

La formation au numérique des élèves : Les réseaux

De la culture numérique à la culture

Marie-Danièle Campion

Recteur de l'académie de Clermont-Ferrand



Source : site du rectorat

La culture est qualifiée de numérique lorsque l'on parle d'un système de pensée faisant référence aux outils numériques ; la culture numérique est ainsi un jardin que l'on cultive en se limitant bien souvent à des aspects technologiques ou conceptuels du numérique. Dans le groupe nominal « culture numérique », il y a un pan de notre monde contemporain qui vise à réunir culture et numérique uniquement dans ce champ limité de « co-intervention » où l'outil est cité afin de limiter le champ de discussion. C'est un peu comme si l'on parlait de la culture de la plume d'oie, de la culture du chevalet faisant *de facto* intervenir l'outil utilisé dans le domaine évoqué.



Portrait de François-Marie Arouet dit Voltaire
par Maurice Quentin de la Tour. Source : site Wikipédia



Femme au jardin 1867 Claude Monet
Source : site Wikipédia



Aujourd'hui, *culture* et *numérique* sont tellement interconnectés que le fait que les choses émanent du numérique est en train de s'effacer. Comme nous allons le faire découvrir à nos élèves dans ce document, le numérique n'est pas un domaine édifié à côté de notre culture. Son vocabulaire est ainsi révélateur de son imbrication avec celle-ci, il en va des mots *réseau* et *adresse* qui font partie du registre de l'activité humaine et qui existaient bien avant l'invention du transistor.

Nous souhaitons avec ce nouveau document expliquer ce qu'est un réseau et évoquer la notion connexe d'adressage sur un tel réseau ; pour ce faire, il nous a paru intéressant de placer les explications techniques dans un univers concret interdépendant de notre culture en partant de l'étymologie du mot *Réseau*.

À la fin de son œuvre, Voltaire nous donnait le conseil de « savoir cultiver notre jardin » avec comme intention première de nous rattacher au réel. Le monde numérique fait partie de ce jardin dans lequel tout est expliqué et explicable car c'est simplement une œuvre humaine.

Sens et étymologie du mot Réseau

Isabelle Quentin

Agrégée d'économie gestion

Docteure ès sciences de l'éducation



Photographie :

Autorisation de Madame Quentin

Le mot **réseau** est un terme générique utilisé dans différents champs disciplinaires, tels que l'histoire, la géographie, les mathématiques, la sociologie ou les sciences de la gestion. Ce terme est employé pour désigner soit un ensemble de flux, une infrastructure ou encore pour décrire des interactions entre des personnes ou des groupes de personnes. Cette polysémie nécessite de clarifier les sens et les concepts associés au mot réseau.

Le réseau est d'abord un filet pour capturer ou pour retenir

Le mot réseau se construit au travers d'une longue filiation. Dès le 1^{er} siècle avant notre ère, les rétiaires sont des gladiateurs à pieds armés d'un poignard, d'un trident et d'un filet (le reta) dont ils se servaient pour capturer leurs adversaires. Au 12^e siècle, le mot résel désigne un filet utilisé pour capturer de petits animaux. Le réseul au 16^e siècle désigne un filet dans lequel les femmes retiennent leurs cheveux. Le réseul est devenu la résille (filet à large maille qui retient la chevelure, *Le petit Larousse*, 1996). Au sens figuré, le réseau signifie alors, tout ce qui peut emprisonner l'homme, entraver sa liberté ou menacer sa personnalité.

La métaphore textile

Dès le 17^e siècle, le mot « réseau » désigne un entrecroisement de fibres textiles ou végétales utilisé par les tisserands et les vanniers. Cette métaphore restera longtemps associée au concept de réseau. Les dictionnaires donnent ainsi plusieurs définitions du mot « réseau » basées sur cette métaphore. À titre d'exemples, nous pouvons citer :

- Fonds de dentelle à maille géométrique. *Le petit Larousse*, 1996, p. 882.
- Tissu à mailles très léger. *Les tulles. Tissus à réseaux, formés de fils plus ou moins tordus*. J. Coulon, *Technol. gén. modiste*, 1951, p. 51.
- Fond de dentelle à mailles au dessin géométrique. *Les dentelles sont des tissus lâches, transparents, à longues mailles sans chaîne ni trame. Sur ce tissu appelé réseau se détachent des ornements faits à part ou en même temps que lui*. Blanquet, *Technol. mét. habill.*, 1948, p. 105.

Le réseau comme un espace dynamique

À partir du 17^e siècle, le mot « réseau » commence à être utilisé dans des champs disciplinaires variés au gré des découvertes scientifiques et d'une réflexion sur l'espace concret et ses mesures. Ces emprunts sont si nombreux qu'il est difficile d'en dresser une liste exhaustive. Nous nous contenterons de quelques exemples

pour illustrer nos propos. Les philosophies des Lumières au XVIII^e siècle assurèrent la diffusion de ces écrits sous la forme d'un réseau. Les militaires construisent des réseaux de fortifications (les fortifications de Vauban). Le réseau de triangulation de Cassini, 1780) constitue une étape essentielle vers une mise en carte rationnelle de l'espace géographique. Nous pouvons également souligner une extension de ce terme pour désigner les réseaux de résistance pendant la Seconde Guerre mondiale. Au 18^e siècle, le sens mot réseau subit une première transformation sémantique. Le réseau suit toujours le modèle textile mais il commence à prendre un caractère dynamique. L'aspect dynamique du réseau se retrouve dans les écrits de Diderot (le rêve de d'Alembert, 1769 éd. de 1984, p. 49). *Un réseau est un ensemble de brins capables de développement, réunis en faisceaux. C'est la fibre elle-même qui se déploie comme un tentacule et réagit tout entière aux sollicitations.* La notion de « réseau » a toujours le sens d'un « filet » statique ou dynamique, mais à l'intérieur duquel rien ne circule encore le long de ses fibres.

Introduction de la notion de circulation dans les fibres du réseau

La notion de circulation est associée au concept de réseau à partir de la découverte de la circulation du sang dans le réseau veineux par Harvey en 1628. Au cours des 19^e et 20^e siècles, le développement d'infrastructures soutenues par de nombreuses innovations industrielles vont finir d'installer la notion de circulation dans le concept de réseau. À cette époque, le réseau routier français passe de 30 000 Km avant la révolution à plus de 600 000 Km dans les années 1880. Une volonté politique (plan Freycinet, 1878) soutenue par des innovations technologiques (écartement identique des rails et mise en place d'aiguillages) fait passer le nombre de voyageur-kilomètre de 100 millions à 11 milliards au cours de la seconde moitié du 19^e siècle (rappelons que 1 voyageur-kilomètre correspond au transport d'un voyageur sur une distance d'un km). L'invention du télégraphe (Chappe, 1792), du téléphone (Bell, 1876), les dispositifs de captage des ondes radio (Hertz, Branly, Lodge, Tesla, Popoff) puis la « télégraphie sans fil » ou TSF (Marconi, Edison, Fleming, Lee de Forest) couvrent la planète de réseaux de communication. Dans l'industrie, un réseau de distribution est un ensemble d'installations et d'organisations permettant d'acheminer et de livrer un produit (voire un service), depuis des lieux de production vers des lieux d'utilisation finale. Le réseau de distribution est donc constitué des intermédiaires dont le rôle est de faciliter la distribution – grossistes ou détaillants – des produits et des services d'une entreprise permettant la commercialisation.

Le réseau social

La notion de réseau n'a été reprise que récemment dans le champ social. Bantman (2004) dans son article sur le concept de réseau explique que ce terme va connaître une théorisation dans le domaine sociologique à partir de travaux américains, en particulier ceux de Barnes (1954) et de Moreno (1934). Barnes (1954, p. 43-44) utilise le concept de réseau, dans son étude d'une paroisse norvégienne, pour décrire une catégorie résiduaire de relations sociales, fondées ni sur le territoire, ni sur l'occupation, mais plutôt sur la parenté, l'amitié et la classe sociale. Moreno fonde la sociométrie dont l'objet est de fournir un instrument de mesure des structures sociales. Elle permet de représenter les relations sociales des membres d'un même réseau. En France, Bourdieu (1980) considère que le réseau constitue le « capital social » d'une personne. Le capital social est défini par Bourdieu comme l'ensemble des ressources actuelles ou potentielles liées à la possession d'un réseau de relations plus ou moins institutionnalisées.

Les réseaux ont la fibre de l'information

Laurent Viennot

Chercheur en algorithmique des réseaux à l'INRIA
Centre de Paris – Rocquencourt

Photographie :
Autorisation de Monsieur Viennot



Passer un coup de fil, surfer sur Internet, rien de plus banal aujourd'hui. Mais que sait-on de la machinerie qui opère en coulisse. Que se passe-t-il à l'autre bout du fil ?

Si un pan de science s'ouvre devant la question : « *Que peut-on calculer ?* », un autre tente de répondre à : « *Que peut-on télé-communiquer ?* » Concrètement, ce sont les *réseaux* qui acheminent l'information. Deux modèles ont aujourd'hui atteint une échelle planétaire : le réseau téléphonique qui transporte nos voix et Internet qui transporte nos données numériques.

Le réseau de voix

Avec le téléphone, nous sommes devenus connectés, branchés, câblés... En effet, pour discuter avec son *alter ego*, il faut se connecter à lui par un circuit électrique, c'est la phase de connexion si poétique à l'époque où l'on demandait « Montmartre 22 12 » ou « Elysée 15 15 ». Encore de nos jours, il vous faut savoir où se trouve un correspondant dans le réseau pour le joindre. Par exemple, au numéro 46062212, s'il se trouve au bout du fil 2212 du central téléphonique de Montmartre qui a pour numéro (de central) le 4606. Vous pouvez alors activer votre téléphone en le décrochant ou en tournant la manivelle, selon l'époque. Dans votre central téléphonique, à l'autre bout du fil, une opératrice ou un commutateur automatique constate que votre ligne s'active et attend que vous énonciez l'adresse de votre correspondant. Vous demandez donc « Montmartre 22 12 » ou « tic, tic-tic-tic-tic-tic... » ou « do si do si mi mi ré mi » ou le 46062212 qui s'affiche sur l'écran du combiné et circule en douce derrière le souffle de l'appareil. L'autre bout de votre fil est alors connecté à l'un des fils qui relient votre central à celui de Montmartre. De même, une opératrice (ou un commutateur automatique) connecte, à Montmartre, l'autre bout du fil au poste 2212 qui se met à sonner. Quand votre correspondant décroche, vous êtes connectés l'un à l'autre par un circuit transportant les signaux électriques qui codent votre voix.

Bien sûr, au fur et à mesure que le réseau grandit, on peut rajouter des super-centraux de numéros 01, 02, 03, 04, 05, par exemple, si l'on découpe le pays en cinq régions. Ce numéro se rajoute alors au début du numéro de votre correspondant en préfixe. Notre numéro à Montmartre devient ainsi 0146062212. On relie alors chaque central téléphonique au super-central de sa région par de nombreux fils et on relie entre eux les supers-centraux par des quantités encore plus importantes de fils. Le numéro de téléphone est ainsi une sorte d'adresse construite

selon un découpage hiérarchique de la géographie du monde similaire à celui de la poste. Il s'agit donc d'une *adresse électronique*.

Dans les premiers réseaux téléphoniques, le circuit établi est physique : une suite de fils sont connectés les uns aux autres. Dans les réseaux plus évolués, le circuit est logique, et l'on parle de *connexion*. Avec l'augmentation du trafic, les fils centraux deviennent si demandés qu'il faut inventer un moyen de faire transiter plusieurs connexions sur le même fil. De l'information circule de fait sur tout signal physique qui se propage dans l'espace : un courant dans un fil électrique ou une onde lumineuse dans une fibre optique ou même une onde radio dans l'espace ambiant. La théorie de l'information naît de cette question cruciale : « *Combien de connexions vont pouvoir transiter sur mon signal ?* » En 1948, Claude Shannon met en équations les liens entre les caractéristiques physiques d'un signal et la quantité d'information que celui-ci peut transmettre. Il promeut l'utilisation du mot *bit* pour désigner l'unité atomique d'information : 1 ou 0, vrai ou faux, oui ou non... On peut ainsi quantifier l'information transmise en bits par seconde, voire en kilo-, méga-, giga- ou térabits par seconde, ce qui correspond à 1, 1000, 1000 000, ... et ainsi de suite, chaque terme indiquant une quantité mille fois plus grande de bits par seconde que le précédent.

Mais revenons à l'invention de machines capables de traiter l'information : comment peuvent-elles communiquer ?

Le réseau de réseaux

Dès les années 1950, on sait échanger des données entre deux ordinateurs, mais comment relier un ensemble d'ordinateurs ? Le concept de réseau en tant que nœuds reliés par des liens de communication apparaît à cette époque avec la naissance de la théorie probabiliste des files d'attente. Leonard Kleinrock identifie en 1961 le point-clé pour pouvoir appliquer ces théories : le concept de *routeur* soit un « nœud capable de stocker un message en attendant que le lien sur lequel il doit être retransmis se libère ». Cette idée va à l'inverse des réseaux téléphoniques reposant sur l'établissement de circuits où l'information circule sans jamais être stockée. On trouve, en filigrane, derrière le concept de message, celui de *datagramme*, c'est-à-dire un paquet élémentaire d'information qui circule de manière autonome dans le réseau. Le premier réseau utilisant des routeurs est l'Arpanet, Kleinrock en expérimente le premier routeur.

Quand les routeurs ne sont pas programmés par les mêmes personnes, il faut s'entendre sur la manière de les faire communiquer. Ainsi naît le concept de *protocole* qui spécifie comment sont codés les messages que s'échangent les routeurs et quels sont les algorithmes à appliquer lors de l'envoi et de la réception de tel ou tel message. Un protocole est une sorte d'algorithme à l'échelle du réseau. Par exemple, l'établissement d'une connexion dans un réseau téléphonique suit un certain protocole. Celui-ci résout d'ailleurs le problème critique du *routing* : par quelle suite de liens faire cheminer les données, autrement dit, quelle *route* doivent-elles suivre. Dans un réseau téléphonique, le réseau est préconfiguré pour répondre à cette question. Dans un réseau de routeurs, le problème se pose pour chaque datagramme. Concrètement, quand un routeur reçoit un datagramme, un calcul doit lui permettre de décider sur quel lien le retransmettre. Pour cela, un protocole de routing permet aux routeurs, via l'échange de messages spécifiques, de détecter comment ils sont connectés les uns aux autres et d'acquiescer suffisamment d'information pour pouvoir mener à bien un tel calcul.

Dans les années 1970, on cherche à interconnecter les réseaux avec la conception des protocoles IP et TCP (« Internet Protocol » et « Transfer Control Protocol »). Le protocole IP définit les adresses des machines et le format général des datagrammes. L'adresse IP reprend le principe de préfixe des numéros de téléphone sous forme d'une suite de 32 bits. La hiérarchie s'organise en réseaux identifiés par des préfixes d'adresses. L'organisation n'a donc plus de lien avec la géographie : on entre dans le *cyberespace*. Le protocole TCP définit comment établir des connexions logiques au moyen d'échanges de datagrammes. Un flux de données est envoyé par une suite de datagrammes indépendants. Une partie critique de ce protocole réduit le débit de datagrammes en cas de congestion dans un des réseaux traversés. Ce concept d'« inter-netting » en anglais donnera son nom à Internet qui naît au début des années 1980 quand Arpanet est relié au réseau académique CSNET. Très vite, d'autres réseaux européens puis japonais viennent s'interconnecter à ce réseau originel.

Vingt-cinq ans plus tard, Internet est devenu aussi imposant que le réseau téléphonique qui s'est lui-même considérablement développé. Les deux géants sont maintenant interconnectés mais restent distincts. L'un n'a toujours pas supplanté l'autre. Les progrès les plus récents dans les deux cas concernent l'utilisation généralisée de liens radio qui permettent de communiquer en se déplaçant. Les routeurs sont entrés jusque dans nos maisons sous la forme de boîtiers Wi-Fi (pour « Wireless », sans fil) qui connectent par radio tous les ordinateurs de la famille à Internet via une liaison ADSL sur le fil du téléphone. Les premiers réseaux radio remontent pourtant au début des années 1970 avec le réseau ALOHA dans les îles hawaïennes. Mais il n'était pas facile à l'époque de se promener avec un ordinateur et un émetteur-récepteur radio dans la poche !

Le nuage

Très vite, on se rend compte que les réseaux vont aider à calculer. Dans les années 1970, ils permettent d'accéder aux supercalculateurs sans avoir besoin de se déplacer. Dans les années 1980, les supercalculateurs eux-mêmes deviennent des machines parallèles, c'est-à-dire composées de plusieurs processeurs en parallèle reliés par un réseau très rapide. De nouveaux paradigmes de langages de programmation sont inventés pour pouvoir lancer des ordres en parallèle. À la fin des années 1990, on obtient un supercalculateur en connectant des milliers, voire des dizaines de milliers d'ordinateurs personnels par un réseau haut débit. On parle alors d'une *grille* de PCs. Plus que la puissance de calcul, c'est le volume de données que peut stocker et manipuler une telle machine qui devient considérable. Une compagnie devenue célèbre depuis, construit fin 1998 un moteur de recherche sur ce principe de machine. Cela lui permet ainsi de stocker en mémoire vive un index d'une grande partie de toutes les pages web accessibles par Internet avec un temps d'accès record. Après avoir équipé les quatre coins d'Internet de telles grilles, ses ingénieurs administrent une machine surpuissante de calcul et de stockage qui se trouve diffuse dans le réseau. Fascinés par leur invention, ils l'appellent « le nuage ».

Cet article est paru dans la revue DocSciences dans la brochure n°5 intitulée : Les clés de la révolution numérique, éditée par le CRDP de l'Académie de Versailles en partenariat avec l'INRIA. Cette brochure est accessible à partir du lien suivant :

<http://www.docsciences.fr/DocSciences5.html>