètre* d'un réseau est donné par la longueur du plus long géodésique. La *distance moyenne* se définit comme étant la moyenne arithmétique des distances entre couples de sommets. Depuis les travaux de Stanley Milgram (« six degrés de séparation » et « théorie des petits mondes ») il est bien connu qu'une faible distance moyenne est l'une des caractéristiques des graphes de terrain. Plus précisément cette distance moyenne se comporte comme le logarithme de l'ordre du graphe.

²⁰ Le *coefficient de clusterisation* caractérise la densité du voisinage d'un sommet s composé de v ($v \geq 2$) voisins. Plusieurs définitions du coefficient de clusterisation ont été proposées. On retiendra celle de Watts-Strogatz

1998 : $C = \frac{2k}{v(v-1)}$ où k est le nombre de liens entre les voisins de s . C caractérise la densité locale dans le

voisinage de s . Plus ce coefficient est grand plus il y a de liens entre les voisins de s . On dispose ainsi d'une mesure de la probabilité que deux voisins de s soient interconnectés. (Par exemple calculer la probabilité que deux amis d'une même personne soient elles-mêmes amies).

²¹ Etant donné un entier naturel d , on cherche tous les sommets du graphe de degré d . Pour les graphes de terrain (réseaux sociaux) ces sommets se distribuent selon une loi de puissance : $P(\text{degré de } s=d) = Cd^{-a}$ où C est une constante de normalisation et a (un réel > 1) caractérise la vitesse de décroissance. En effet la probabilité de trouver des sommets de degrés de plus en plus élevés diminue avec a . Contrairement à certaines autres loi de distribution des sommets d'un graphe (loi de Poisson, loi exponentielle etc.) la loi de puissance n'a pas une échelle « naturelle ». On dit que les graphes de terrain sont *sans échelle typique* (scale-free).

- Un graphe biparti aléatoire où les degrés sont engendrés selon une loi donnée. Les couples de sommets sont alors choisis aléatoirement tout en assurant le degré de chacun.
- Un graphe biparti engendré selon la méthode de l'attachement préférentiel. Seuls les sommets de X (ou Y) sont fixés avec des degrés tirés selon une loi en puissance. On les relie aux sommets de Y (ou X) selon la méthode évoquée plus haut.

Le tableau suivant récapitule un résumé comparatif des différents modèles.

Modèle	Densité	Distance moyenne	Distribution des degrés	Coefficient de clusterisation
ER	oui	oui	non	non
WS	oui	oui	non	oui
AB	oui	oui	oui	non
GL	oui	oui	oui	oui

La plupart des modèles assignent un statut identique à tous les sommets et un autre pour tous les liens. Différentes pondérations appliquées à ces sommets et liens relativisent leurs importances mais ne changent pas la nature du statut. Par exemple un réseau de collaboration scientifique où les sommets représentent les chercheurs et les liens la relation de collaboration entre paire de chercheurs, on peut pondérer les liens par le nombre de publications ou d'autres indicateurs créant ainsi une mesure de l'importance de cette collaboration. Ce modèle s'avère inopérant ou du moins insuffisant si l'on s'intéresse aux différentes communautés scientifiques selon les thèmes étudiés. De même l'évolution dans le temps du réseau est peu appréhendable par ce modèle. Si l'on prend l'exemple des controverses évoquées dans le premier chapitre, ce modèle est inadapté pour les mêmes raisons. Un des enjeux essentiels de la modélisation est de restituer l'hétérogénéité de la controverse L'hétérogénéité concerne les acteurs humains impliqués dans les controverses : scientifiques ou experts, élus, associations, simples citoyens. Mais l'originalité des controverses réside dans les non-humains (procédures, littérature grise, « entités naturelles », artefacts etc.) les actants²³ qui jouent un rôle dans l'action, formatent, contraignent ou permettent l'action des humains. La modélisation doit également restituer la dynamique et les transformations radicales et imprévisibles de la controverse²⁴.

²² Voir Partie : Formalisation

²³ Pour Latour, la notion d'actant s'inscrit dans le projet d'analyse symétrique des actions et déterminations, que les actants - en tant qu'êtres ou que choses - entraînent par leurs inscriptions dans des situations, par leurs participations au procès. Un actant se définit par sa faculté à agir à avoir un poids, une intensité dans le déroulement de l'action. Il peut s'agir aussi bien d'acteurs que d'organisations, d'objets ou d'entités métaphysiques. La notion d'actant permet ainsi à la sociologie de réconcilier les humains et les non-humains en une seule et même entité. Cette notion provient de l'analyse sémiologique, notamment les travaux de Lucien Tesnière et d'Algirdas Julien Greimas.

²⁴ Par exemple, c'est la mort subite d'un chauffeur d'un camion à Lanvollon (Côtes-d'Armor) le 22 juillet 2009 après avoir déchargé des algues vertes dans l'unité de compostage de Launay-Lantic qui va reconfigurer totalement la controverse environnementale que nous étudions à Guissény (Côtes d'Armor). La première forme de la controverse s'était installée après la tempête spectaculaire Johanna du 10 mars 2008 et se déployait principalement autour de l'ancien polder urbanisé du Curnic menacé de submersion marine par l'érosion de la dune et le manque d'entretien de la digue protectrice. C'est désormais la marée verte qui devient l'enjeu

Une autre approche consiste à envisager un réseau où l'ensemble des sommets est partitionné en deux sous-ensembles disjoints de sommets ayant des statuts particuliers. L'ensemble des chercheurs d'un côté et l'ensemble des thèmes d'étude de l'autre. Les liens connectent les chercheurs à leurs thèmes de recherche et seront pondérés par la mesure du degré accordé à ces thèmes. Ces derniers peuvent être aussi relativisés par leur rôle socio-économique, politique ou autre. La dynamique temporelle du réseau se traduira par la modification des différentes pondérations mais aussi par l'apparition et la disparition de sommets et de liens. Et ceci sous l'influence de causes diverses telles que les décisions politiques en termes d'orientation scientifique. Ce modèle, basé sur une structure de graphes bipartis, convient à de nombreuses situations. Dans le cadre des réflexions sur l'élargissement du public on peut citer quelques exemples :

- Les réseaux « Fan-Star » des relations qui se tissent entre les groupes de citoyens ou d'habitants et les artistes. Un ensemble de citoyens connectés à certains artistes. Les liens se créent, changent ou disparaissent, modifiant ainsi les rapports à l'art et à l'esthétique. Le développement de ces relations traduit une transformation pragmatique de l'esthétique qui dépasse les références aux paysages et aux œuvres d'art pour accorder une place privilégiée à l'expérience esthétique de la nature et des environnements quotidiens. Elle se diffuse dans la cité et tend à rapprocher les habitants et les artistes.
- Les réseaux « Controverse » où un ensemble de sommets représente les acteurs et un autre les actants. Les liens reliant les premiers aux seconds se modifient sous l'action d'événements parfois rares et imprévisibles²⁵ qui reconfigurent profondément la controverse et son réseau. Les graphes permettent de mettre en forme les controverses : les flux d'information, les liens hypertexte constituent les marqueurs des relations entre les acteurs et les actants de la controverse. Ils visualisent des « paysages argumentatifs » composés d'acteurs d'actants et d'arguments.
- Les cyberespaces et cybercommunautés dont l'émergence et l'évolution quasi-instantanées modifient profondément le rapport de l'espace public au temps. Les débats, les mobilisations et les prises de décision sont confrontés à une nouvelle dimension temporelle. Ils s'inscrivent et se matérialisent sur le Web ou l'on peut désormais « les suivre à la trace ». Ils sont profondément transformés et stimulés par l'énorme masse de données accessibles, par l'élargissement du public connecté et la circulation accélérée des arguments et des images.

2) Formalisation

Un graphe G est la donnée de deux ensembles S et A (finis et non vides !). S est l'ensemble des sommets et A l'ensemble des arêtes. Une arête relie deux sommets qui seront ses extrémités. Si on donne un sens à la liaison (flèche) l'arête s'appelle arc et l'on distingue l'extrémité initiale et l'extrémité finale. Dans ce cas le graphe est dit orienté. On peut envisager une arc (ou une arête) dont les deux extrémités sont confondues, on parle alors de boucle. Souvent on s'intéresse aux graphes sans boucle. Il s'agit alors de graphes simples ou de digraphes (pour les graphes orientés). Si entre deux sommets existent plus d'un arc (arêtes) on parle de multigraphe. Il peut

environnemental central et associe de nouvelles composantes au réseau initial : les éleveurs bretons du bassin versant, le risque sur la santé des promeneurs et la propreté de la plage emblématique du Vougot.

²⁵ Cf. les deux événements, la tempête Johanna et la mort du chauffeur de camion, évoqués dans la note précédente.

aussi arriver qu'un arc (une arête) soit pondéré, on parle alors de graphe valué. Le degré d'un sommet est égal au nombre d'arêtes incidentes à ce sommet. Dans le cas d'un arc on distingue les demi-degrés intérieurs et extérieurs. L'ensemble des sommets reliés par un arc (une arête) à un sommet constituent les voisins de ce sommet. On note $V_G(s)$ l'ensemble des voisins de s . De façon évidente dans le cas d'un graphe simple le degré d'un sommet est égal au nombre de ses voisins. En retirant un ou plusieurs sommets ainsi que les arêtes incidentes à ces sommets, le graphe restant est appelé sous-graphe. Un graphe est complet si deux sommets quelconques sont toujours voisins. Une clique est un sous-graphe complet. Une chaîne entre deux sommets s et s' est une suite d'arêtes deux à deux adjacentes reliant s et s' . Si le graphe est orienté on parle de chemin. Si s et s' sont confondus on parle de cycle ou de circuit dans le cas d'un graphe orienté. La longueur d'une chaîne (chemin) est égale au nombre d'arêtes (d'arcs) qui la constituent. Un graphe simple est connexe si entre deux sommets quelconques existe toujours une chaîne. Dans le cas des graphes orientés on distingue la connexité forte et la connexité faible selon que le chemin respecte ou non le sens des arcs.

La distance entre deux sommets d'un graphe simple G (connexe !) est égale à la longueur de la plus courte chaîne entre ces deux sommets. Une telle plus courte chaîne est appelée géodésique. Le diamètre d'un graphe est la longueur du plus long géodésique. L'excentricité d'un sommet est égale à sa distance au sommet le plus loin. La densité d'un graphe est égale au rapport entre le nombre de ses arêtes et celui du graphe complet de mêmes sommets. Le degré de G est le degré maximum de ses sommets. La proximité d'un sommet est mesurée par la moyenne des distances aux autres sommets.

On appelle bipartition de $G=(S,A)$ la donnée d'une partition de S (ensemble des sommets) en deux sous-ensembles X et Y telle que toute arête de G a l'une de ses extrémités dans X et l'autre dans Y . Si G admet une bipartition on dit qu'il est biparti.

A tout graphe biparti on peut associer par projection deux graphes ordinaires (appelés dorénavant graphes unimodaux par opposition à biparti).

La projection sur X donne le graphe unimodal

$$G_X^p = (S_p, A_p) \quad \text{où } S_p \subset S \quad \text{et } A_p = \{(u, v) \in X^2 \text{ tq } |V_G(u) \cap V_G(v)| \geq p\}$$

La projection sur Y donne le graphe unimodal

$$G_Y^q = (S_q, A_q) \quad \text{où } S_q \subset S \quad \text{et } A_q = \{(u, v) \in Y^2 \text{ tq } |V_G(u) \cap V_G(v)| \geq q\}$$

Autrement dit deux sommets de X sont connectés s'ils ont au moins p liens avec les mêmes sommets de Y . On a la même interprétation pour le deuxième graphe unimodal. Dans le cas particulier $p=1$ (ou $q=1$) on retrouve les projections de Guillaume et Latapy.

Une telle modélisation des réseaux sociaux permet trois types d'analyses :

- Une analyse locale : basée sur des considérations topologiques (centralité, intermédiation etc.)
- Une analyse structurelle : basée sur des concepts communautaires (classification, partitionnement etc.)
- Une analyse dynamique : basée sur des mécanismes d'évolutions (souvent temporelles) du réseau (transformations du réseau, prédiction ? etc.)

Pour ce dernier point on considère en réalité une suite de réseaux bipartis. D'un temps t à un temps $t+1$ un réseau social peut évoluer. On obtient une suite (temporelle) de réseaux sociaux que l'on qualifie de dynamiques : $R_1, R_2, R_3, \dots, R_T$. On gère la dynamique d'une part en recalculant les nouvelles pondérations et d'autre part en mettant à jour les liens après disparition et naissance éventuelle. Le tout en gérant par simulation la réalisation d'événements exogènes agissant sur le système.

A travers cet article, nous voulions montrer que pour pouvoir appréhender dans toute son ampleur l'élargissement multiforme de la citoyenneté auquel l'on assiste actuellement, il nous fallait élargir également nos outils d'analyse. La coopération entre la recherche en sciences sociales et la recherche mathématique nous semble être une des voies qu'il faut explorer pour cela.

Bibliographie

- R. ALBERT et A.-L. BARABASI, Statistical mechanics of complex networks. *Reviews of Modern Physics*, 74, 47, 2002
- R. ALBERT et A.-L. BARABASI, Emergence of scaling in random networks. *Science*, 286:509-512, 47, 1999
- R. ALBERT et A.-L. BARABASI, Diameter of the world wide web. *Nature*, 401:130-131, 47, 1999
- R. COHEN, D. BEN AVRAHAM, et S. HAVLIN *Handbook of graphs and networks*, chapter 4: Structural properties of scale free networks. Wiley-VCH, 2002
- P. ERDOS, A. RENYI, «On Random Graphs », *Publicatones Mathematicae* 1959, n°6 p. 290-297
- Jean-Loup GUILLAUME et Matthieu LATAPY. Bipartite structure of all complex networks. *Information Processing Letters (IPL)*,90(5):215-221, 2004
- S. MILGRAM. The small world problem. *Psychologie today (IPL)*,1:61-67, 1967
- M.E.J NEWMAN, D.J. WATTS, et S.H. STROGATZ Random graph models of social networks. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA*, 99(Suppl. 1):2566-2572, 2002
- D.J. WATTS, et S.H. STROGATZ Collective dynamics of small-world networks. *Nature*, 393:440-442, 1998