

RÉSEAUX (Philosophie de l'organisation)

Article écrit par Gabriel DUPUY

Prise de vue

Plus que d'autres langues qui possèdent un terme analogue (*Netz* en allemand, *network* en anglais, *red* en espagnol...), le français moderne utilise abondamment le mot réseau. À quelques bonnes raisons historiques s'ajoute peut-être aujourd'hui un effet de modernité. Pourtant, tout n'est pas affaire de sentiment ou de mode. À Paris comme à Atlanta, à Francfort comme à Madrid, on parle bien de la même chose lorsqu'il est question de réseau de télécommunications, de réseau d'autoroutes, de réseau d'ordinateurs ou même de firmes-réseaux mondiales. La notion commune devient concept opératoire pour des techniques et des disciplines scientifiques de pointe, et le statut du réseau est conforté dans l'ordre de la pratique et de la connaissance. Il faut aujourd'hui comprendre ce qu'est un réseau.

I-Du filet au réseau sanguin

Pourquoi et comment le terme « réseau » qui pendant près de vingt siècles a désigné un filet, un ouvrage formé d'un entrelacement régulier de fils ou de ficelles a-t-il échappé à son acception textile pour pénétrer les rubriques des dictionnaires telles l'anatomie, la physique, l'électricité, la thermodynamique, l'informatique, la géographie, la sociologie ? Telle est la question à laquelle on va tenter de répondre à partir d'éléments bibliographiques malheureusement trop rares et disparates.

Réseau provient étymologiquement du latin *retis* (filet). En témoigne encore aujourd'hui l'adjectif réticulaire. À travers une longue filiation composée de rets, de résel (XII^e s.), de réseuil (XV^e s.) et de réseul (XVI^e s.), on parvient à réseau (XVII^e siècle, dictionnaire de Furetière) sans que le sens ait été altéré. Si le filet de l'Antiquité, composé de fils régulièrement entrelacés, servait à capturer certains animaux, le résel, le réseuil et le réseul (celui-ci désignant... un soutien-gorge) restent des tissus à mailles larges, et le réseau du XVII^e siècle est toujours un maillage textile.

À partir du XVIII^e siècle, progressivement, la médecine s'empare métaphoriquement du réseau, d'abord pour décrire puis pour rendre compte du fonctionnement de l'organisme humain. Diderot nous rappelle que le corps se compose de multiples fils jetés de l'intérieur vers des points de sa surface constituant un « réseau qui se forme, s'accroît, s'étend ». Bichat qui perçoit les organes constitués de tissus et Magendie qui découvre l'existence du système nerveux confortent, au début du XIX^e siècle, le concept de réseau en médecine. Parallèlement, depuis le début du XVII^e siècle, on a pu mettre en évidence la circulation sanguine. Harvey a compris que dans le corps humain le sang circule, c'est-à-dire a un mouvement circulaire. La connaissance de cette circulation dans les artères, les veines, les vaisseaux, les tissus s'affine à la fois dans les progrès de l'anatomie et dans ceux de la mécanique des fluides. Descartes dans son *Traité de l'homme* décrit bien la morphologie du réseau sanguin telle qu'on la connaît au milieu du XVII^e siècle. Plus tard, Poiseuille, polytechnicien et docteur en médecine, construit un réseau de petits tubes dans lesquels il fait circuler de l'eau, simulant le fonctionnement du réseau sanguin pour étudier les « causes du mouvement du sang dans les vaisseaux capillaires » (1828).

Dans la première moitié du XIX^e siècle s'affermirait donc un concept de réseau appliqué à l'analyse de l'organisme humain. Empruntant pour la topologie à la définition textile originelle, il la complète par la dimension circulatoire. Non seulement le corps est tissu, filet reliant différents éléments en un tout, mais il est aussi et en même temps irrigué par un flux circulatoire. Le réseau est à la fois ensemble de liens et machine circulatoire au service de la vie du corps de l'homme.

II-Postes, routes et fortifications : à l'origine des réseaux nationaux

L'anatomie et la médecine françaises ont entrevu dès le XVIII^e siècle l'intérêt du concept de réseau. À vrai dire, sans que le mot fût employé, un authentique réseau innervait déjà depuis bien longtemps le « corps » national français. La poste, dont le principe était déjà mis en œuvre par les Celtes, fut très tôt, en tout cas dès le XV^e siècle, organisée comme un réseau étendu à l'ensemble du territoire national. Soigneusement réglementé, accéléré sous Louis XI par la multiplication des relais, le système est de plus en plus performant et de plus en plus utilisé. Au moment de la Révolution française, le service est tout à fait remarquable pour les conditions de l'époque. Que l'on songe à la centaine de grands courriers quittant chaque jour Paris pour rejoindre Brest, Bordeaux ou Toulouse en moins de sept jours ! Que l'on songe qu'à la même époque tout habitant de la campagne se trouve à moins d'une demi-journée de marche d'un point de communication où il

pour résister aux attaques de l'ennemi. Un autre ingénieur militaire, Fourcroy, complète quelques années plus tard le dispositif par un ensemble de liaisons souterraines entre les places, ensemble fortement hiérarchisé et codifié. Mais ce modèle géométrique, qui sera enseigné dès sa création par l'École du génie de Mézières, reste fermé. Il possède certes un caractère organisé et systématique, mais on ne le voit guère capable de s'étendre, de changer l'échelle, à l'image d'un réseau. C'est sans doute pourquoi la métaphore n'opérera pas de suite dans ce domaine, non plus que dans le domaine routier, à la différence de la médecine. Il faudra attendre les Cent Jours pour qu'apparaissent des projets d'articulation du système des fortifications avec les routes et les canaux au niveau du territoire national. Dès lors, fortifications, routes, canaux, galeries souterraines seront combinés pour former un dispositif complexe de défense du territoire, dispositif dans lequel on n'hésitera plus à voir un réseau.

III-Les réseaux d'eau et d'assainissement, premiers réseaux urbains

Est-ce parce que les services de l'eau potable et de l'assainissement impliquent le mouvement de fluides ? Est-ce parce que des rapprochements scientifiques eurent lieu très tôt entre l'étude de la circulation sanguine et celle des flux hydrauliques ? Toujours est-il que l'histoire fait mûrir le concept de réseau un peu plus rapidement chez les ingénieurs hydrauliciens que chez les ingénieurs routiers ou militaires.

Initialement, pourtant, on traite non de réseau mais de « lignes » d'eau ou de « lignes » d'égout. La ligne d'eau apporte le liquide pur depuis sa source jusqu'à la fontaine. La ligne d'égout évacue les eaux pluviales souillées des déchets de la rue vers la rivière. Ce principe consistant à considérer des lignes est largement dominant à la fin du XVIII^e siècle lorsqu'on commence à se soucier sérieusement de la salubrité des villes. Il ne faudra qu'une cinquantaine d'années pour qu'adoptent le terme (et le concept) de réseau ceux qui doivent assurer aux grandes villes de l'époque le service des eaux et des égouts.

Sans entrer dans le détail d'une histoire qui commence à être mieux connue, on peut dessiner à grands traits cette évolution.

Pour l'eau, il y eut d'abord la nécessité de délivrer l'eau potable dans les différents quartiers, donc de subdiviser le débit provenant de la source tout en assurant la pression nécessaire aux différents points de distribution. Le principe adopté est alors, schématiquement, celui de la distribution en arbre : conduites principales, secondaires... Mais l'utilisation de plusieurs sources d'alimentation et les problèmes d'équilibrage obligent à tempérer ce principe par un minimum de mise en relation des racines, des branches entre elles, conduisant à un maillage du « réseau » qui devra être pris en compte pour le dimensionnement des canalisations.

Pour les égouts, les préoccupations de nettoyage hydraulique des rues amènent à combiner les lignes d'égout pour les adapter au maillage viaire. En même temps, toujours pour le dimensionnement des nouveaux égouts à construire, les ingénieurs devront travailler à l'échelle du bassin versant, unité hydrologiquement pertinente, que l'on devra considérer comme desservie par un ensemble de lignes d'égout connectées entre elles. Là encore, la figure dominante est celle de l'arbre, de l'égout secondaire au collecteur principal puis à l'émissaire, mais des liaisons transversales, des collecteurs de ceinture viennent mailler le système et renforcer sa topologie de réseau.

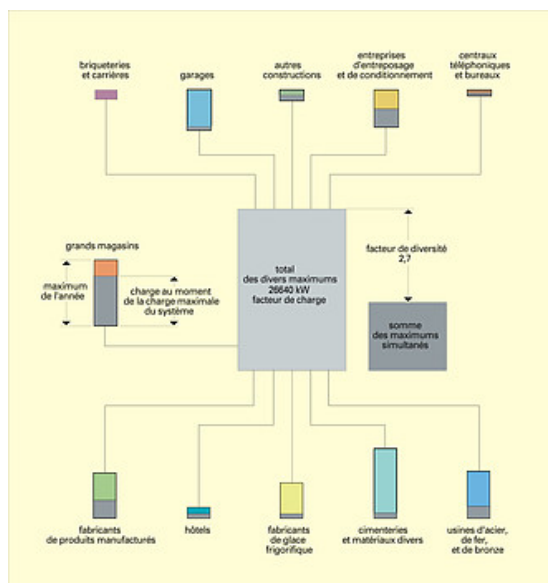
IV-La pensée saint-simonienne et les réseaux

En dépit de ces quelques succès, lents et limités, chez les médecins et les ingénieurs territoriaux, en dépit de la préexistence d'un véritable réseau national – le réseau postal –, la métaphore réticulaire n'aurait probablement pas poursuivi ses conquêtes si elle n'avait été à partir de 1830 au cœur de la pensée de l'école saint-simonienne. Il semble bien que, chez le maître lui-même, la vision organiciste du réseau ait été

particulièrement féconde. Le double principe de la multiplicité des relations et de la circulation génère les idées et les projets les plus grandioses. A priori, tout peut être mis en relation avec tout et engendrer un mouvement de circulation des personnes, des biens, des capitaux, des idées, du savoir. Ce principe s'accompagne d'ailleurs chez Saint-Simon d'une pensée originale sur la contradiction entre solide et fluide. La contradiction tient au fait que l'organisation implique une certaine solidité alors que la fluidité est nécessaire à la vie, à ses changements incessants. Elle trouve sa résolution dans une circulation (fluide) à travers des tuyaux, des tubes, des canaux, des vaisseaux, caractéristiques d'une structure solide.

On comprend mieux ainsi la mobilisation des disciples de Saint-Simon, Enfantin, Lainé, Clapeyron, Flachat et surtout Chevalier pour la promotion des réseaux : réseaux bancaires et financiers, routes, canaux, lignes maritimes, chemins de fer. Le réseau n'est plus ici seulement un concept opératoire, il est le vecteur d'une philosophie et même d'une mystique de la communication généralisée. Entre la dimension topologique originelle, issue du textile, et la dimension circulatoire, agrégée par la médecine au début du XIX^e siècle, la dernière se trouve majorée (encore que Michel Chevalier donnât toute son importance à la connexion). En même temps, le terme acquiert une charge positive : le réseau signifie désormais plus que tout libre circulation et libre communication, et il est réputé préférable au non-réseau. D'ailleurs, le réseau devient l'instrument du bien collectif. Système de communication généralisée fondé sur la connexité organisée, il sera la nouvelle utopie mobilisatrice du planificateur social.

Cette tradition française pourrait expliquer le statut particulier du terme réseau dans notre langue par rapport à son homologue anglo-saxon *network*, par exemple. Pourtant, n'est-ce pas encore une lointaine influence saint-simonienne qui, outre-Atlantique, guide des précurseurs pour la conception de nouveaux réseaux dans les villes américaines à partir des années 1840 ? Au milieu du XIX^e siècle, W. F. Channing, inspiré par le modèle du système nerveux, utilise le télégraphe pour organiser à Boston un réseau d'alarme anti-incendie. Un peu plus tard, à Chicago, Samuel Insull fournira au « corps » urbain l'énergie qu'il réclame en réalisant un remarquable système de production-distribution de l'électricité fonctionnant déjà comme un véritable réseau.



Électricité : complémentarité des besoins

Samuel Insull, créateur du réseau d'électricité de Chicago au début du XX^e siècle, avait compris que le réseau ne pouvait être efficace, donc rentable, que s'il reliait dans le temps et dans l'espace une demande et une offre diversifiées : plusieurs centrales substituables du côté de la production ; des usages complémentaires du côté de la consommation ... (Encyclopædia Universalis France)

V-La science des réseaux au XX^e siècle : de l'électricité à l'informatique

Hors des domaines précités, champs historiques d'application du concept de plus en plus larges (par exemple, on passe aisément des réseaux de chemins de fer aux réseaux de tramways et aux réseaux d'autobus, des réseaux d'eau aux réseaux de gaz, d'éclairage public, d'air comprimé, de chauffage urbain, etc.), on peut citer des secteurs de connaissance plus particuliers où le concept du réseau s'est avéré ou

s'avère utile. Dans certains cas, l'utilisation du mot réseau relève principalement de l'acception morphologique. Les réseaux de diffraction désignent des dispositifs comportant des lignes régulièrement espacées de façon à produire des effets de diffraction de la lumière ou d'ondes électromagnétiques. Les réseaux cristallins fournissent une typologie raisonnée de la disposition des ions ou des atomes à l'intérieur de certains corps cristallisés.

Dans d'autres cas, la définition combine l'agencement topologique et une notion de circulation. En général, on peut alors déceler une filiation du concept de réseau à partir de l'utilisation médicale et/ou de la représentation hydraulique. L'exemple le plus net est sans doute celui des réseaux électriques. La définition du réseau électrique est établie depuis la fin du XIX^e siècle. Elle repose sur l'identification d'éléments de base (résistance, inductance, capacitance), concrets ou abstraits, reliés entre eux par des conducteurs et répartis en plusieurs circuits. Cette définition s'est révélée très féconde en électricité. Combinée à des lois de conservation ou de déperdition, elle a donné naissance à une véritable théorie des réseaux qui a elle-même inspiré directement ou par analogie d'autres utilisateurs du concept de réseau dans le domaine des télécommunications, de la thermodynamique (échanges thermodynamiques en réseaux).

Enfin, depuis quelques décennies, la notion d'information réinvestit la vieille métaphore du réseau. C'est d'abord l'image du tissu, des mailles, du filet qui revient au-devant de la scène. Il s'agit bien de liens multiples entre les éléments, hommes ou machines. Mais la nature de ces liens et de la communication qu'ils peuvent établir est profondément différente de ce qui fondait jusque-là les utilisations du concept de réseau. Peu importe au fond la nature physique de ce qui est véhiculé ou communiqué. On s'attache seulement au transfert d'une entité totalement abstraite : l'information. L'avantage de l'information est de pouvoir être traitée en grande quantité et très rapidement par des machines (processeurs, ordinateurs, etc.), généralement en vue de l'action.

À partir de là, on imagine l'intérêt de penser en termes de réseaux à la mise en relation d'automates, de processeurs, d'ordinateurs et plus généralement d'individus et de machines perçus comme émetteurs, récepteurs et processeurs d'information.

Prenons l'exemple du téléphone. Comme on le sait, il ne date pas d'hier, mais de plus d'un siècle. Il a pu dans le passé être considéré comme réseau dans la mesure où il reliait physiquement les abonnés par des fils à un central. On pouvait même imaginer la voix modulée circulant grâce au courant électrique entre deux abonnés. Mais le paradigme informationnel nous invite à voir autrement le réseau. Peu importe désormais le courant électrique. D'ailleurs, la communication sera transportée, selon les cas, par des faisceaux hertziens, des liaisons radio-satellites, des fibres optiques. Peu importe la voix du locuteur. Elle est remplacée par un échantillonnage de bits d'information. Peu importe la liaison physique particulière établie *via* le central entre telle personne et telle autre qui communiquent. Ce que le nouveau réseau nous invite à privilégier, c'est la capacité de connexion instantanée pour des bits d'information en provenance de n'importe quel abonné pour n'importe quel autre abonné (qu'il s'agisse de voix humaines, de terminaux vidéotex, de capteurs ou de micro-ordinateurs), assurée par l'ordinateur électronique. À la limite, le vrai réseau téléphonique de l'ère informatique se trouve au cœur de cet ordinateur, et là seulement.

La révolution est encore plus évidente lorsqu'il s'agit de réseaux d'ordinateurs et surtout de réseaux d'automates programmables. Ces derniers réseaux sont utilisés pour donner des réponses « économiques » à des problèmes de grande complexité, par exemple la simulation de l'écoulement d'un gaz ou la reconnaissance des formes. On constitue alors un réseau de machines, nombreuses mais relativement frustes. Chaque machine est susceptible de réagir en fonction d'informations locales, données par des machines qui l'entourent. L'information va circuler en boucles dans le réseau, et on cherche, après plusieurs itérations, à converger vers un état stable de l'ensemble des automates. Ainsi se trouve mémorisée une information complexe, telle, par exemple, la forme d'une lettre de l'alphabet. Bien entendu, l'intelligence du réseau n'est pas dans les automates élémentaires mais dans les connexions que l'on a établies entre eux, avec des possibilités de pondérer plus ou moins ces connexions pour parvenir effectivement à un état stable. On peut ensuite introduire dans le réseau une autre information complexe, comme une forme brouillée ou incomplète de la même lettre que l'on avait mémorisée. Cette information traitée par le réseau sera reconnue ou non selon qu'il y aura convergence des itérations vers la forme prémémorisée ou vers un

attracteur parasite, interprété comme une non-reconnaissance. On comprend que l'essentiel du réseau est ici dans sa topologie, dans ses possibilités de liens et de circuits multiples, conduisant à une circulation intelligente de l'information.

À cette nouvelle acception du terme réseau s'apparentent des essais plutôt fructueux d'utilisation du concept en biologie et en écologie. On reviendra ci-dessous sur certains aspects des réseaux biologiques et écologiques, de même qu'on abordera l'utilisation du concept de réseau en sciences sociales et humaines.

Au terme de ce premier tour d'horizon, il faut reconnaître la puissance du concept de réseau. Issu d'une métaphore banale caractérisant une description topologique, il s'est progressivement enrichi de l'idée de circulation de fluides et plus récemment de la notion d'information. Il a trouvé des utilisations nombreuses du côté de sciences et de techniques diverses, de la médecine aux sciences de l'ingénieur et de la cristallographie à la biologie. Si sa popularité, particulièrement en France, doit beaucoup à la force de l'idéologie saint-simonienne, les scientifiques ont su l'utiliser de manière probante et en confirmer la validité. Si l'on veut mieux comprendre les raisons de ce succès et saisir, indépendamment de telle ou telle acception, ce que signifient aujourd'hui les réseaux, il faut, dans toute la richesse de ce qui vient d'être évoqué, savoir privilégier un aspect, ou plutôt choisir une entrée. Celle que nous choisirons ici n'est pas sans rapport avec l'histoire du concept, mais elle se veut résolument actuelle. Il s'agit en effet de l'organisation. Dans ce qui suit, on s'attachera à analyser le réseau comme un mode d'organisation spécifique.

VI-Réseau et organisation

Première référence obligée : le chaos. Par rapport à une situation chaotique, le réseau organise. Il distingue des points singuliers, des éléments différenciables, des lieux divers, selon des règles qui sont les siennes. Le réseau est d'abord organisation des différences. Il « formate » des nœuds entre lesquels il étend ses lignes. Il crée aussitôt des liens entre ce qu'il a différencié. Cela vaut aussi bien pour un réseau cristallographique que pour un réseau de chemin de fer. Dans le domaine des sciences sociales, on peut aussi opposer l'organisation en réseau à l'atomisation, au nécessaire individualisme du marché de l'économie classique. Le réseau fait émerger de l'anonymat des individus qui ont entre eux certaines affinités. Ces individus deviendront des relais vers d'autres (les amis de nos amis !), et le réseau se constitue, réorganisant sur une base collective l'offre et la demande atomistiques. Le passage du chaos au réseau est d'ailleurs bien perceptible dans les modèles mathématiques de percolation. Ceux-ci montrent comment la multiplication aléatoire de liens entre des couples de points d'un ensemble aboutit, au-delà d'un certain seuil, à un véritable réseau qui solidarise l'ensemble. De même, dans une difficile définition des externalités de liaisons, l'application de modèles économétriques d'inspiration néoclassique pour représenter le « marché » des abonnements téléphoniques fait bien apparaître ce rôle organisateur du réseau.

Mais si le réseau est organisateur par rapport au chaos, il s'oppose au parangon de l'organisation, c'est-à-dire à la structure que représente l'organigramme sous forme de liste, d'arbre ou de pyramide. De façon plus générale, le réseau s'opposerait en principe à toute structure. (À cet égard, on peut considérer comme impropre l'expression pourtant commune de « réseaux d'infrastructure » pour désigner les égouts, les routes, les voies ferrées, etc.), Saint-Simon opposait à juste titre un fluide et un solide. La structure, même abstraite, tend à solidifier. Le réseau n'est tel que s'il comporte suffisamment de fluidité, de flexibilité. L'évolution, l'adaptation, bien représentées par le réseau imprévisible du ruissellement pluvial sur le sol, sont toujours possibles dans le réseau. N'est-ce pas l'antithèse de toute structure organisationnelle ? L'analyse de réseaux, qui connaît depuis peu un certain succès en sociologie, montre bien la nature de cette opposition. Telle qu'elle est mise en œuvre par les sociologues américains, l'analyse de réseaux s'oppose à la fois à une sociologie seulement fondée sur des structures sociales fortes (classes, groupes sociaux et même communautés « écologiques » de type ghetto) et à une analyse en termes de rôles. Le concept de réseau n'est intéressant que si les individus peuvent jouer avec leurs rôles, se jouer des limites et contraintes institutionnelles et sociologiques ordinaires. Le réseau suppose des acteurs susceptibles de mobiliser des relations sociales qui ne sont pas nécessairement représentatives de leur appartenance (réseaux clandestins). Les liens sociaux ainsi noués demeurent conjoncturels et occasionnels. Le réseau, même

encadré dans une structure solide, reste fluide.

On retrouve la même opposition, ou la même distinction, à propos des réseaux de télécommunications. Si le réseau téléphonique, par exemple, avec ses câbles, ses fils, ses centraux constitue un réseau support, il est admis que la réalité du réseau est de plus en plus du côté d'une variété de services fournis aux abonnés sur le même support : téléphone, mais aussi télécopie, vidéotex, transfert de données ; ce sont les services-réseaux ou services en réseaux dont la nature et les utilisateurs peuvent changer au gré du temps, le réseau support, l'infrastructure restant la même.

VII-Réseau et connexions

Le pouvoir organisateur du réseau n'est donc pas du côté de la structure. Il est, on l'a dit, d'abord du côté de la différenciation. Mais, en même temps, le réseau organise en connectant. La connectivité est la vraie nature du réseau. Il en tire toute sa puissance d'organisation. Si l'on ne craignait d'abuser des néologismes, il vaudrait mieux parler de connectivité du réseau, ou mieux encore de connectibilité. Il s'agit de cette capacité du réseau de réaliser un grand nombre de liaisons, fussent-elles éphémères, entre les éléments, les points qui en font partie. Dans l'organisation du réseau règnent des mailles, des boucles, des redondances de toutes sortes. L'exemple le plus frappant est emprunté à la biologie. Les chercheurs qui travaillent sur le cerveau humain font appel à une théorie des réseaux de neurones. Selon cette théorie, les neurones lanceraient, au hasard, des connexions vers d'autres neurones (par l'intermédiaire de protéines). Ces connexions sont, au moins au départ, foisonnantes et labiles. Elles donnent le maximum de chances de liaisons entre les différents neurones du cerveau mais en général ne durent guère. Toutefois, dans certains cas, la connexion peut perdurer par stabilisation de la protéine. Or il semble bien établi que cette stabilisation sélective de certaines synapses intervient du

fait du fonctionnement global du réseau. Il y a en quelque sorte autoconstruction d'une cohérence d'ensemble du réseau. Faut-il parler d'auto-organisation ? En tout cas, c'est le pouvoir de connexion qui progressivement organise les neurones en un réseau au fonctionnement intelligent.

On pourrait prendre d'autres exemples en biologie, revenir au cas déjà présenté des réseaux d'automates ou évoquer le cas des réseaux de transport dont le pouvoir dit « structurant » découle justement de leur « connectibilité ».

L'organisation en réseau est donc très particulière puisqu'elle relève moins d'un pouvoir que d'un potentiel. De plus, ce potentiel doit toujours être référé à une certaine échelle spatio-temporelle. En effet, il n'est pas indifférent que les connexions permises par le réseau puissent s'effectuer de façon strictement locale, ou de façon étendue à l'ensemble des éléments, et que leur combinatoire puisse être explorée, même très ponctuellement en un temps limité par rapport à l'échelle des acteurs humains. Les centraux téléphoniques illustrent parfaitement cette considération. Il est certain que le réseau téléphonique n'aurait jamais pu jouer le rôle extraordinaire qui est le sien dans les sociétés modernes si des évolutions techniques successives n'étaient parvenues à résoudre le problème des connexions du réseau, c'est-à-dire de la commutation, dans des conditions spatiales et temporelles acceptables. Organisateur de la différence par la connexion, le réseau est de fait gestionnaire du collectif. Dès qu'un acteur social, planificateur saint-simonien ou « opérateur » moderne, a en charge le fonctionnement du réseau, il doit maintenir un difficile équilibre entre la sauvegarde de toutes les possibilités offertes par la complexité intrinsèque du réseau, d'où provient le véritable pouvoir organisateur, et une forme minimale de gestion collective nécessaire au moins pour inscrire le réseau dans l'espace-temps social. Concrètement, c'est le problème des réseaux de télévision où l'informateur doit viser non un interlocuteur mais un public ; du réseau de métro qui ignore qui sont, où vont et d'où viennent ses voyageurs ; du réseau d'électricité qui ne peut distinguer à chaque instant dans les mégawatts qui circulent sur une ligne à haute tension les électrons de l'électricité « nucléaire » et les autres, ni ceux qui fournissent l'énergie aux industriels de ceux qui la fournissent aux particuliers. Lorsque sa gestion se collectivise, le réseau perd de vue – au moins en partie – la richesse des différences, des liens qu'il pourrait établir et qui fondent son pouvoir d'organisation. On comprend mieux pourquoi l'organisation en

réseau peut être objet de controverse, non dans l'idéal, mais dans des réalisations concrètes qui concernent des acteurs sociaux, usagers ou gestionnaires du réseau. On comprend aussi pourquoi les « recettes » et savoir-faire de cette gestion collective en réseau font l'objet chez les grands exploitants de réseaux territoriaux de stratégies patrimoniales qui privilégient parfois l'extension et l'interconnexion des réseaux, parfois le maintien de petits réseaux « locaux », selon que l'on met l'accent sur la collectivisation (comme pour l'électricité) ou sur une gestion fine des différences (comme pour l'eau).

Le service public est-il mieux armé que l'entreprise privée pour résoudre de tels problèmes ? Le monopole du réseau est-il inévitable, « naturel », comme disent les économistes ? Que peut-on attendre de la « dérégulation » en la matière ? Le passé plutôt glorieux de quelques grands réseaux de services publics français ne saurait tenir lieu de réponse à ces questions, non plus que les avatars récents des réseaux de transport aérien américains ou de British Telecoms. À part quelques tentatives très récentes, on ne dispose pas encore de modèles de gestion de réseau prenant en compte la spécificité, en particulier connexionniste, de l'organisation en réseau par rapport à celle de l'entreprise ou de l'administration ordinaires, distinguant nettement effets de réseau, externalités, économies d'échelle ou d'envergure, cherchant à identifier et à localiser précisément les « valeurs ajoutées » par et dans le réseau. Un vaste champ reste à défricher ; les outils sont encore sur l'enclume.

VIII-Réseau et système

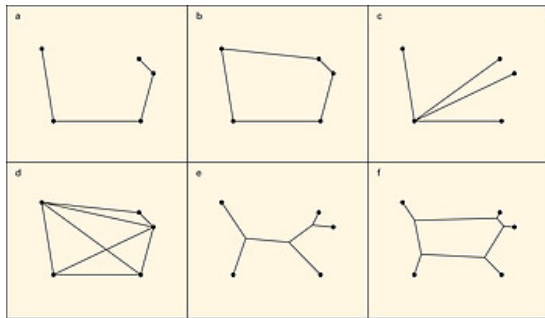
Le concept de réseau doit être mis en rapport avec un autre concept organisateur, celui de système. À vrai dire, dans bien des cas, les deux termes sont utilisés comme synonymes. On parle couramment de système de transports ou de communications (notamment dans les pays anglo-saxons) pour désigner un réseau de transports ou de communications. En écologie, le réseau représente parfois à l'instar du système un ensemble d'éléments en interaction (réseau trophique). Plus généralement, beaucoup des effets qualifiés d'« effets de réseau » sont des « effets de système » au sens de la théorie générale des systèmes de von Bertalanffy.

La différence entre réseau et système, lorsqu'elle existe, n'est pas essentielle. Elle résulte d'un changement de perspective. Le système peut être vu plutôt de façon structurelle comme un ensemble d'éléments en interaction ou plutôt de façon fonctionnelle comme une entité en relation limitée avec un environnement. Dans le premier cas, la différence est insignifiante. Dans le second, elle est plus importante. Mais, même dans ce cas, le réseau reste proche du système. En effet, de même que la relation avec l'environnement est régulée par l'organisation du système, de même l'organisation du réseau comporte des régulations adaptatives ou stabilisantes. Ces régulations portent aussi bien sur la définition des nœuds du réseau, leur différenciation, leur « formatage », que sur les liens, les arcs, les connexions qui se réduisent ou se multiplient. L'important est d'assurer l'adaptation du réseau à un environnement changeant, tout comme l'organisation des systèmes s'adapte aux évolutions extérieures. On a pu ainsi établir un modèle conceptuel systémique représentant les évolutions de réseaux de transports en commun en distinguant différents niveaux de régulation.

La similitude du réseau et du système apparaît particulièrement lorsque la régulation est diachronique. Le réseau s'étend, se connecte, s'interconnecte avec d'autres réseaux, se complexifie en réponse à l'évolution des intrants. Mais cette évolution n'est pas prolifération. Des mécanismes de régulation interviennent pour en faire une adaptation qui, comme pour un système, maintient la cohérence du réseau. De nombreux modèles morphologiques ont été proposés pour expliquer la croissance des réseaux. Les plus récents, concernant par exemple les réseaux d'assainissement urbain, font appel au concept de fractale. Il est particulièrement clair dans ce cas que la croissance du réseau implique selon le modèle d'évolution systémique une régulation. Celle-ci n'autorise l'extension du réseau que selon des lois d'homothétie particulières, garantissant pour une échelle spatio-temporelle le maintien d'un certain degré de connectivité. Finalement, par rapport à des formes plus classiques, le réseau apparaît comme un mode d'organisation coopératif, adaptatif et évolutif impliquant de nouveaux rapports collectifs entre acteurs (s'il en comporte) et de nouveaux rapports à l'espace et au temps.

IX-Réseaux et territoires

Lorsqu'ils s'inscrivent dans l'espace géographique, les réseaux organisent le territoire. Le dictionnaire, à sa manière, pose la question en donnant comme définition du réseau dans ce cas : « ensemble des lignes, des voies de communication, des conducteurs électriques, des canalisations, etc., qui *desservent une même unité géographique, dépendent de la même compagnie* » (*Grand Robert*). L'organisation du réseau n'est pas seulement celle de la « compagnie ». Elle est aussi organisation ou réorganisation de la ville, de la région, selon des règles et des lois qui ne sont pas celles de la territorialité municipale ou provinciale, mais celles de la réticulation que l'on vient d'évoquer.



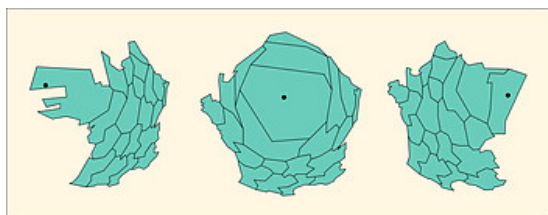
Desserte d'un territoire par un réseau : variantes

La desserte d'un territoire par un réseau comporte de nombreuses variantes : desserte minimale (a); desserte minimale avec possibilité de circuit (b); desserte centralisée (c). Le réseau (d) offre le maximum de liaisons possibles entre les nœuds pris deux à deux. Il est très « connectif », mais il s'agit le plus souvent d'un réseau « virtuel ». Les ...(*Encyclopædia Universalis France*)

Bien que les saint-simoniens aient pris conscience au XIX^e siècle du formidable pouvoir des réseaux dans ce domaine, la question est restée relativement négligée depuis. Elle n'émerge que lorsqu'on doit concevoir des réseaux pratiquement *ex nihilo* pour équiper des territoires. En 1863, l'ingénieur des Ponts et Chaussées Lalanne fait parvenir à l'Académie des sciences le premier essai théorique consacré à la configuration des réseaux de chemin de fer. Ildefonso Cerda théorise également lorsqu'il urbanise Barcelone selon des principes réticulaires. Dans les années 1960, des géographes et aménageurs chargés de projets d'équipement ambitieux pour des pays du Tiers Monde s'essaient à établir des relations entre réseaux de communication et développement. Le projet du fameux réseau autoroutier Interstate, qui, à partir de 1958, étend sa trame sur la totalité du territoire des États-Unis, suscita de nombreuses recherches pour caractériser et mesurer les effets d'un nouveau mode d'organisation territoriale. Assez suivies en Grande-Bretagne, ces recherches seront pratiquement ignorées en France, où fort heureusement des géographes effectuent des travaux d'inspiration différente sur les réseaux de villes (ou réseaux urbains). À l'échelle urbaine, la prise de conscience sera très tardive. D'une part, les principes urbanistiques dominants se fondaient sur une territorialité foncière et non réticulaire. D'autre part, seuls de rares précurseurs comme l'urbaniste français M. F. Rouge affirmaient l'unité profonde des réseaux (depuis les réseaux de voirie jusqu'aux réseaux de distribution commerciale) que tout dans la pratique planificatrice tendait à séparer. Il faudra rassembler des études historiques comparatives pour que cette prise de conscience ait lieu au moins aux États-Unis et en France dans les années 1980. Elle sera à l'origine des travaux du groupe Réseaux sur les réseaux territoriaux.

Aujourd'hui, il paraît acquis que le concept de réseau est opératoire pour analyser certains types de rapports de l'homme à l'espace dans les sociétés modernes. L'idée que la spécificité du mode d'organisation en réseau compte autant, sinon plus, que les quadrillages administratifs, que les frontières territoriales classiques, que les lois physiques ou économiques particulières qui régissent la communication et la circulation de tel ou tel flux, paraît sur le point d'être admise, révolution informatique aidant. Sur le plan théorique, les fondements se trouvent dans une nouvelle géographie du pouvoir. Celle-ci permet d'interpréter le réseau comme ensemble des projets « transactionnels » d'acteurs localisés dans l'espace et tentant par ces « transactions » avec d'autres lieux de faire entrer d'autres acteurs dans leur territoire. Se dessine ainsi un *réseau virtuel*, à tendance connexionniste et maximaliste. Un « opérateur », résultant des jeux de pouvoir des acteurs ponctuels, sorte de fondé de pouvoirs territoriaux, est chargé de réaliser le réseau virtuel. Ici réapparaissent les contraintes économiques et politiques, les lois physiques qui font que le réseau réel s'éloigne du réseau virtuel : d'où une frustration, une tension, une distance entre réseau réel et réseau virtuel, caractéristiques du changement de territorialité. Pourtant, comme on l'a dit plus haut, le principe organisateur réticulaire n'est pas seulement d'ordre spatial, mais il est d'ordre spatio-temporel. Des

théoriciens insistent à juste titre sur la révolution profonde que les vitesses de circulation (des biens, des hommes et surtout aujourd'hui de l'information) introduisent dans les rapports de l'homme au territoire. Des notions comme celles de célérité, d'homogénéité, de circulation, d'accessibilité se substituent aux concepts classiques de distance, et entrent à part entière dans les projets de « transaction » et dans la définition du réseau virtuel. C'est aussi par rapport à l'immédiateté, au « temps réel » que le réseau réel sera plus ou moins performant.



Organisation de l'espace par un réseau en fonction du temps

Réseaux et territoires. Le réseau organise l'espace en fonction du temps. Les vitesses de circulation jouent dans les réseaux modernes un rôle majeur, qui redéfinit le territoire. Les cartes ci-dessus montrent l'accessibilité de l'espace national français offert depuis Brest, Paris et Strasbourg par le réseau de transport aérien. (Encyclopædia Universalis France)

De plus, dans une perspective diachronique, le passage du réseau virtuel au réseau réel s'autorise, au moins partiellement, une redéfinition des points, des lieux origine ou destination des « transactions ». L'écart entre réseau virtuel et réseau réel, notion clé d'une nouvelle territorialité réticulaire, n'est donc pas unidimensionnel.

Enfin, réseau virtuel et réseau réel ne sont pas dans un rapport de succession chronologique, mais plutôt dans un rapport dialectique, ou si l'on préfère dans un rapport de régulation systémique. L'écart entre réseau virtuel et réseau réel met en œuvre les possibilités de régulation que l'on a évoquées plus haut pour une meilleure adaptation territoriale du réseau.

On comprend mieux ainsi l'enjeu que représente la recherche d'outils capables d'identifier, d'évaluer, voire de mesurer l'écart entre réseau virtuel et réseau réel en ce qui concerne les réseaux territoriaux. Des progrès dans ce sens contribueraient à redonner au concept de réseau un rôle fondamental pour un nouvel aménagement des territoires.

Gabriel DUPUY

Bibliographie

- M. AHRICH, L. BIBARD et al., *Ces réseaux que la raison ignore*, L'Harmattan, Paris, 1992
- J. BOISSEVAIN, « Networks Analysis : a Reappraisal », in *Current Anthropology*, juin 1979
- N. CURIEN dir., « Économie des télécommunications », in *Revue économique*, n° 2, mars 1987
- G. DUPUY, *Systèmes, réseaux et territoires*, Presses de l'École nationale des ponts et chaussées, Paris, 1986 ; « Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ? », in *L'Espace géographique*, n° 3, juill.-sept. 1987 ; « Vers une théorie territoriale des réseaux : une application au transport urbain », in *Annales de géographie*, n° 538, nov.-déc. 1987
- I. GÖKALP dir., *Conséquences d'un réseau mondial sur l'autonomie et la pertinence des espaces nationaux*, Forecasting and Assessment in Science and Technology, Commission of the European Communities, Occasional Papers, n° 197, p. 233, oct. 1987
- J.-P. GOUBERT, *La Conquête de l'eau*, Robert Laffont, Paris, 1986
- Y. GUERMOND dir., *Analyse de systèmes en géographie*, Presses universitaires de Lyon, 1984
- P. HAGGETT & R. J. CHORLEY, *Network Analysis in Geography*, Edward Arnold Publishers, Londres, 1969
- T. P. HUGUES, *Networks of Power*, The John Hopkins Univ. Press, Baltimore-Londres, 1983
- « Images et imaginaire des réseaux », in *Quaderni*, vol. III, hiver 1987-1988
- « Jeux de réseaux », in *Cahiers S.T.S.*, n° 9-10, C.N.R.S., Paris, 1986
- C. MARTINAND, *Le Génie urbain*, rapport, Document. franç., Paris, 1986
- C. NEUSCHWANDER, *L'Acteur et le changement : essai sur les réseaux*, Seuil, Paris, 1991

- D. PARROCHIA, *Philosophie des réseaux*, P.U.F., Paris, 1993
- M. POTRYKOWSKI & Z. TAYLOR, *Geographia Transportu (Geografía del transporte*, traduit du polonais en espagnol par E. Panteleeja, Ariel, Barcelone, 1984)
- D. PUMAIN, *La Dynamique des villes*, Economica, Paris, 1982
- C. RAFFESTIN, *Pour une géographie du pouvoir*, Litec, Paris, 1981
- « Réseaux », in *Actes de séminaire*, Laboratoire de dynamique des réseaux, Paris, 1984
- *Réseaux territoriaux*, Paradigme, Caen, 1988
- M. F. ROUGE, « L'Organisation de l'espace et les réseaux », in *Hommage à Lucien Febvre*, Armand Colin, Paris, 1954
- T. SAINT-JULIEN, *Croissance industrielle et système urbain*, Economica, 1981
- J. TARR & G. DUPUY, *The Rise of the Networked City*, Temple Univ. Press, Philadelphie, 1988
- P. VIRILIO, *L'Espace critique*, Christian Bourgois, Paris, 1984.