



Iconographie

PASSAGE ?

- || Promenade sur les 7 ponts de Königsberg
- || Représentation ou graphe ?
- || Portes : un réseau sans représentation ?

VOIES, CONNEXION, RELATION : TYPOLOGIE

- || Qualifier des voies de passage
- || LIENS
- || RELATIONS
- || LIGNES
- || CONNEXIONS

VERS LA COMPLEXITÉ

- || Motif : entre holisme et réductionnisme
- || Une complexité inévitable ?
- || Renoncer à l'harmonie

Ressources

- || Bibliographie
- || Iconographie

Consultez les images sur le site millefeuillesdebabel.ensci.com en vous référant au numéro de figure correspondant. Les mots signalés avec une astérisque renvoient au glossaire, imprimable en ligne également. Les notes sont disponibles à la fin du chapitre.

NAVIGUER DANS UN RÉSEAU

typologies de liens & relations

1 / 12 Prélude

Un écheveau. Même sans le vouloir, mais en tentant de l'éviter, les projets passent toujours tôt au tard par ce stade d'amas de lignes : tantôt *mindmap* de *brainstorming*, tantôt cartographie d'état des lieux, tantôt arborescence structurelle de conception... Quel que soit l'angle sous lequel je les envisage, pas une seule de mes réalisations qui ne puisse être résumée par un réseau de lignes entrecroisées¹.

[RES1]

Lorsque s'esquissent sous leur yeux les entrecroisements de lignes, mes interlocuteurs regardent ces réseaux avec tant de naturel que nous ne parlons jamais que de ce qui se passe aux extrémités des lignes, mais rarement entre deux. L'écart est éludé au hasard du discours qui qualifie sans s'attarder. "... agit sur ..." ; "entre ... et ..." ; "... se transforme en ..." ; "si ... alors ...". Dans cette compréhension implicite, un exposé après l'autre, la question a enflé, et fini par me tarauder : toutes ces lignes, de quoi sont-elles donc faites ?

[RES3-2]

1 « Dans un réseau de lignes entrecroisées », titre du septième roman dans CALVINO Italo, *Si par une nuit d'hiver un voyageur*, 1981 [1979], Seuil. Traduit de l'italien par Danièle Sallenave et François Wahl. Dans ce roman Italo Calvino fait mention de divers romans dont les bribes renvoient à d'autres, dans une complexe structure narrative, pleine de mystères.

1 - PASSAGE : l'art et la manière de passer... ou de représenter le possible passage

2 / 12 A) Promenade sur les 7 ponts de Königsberg

Promenons-nous dans le Königsberg¹ du milieu du 18^e siècle. Si vous êtes d'humeur aventureuse, vous pourriez tenter de résoudre l'énigme en vogue, et trouver un itinéraire qui traverse la ville en empruntant chacun des sept ponts qui relient les rives et les îles du fleuve de la Pregolia. [RES4] Mais en ne passant qu'une seule fois sur chaque pont s'il vous plaît !

Du haut de ses 27 ans, le mathématicien Leonhard Euler² n'a pas eu à fouler le pavé pour prouver qu'une telle promenade était impossible : quelques traits de plume ont suffi. [RES5] Considérant les ponts comme des liens, et chacune des rives et îles comme les intersections de ces liens, cette représentation abstraite du problème lui permet en 1735 « de faire une liste exhaustive de tous les chemins possibles pour trouver si oui ou non, un d'entre eux satisfait les conditions du problème.³ ». Aux yeux de l'histoire des sciences, il pose surtout les fondations de la *théorie des Graphes*, et un des débuts de la *science des réseaux*⁴ : « l'étude des relations, liens et interconnexions entre les choses, et non l'étude des choses en elles-mêmes⁵ ».

La transformation de notre petite promenade en un modèle abstrait de réseau, n'est pas qu'une anecdote de l'histoire mathématique. Dans mon œil de chercheuse de lien, c'est surtout l'occasion de se demander quelle est la nature de ce réseau de ligne, que nos contemporains nomment "graphe".

— le Graphe d'un passage ?

Car il ne s'agit pas tout à fait d'une figuration des ponts de la ville, qui ont bien d'autres caractéristiques et d'autres formes que les lignes d'Euler. Il ne s'agit pas vraiment non plus du dessin des traces de tous les mouvements possibles dans la ville, puisque la Pregolia se traverse aussi en barque, et que le promeneur malicieux peut faire prendre à son chemin toutes sortes de rythmes et de circonvolutions.

Mais il ne s'agit pas non plus d'un simple ensemble de lignes croisées sans signification, sinon il n'aurait pas servi à élucider cette anecdote, ou nous serions plutôt en train de juger l'épaisseur des lignes, de leurs qualités, de leur orientation, bref de leur plasticité. Or quelle que soit la qualité plastique de ce *graphe*, nous sommes bien d'accord pour dire que cela revient au même pour l'énigme de Königsberg. [RES7]

Ce graphe est en fait à l'intersection entre une infrastructure qui permet des déplacements réels (les ponts) et une forme plastique qui s'appréhende en entier d'un seul coup d'oeil (l'ensemble de 4 lignes et 4 croisements). Et cette intersection permet la réunion d'un ensemble de possibilités de mouvement, autrement dit : un réseau. La combinaison de ces trois éléments est d'un équilibre délicat : le graphe peut devenir de plus en plus fidèle à l'infrastructure, retracer de plus en plus précisément le tracé des ponts vu d'en haut, simuler leur pavage, suggérer l'ondoiement de la Pregolia, ce sera toujours le même graphe du point de vue du réseau. Mais ajoutez donc pour plus de réalisme chaque bâtisse du Königsberg médiéval, chaque rue et leurs places au mille détails, chaque parcs et leurs innombrables arbres : très vite certains des sept ponts deviennent indistinguables, et les possibilités de déplacement condensées dans le graphe ne sont plus les mêmes, et donc lui non plus. A l'inverse épurez les quelques mètres de pont de pierre pour en faire des tracés longilignes sans échelle, et réduisez chaque morceau de ville à un point minuscule : si un code indique quel trait est quel pont, quel point est quelle rive, les tracés de pont peuvent bien faire des frisottis ou des zigzags, le réseau est sensiblement le même puisque nos sept possibilités de mouvement sont intactes. Mais poussez l'épure jusqu'à supprimer les codes de correspondance avec les ponts, ou à délayer l'intersection entre deux lignes, et les possibilités de déplacement ne correspondent plus à la réalité, le graphe a changé. Dans cette subtile balance, l'important est de garder similaire l'ensemble de possibilités de déplacement indiquées, afin que le réseau persiste.

— Réseau de voies de passage ?

Cet exemple retrace bien une des caractéristiques principales d'un réseau : ce sont ses « voies de passage⁶ » qui le composent, nous dit le CNRTL. Et je plussoie : Passage de promeneurs, de carrioles, de bateaux, d'eau, de sang, d'air, de courant électrique, d'idées, de parole, d'informations... pourtant si les passages font le réseau, et si tant de choses passent, alors il y a des réseaux de toutes parts ! [RES8] « Les réseaux sont une structure véritablement omniprésente dans presque tous les systèmes naturels et artificiels que vous pourriez avoir à l'esprit⁷ » confirme Manuel Lima. Le réseau de sept lignes du graphe de Euler en paraît bien petit et ridicule. Pourtant l'exemple des sept ponts de Königsberg révèle un autre aspect clef du réseau selon moi : son recensement. Qu'importe si des réseaux sont omniprésents si on ne se donne pas la peine de le remarquer ? Qu'importe qu'il y ait eu passage, ou qu'il y ait possibilité de passage, s'il n'a pas été reconnu une voie, matérielle ou immatérielle, que l'on peut définir pour étudier si et comment elle se connecte à d'autres ?

Entendons-nous bien, je ne dis pas que le réseau étudié et tracé par Euler est le seul qui ait eu de l'importance à Königsberg en 1735, simplement parce qu'il a été tracé, ou qu'il est associé aux mathématiques de la théorie des Graphes. Nous pouvons retrouver la trace de centaines de typologies de réseaux recensées par les archives : réseau des passages par les rues piétonnes, réseau commercial de passage des marchandises, réseau intellectuel avec les passages de lettres des correspondants de Kant qui y séjourna... [RES8-1] Et je suis convaincue que moult réseaux, sans passer à la postérité, ont été établis et partagés par les habitant.es : réseau de circulation du bouche à oreille pour la diffusion des rumeurs relayées par quelques personnes bavardes, réseau d'écoulement des eaux usées suivant les conditions météorologiques, et bien d'autres. Je ne crois cependant pas que l'on puisse considérer qu'il y ait réseau si personne ne remarque un entrecroisement de voies de passages comme tel. Tant que personne ne note un tel entrecroisement, comment pourrait-on affirmer qu'il a lieu ? C'est ainsi que le graphe de Euler devient un cas particulièrement intéressant : non content de remarquer des croisements de voies de passage, il les recense sous certaines caractéristiques, précise leurs interrelations, et rend son appréhension du réseau partageable, en représentant non l'infrastructure elle-même, mais certaines caractéristiques de passage. Sans doute ce réseau était-il d'ailleurs en quelque sorte déjà en tête de tous ceux qui, planifiant leurs parcours en ville, savaient à l'avance où ils passeraient et dans quel ordre, du moins inconsciemment. Mais la description d'Euler, elle, atteste de l'existence

de ce réseau suivant ses caractéristiques précises : à une période et un lieu donné, dans un certain but et en prenant en compte certaines caractéristiques.

3 / 12 B) Représentation ?

— Représentation graphique du réseau

Le graphe de Euler atteste et décrit donc un réseau de passage, permet de le partager, de l'archiver, et surtout aide à l'étudier. Et toutes ces qualités, qui seraient impossibles à suggérer sans un accompagnement langagier qui aide à décoder et accompagne la structure d'ensemble, sont grandement mises en avant par la *représentation graphique* qu'il offre. Et comme le montre Manuel Lima dans son atlas de réseaux complexes *Visual Complexity*⁸, les représentations de réseau sont presque toujours graphiques... En préface, le théoricien des médias Lev Manovich nous explique pourquoi :

« la représentation graphique constitue un des systèmes de signe fondamentaux conçus par l'esprit humain dans le but de stocker, comprendre, et communiquer des informations essentielles. En tant que "langage" de l'œil, ce qui est graphique bénéficie des propriétés d'ubiquité [ubiquitous properties] de la perception visuelle.⁹ » L'idée d'un regard ubiquiste peut sembler saugrenue, mais s'il est impossible de regarder dans plusieurs directions à la fois, toutes celles et ceux qui liront ce mémoire sur écran feront sans difficulté l'expérience de voir dans plusieurs endroits en même temps : bien qu'en train de lire et d'être concentré sur le mot "ubiquité"¹⁰, vous devez sans doute voir que vous n'êtes pas encore tout à fait arrivé à la fin du paragraphe, qu'il est suivi par un autre paragraphe, qu'à gauche le sommaire n'a pas disparu, et qu'en bas de l'écran une note est apparue. Plus encore, sans doute voyez-vous dans le même temps, plus en périphérie, les masses colorées du reste de votre écran, vos mains, et vaguement l'environnement dans lequel vous vous trouvez. Preuve en est que la plupart des changements un peu brusques attireront sans doute votre attention une fraction de seconde, avant que vous retourniez lire cette phrase. Cette qualité de perception d'ensemble inhérente à la perception visuelle, cette "ubiquité", permet donc d'appréhender la structure globale d'un réseau tout en se concentrant sur un de ses détails, lorsqu'il est représenté graphiquement. Cette qualité, particulièrement pratique pour s'interroger sur une voie de passage particulière tout en ayant conscience de ses connexions et des autres passages possibles, s'adapte effectivement bien à la compréhension d'un réseau.

La prépondérance de la représentation graphique des réseaux pousse toutefois à chercher comment le graphique influe sur la compréhension de ces représentations. Voici venir une petite procession de théoriciens des médias et de l'esthétique des réseaux pour nous interroger.

— Représentation toujours située et rhétorique

Éric Méchouant, se demandant *D'où viennent nos idées ?*¹¹, précise d'ailleurs qu'« il ne faut pas croire que les matérialités ou les formes [de la] transmission soient sans nul effet sur les idées et les discours : l'étanchéité des deux est loin d'être évidente.¹² » Tous les éléments du contexte de perception d'une représentation de réseau compteront dans la compréhension et l'image mentale qui se fabrique en l'observant. Pourtant en 2009, Johanna Drucker fait observer que la pratique du design d'information graphique « est sous-tendue par le postulat empirique selon lequel ce qu'on voit est ce qui est là. Le caractère évident des entités graphiques ; lignes, signes, couleurs, formes — n'est jamais interrogé en lui-même, quelle que soit l'ampleur de la critique qu'on puisse faire des paramètres en fonction desquels ces entités sont générées ou étiquetées¹³ ». Ainsi donc, la nature des représentations graphiques n'incite pas spontanément à questionner les biais véhiculés. Et Hall Peter de renchérir, en suggérant que nous finissons par être habitués aux « déclarations de transparence, de certitude et d'objectivité inscrites dans le langage cartésien¹⁴ », au point que nous le projetons sur la plupart des représentations de réseaux. Pourtant ces représentations peuvent difficilement véhiculer des « éléments factuels¹⁵ » puisqu'elles abstraient les voies de passage, mais ne les sont pas. Au contraire l'observateur.ice et le phénomène observé sont toujours situés, et il peut être pertinent de le mettre en valeur, pour regarder la visualisation comme « une œuvre rhétorique¹⁶ », un « élément de préoccupation¹⁷ ». Ainsi, les représentations du réseau de partage en ligne et de tweets des articles du *Times* [RES9] réalisées par Jer Thorp, représentent certes un réseau d'échange d'information, mais sous un angle stratégique très particulier, loin de toute objectivité. « Le plus important peut-être », entend-on en voix off du clip promotionnel, « est de s'interroger sur la façon dont le Times peut utiliser ces informations pour étendre son influence sur les conversations et conserver sa position de leader de l'actualité et de l'information.¹⁸ » Comme le résume Hall : « Cette visualisation n'est sans doute pas tant une enquête sur la nature du partage d'informations que la surveillance territoriale d'un champ de bataille médiatique¹⁹. » Ce caractère situé une fois assumé, on peut alors jouer sur les biais rhétoriques inhérents au langage graphique, à l'avantage de la

représentation du réseau : « le caractère convaincant d'une présentation ne dépend pas simplement de sa force logique, mais aussi de son attrait émotionnel et de la personnalité de l'orateur en termes classiques, c'est-à-dire non seulement de son logos, mais aussi de son pathos et de son ethos.²⁰ »

Pour le dire autrement, il s'agit de ne pas oublier « l'idée que les images elles-mêmes puissent être dialectiques, produites comme des artefacts d'échange et d'émergence²¹ », conclut Johanna Drucker. Observer une représentation graphique devrait toujours aller de pair avec le questionnement « qui a conçu cet objet, pour qui, et dans quel but²² ? ».

— Représentation en analyse perpétuelle, par définition

Au caractère foncièrement situé d'une visualisation, s'ajoute la temporalité ambiguë inhérente au fait de proposer une "représentation". Comme le dit l'écrivain Peter Brook :

« Le mot français représentation apporte une réponse [à la contradiction contenue dans le mot répétition]. Une représentation, c'est le moment où l'on montre quelque chose qui appartient au passé, quelque chose qui a existé autrefois et qui doit exister maintenant. [...] En d'autres termes, une représentation, c'est une mise au présent, qui doit favoriser un retour à la vie que la répétition avait nié, mais qu'elle aurait dû sauvegarder.²³ »

La parenté entre les mots "présent", "présentation" et "représentation" n'est pas anodine. La notion même de "représentation" indique que la compréhension d'un réseau *via* sa représentation se sera pas constante, intemporelle, définitive, puisqu'elle met en relation deux instants "présents" distincts. Une représentation de réseau doit *toujours* faire avec l'écart entre ce moment où le présent de quelqu'un.e est dévolu à l'abstraction des voies de passage, et cet autre moment où le présent de la même personne ou d'une autre est dévolu à la perception de ce réseau. [RES10]

L'apparent caractère abouti, figé, objectif que peut avoir une représentation graphique de réseau est immédiatement contredit par la notion même de représentation, d'où l'importance de comprendre et questionner ces choix – ces biais – induits dans le cadre de sa production.

— Lorsque la représentation conditionne le passage : impact de la représentation sur le réel

Même si sa nature même de représentation graphique invite donc à toujours interroger la visualisation de réseau, à quoi cela sert-il sinon toujours à reconnaître son caractère situé ? À passer, bien évidemment ! Parce qu'une partie des réseaux est invisible à l'œil nu, immatérielle, trop complexe à retenir ou trop vaste à couvrir en un seul coup d'œil, la seule manière que l'on a de les appréhender dans leur ensemble est la représentation, qui trace les limites tout en soulignant les potentiels de passage. Comme l'explique Caroline Moureaux-Néry, « à l'image du plan de métro, ce sont [les] représentations qui révéleront ou non les possibilités de déplacement²⁴ » et donc qui conditionneront ces déplacements : « Pour le voyageur, le métro se confond avec son plan, [...], si une station y est effacée, elle n'existe plus à ses yeux.²⁵ » [RES11] Ou, à l'inverse, ce qui figure sur la représentation du réseau se met à exister assez différemment de ce qui l'a inspiré comme les "Paper Town", "villes de papier" des réseaux routiers étatsuniens. [RES12] Villes imaginaires ne correspondant à aucun lieu réel, elles ne devaient servir que de signatures cachées ("*copyright traps*") pour pister les plagiat cartographiques. Pourtant, aux yeux de quiconque prévoit un voyage en s'appuyant sur ces représentations de réseau, il n'existait aucune différence de nature entre les petits cercles légendés du nom d'une ville réelle ou d'une ville inventée. On s'imagine en *road trip* dans l'État de New York, prévoyant de faire une petite halte à Algoe pour faire le plein : dommage, point de regroupement urbain à l'intersection de la route 206 et de Morton Hill Road, j'espère qu'il reste de quoi aller jusqu'à la prochaine. L'histoire souligne l'influence de ces représentations sur la réalité : presque 20 ans après l'apparition d'Algoe sur les cartes de la *General Drafting Corporation*, le petit supermarché qui s'implante à l'endroit indiqué prendra le nom d'*Agloe General Store*, faisant administrativement exister la ville aux yeux de la bureaucratie du Comté de Delaware²⁶.

L'influence de ces représentations de réseau est particulièrement visible dans les cas géographiques, car ils correspondent à des voies de passage très tangibles, dans un contexte où il semble naturel de disposer de beaucoup de possibilités de mobilité²⁷. La cartographie dispose de plus d'une panoplie d'outils critiques étoffée au cours de plusieurs siècles. Comme le décrit le géographe Jeremy Crampton, derrière l'histoire de la carte se trouve « toute une série d'engagements en politique, en propagande, dans la criminalité et la santé publique, dans la création impérialiste de frontières, dans l'activisme

communautaire, l'État-nation, le cyberspace et l'Internet. Autrement dit : il existe une politique de la cartographie²⁸ ». Cependant, l'impact dans la réalité et la portée politique des représentations de réseau n'est pas restreinte à la seule cartographie, ni même à des réseaux physiques et tangibles, ou existants.

« Le fait que les cartes thématiques — les ancêtres de l'infoviz — et les statistiques soient apparues au début du 19^e siècle sous le nom de "techniques de gestion" n'est pas une coïncidence²⁹ » explique Peter Hall. « Les systèmes politiques, la législation et le cœur de nos valeurs culturelles sont tous des prolongements de ces techniques. Ces dernières ne décrivent pas un monde préexistant ; par leurs méthodes de cadrage, de sélection et de prévision, elles *inventent un monde*³⁰ ». D'où l'importance de s'interroger sur les choix de représentation qui influencent ce monde en invention.

4 / 12 C) Portes : un réseau sans représentation ?

— une interface est une porte dont le réseau de communication ne m'est pas connu

Avant de plonger dans la précision des modes de représentations de réseau, j'aimerais revenir sur un point : quand on peut dire qu'un réseau existe, c'est qu'on a déjà conscientisé une représentation mentale d'au moins une partie de ce réseau. Mais il faut reconnaître qu'au quotidien, hors d'une expertise professionnelle dans tel ou tel domaine, dans la plupart des moments où nous sommes en contact avec un réseau, nous savons confusément qu'il s'agit d'un réseau, mais sans tenter du tout d'en conscientiser une représentation détaillée. Nous savons sourdement que pour qu'une information ou un objet circule jusqu'à moi, ou pour que je circule moi-même, il faut un réseau dont j'utiliserai une des extrémités ; il faut des personnes qui auront mis des infrastructures en réseau, et qui utilisent leur représentation pour y mettre en place, étudier et vérifier la circulation.

Pourtant, souvent je ne consulte pas moi-même les graphes de ce réseau pour en vérifier l'intégrité : j'ai confiance dans le fait que la mise en réseau existe et fonctionne, et le plus souvent j'ai uniquement l'indication de ce qui se trouve à l'autre extrémité du réseau. [RES13]

Au lieu d'avoir pour interface une représentation du réseau, une carte, l'interface est comme une porte. Comme si, la plupart du temps, nous avons connaissance d'une possibilité de circulation uniquement grâce à l'étiquette présente sur une porte, et non grâce à une représentation du réseau auquel est reliée cette porte.

Je pense à l'énigme des deux portes du film *Labyrinthe* de 1986. Notre héroïne Sarah n'a eu aucun accès à une représentation du château labyrinthique qu'elle doit traverser, et doit à de multiples reprises choisir entre deux portes, de mésaventures en surprises. Vers le milieu du film, Sarah se retrouve face à deux gardes bicéphales, gardant chacun une porte. [RES14]

« Le seul chemin pour sortir d'ici est de prendre une de ces portes.

- l'une d'entre elle mène au château, et l'autre... [roulements de tambours]

- à une mort certaine ! [oooooh]

- [Sarah] Mais laquelle est laquelle ?

- Non ! tu ne peux demander qu'à un seul d'entre nous !

- Et nous devons te prévenir que l'un d'entre nous dit toujours la vérité, et l'autre dit toujours des mensonges...³¹ »

Une fois l'énigme résolue et la prétendument bonne porte désignée, Sarah ouvre ce qui l'amènera... aux oubliettes ! Sans moyens de voir ce qu'il y a derrière la porte, sans savoir quel chemin est connecté à quel lieu, Sarah doit se fier aux indications données par les portes. Bien sûr, je ne dis pas que les interfaces donnent des indications aussi alambiquées ou fallacieuses que les doubles gardes. Mais dans tous les cas, il faut faire confiance aux indications de la porte, pour la franchir. Et cela vaut pour toutes sortes de réseaux, mêmes immatériels : c'est le principe du lien hypertexte, qui est souvent amené par une description [RES15] du contenu de l'adresse URL, même si le *phishing* et le *Rickroll*³² nous ont appris à en douter³³.

Cependant, franchir de telles portes sans avoir de représentation du réseau au préalable n'empêche pas de s'en créer une, comme l'a fait le nain Hoggle qui guide Sarah dans certaines parties du labyrinthe, dont il connaît la connexion à force de passage. Mon amie Caroline Moureaux-Néry montre d'ailleurs que cet apprivoisement existe aussi dans certaines portions du Web, même s'il s'agit plus d'une connaissance partielle que d'une représentation. Lisa, 24 ans, lui confie par exemple « Quand je cherche une vidéo sur YouTube et que je ne me rappelle plus de son nom, je cherche le chemin que j'avais fait pour tomber dessus. Vu que YouTube te recommande toujours les mêmes choses, ça marche.³⁴ » [RES16] C'est un départ de représentation mentale d'une des chaînes du réseau de mots-clés qui relient les vidéos Youtube. Paul, 25 ans, a connaissance d'un nœud prépondérant : « Au collège, on avait un jeu sur Wikipédia. On commençait tous sur la même page au pif et le but était d'arriver le plus vite possible sur la page d'Hitler, juste en cliquant sur des liens hypertextes. On pouvait passer des heures à jouer - Mais vous arriviez toujours à retomber sur la page d'Hitler ? Il n'y avait

pas des fois où c'était impossible ?

- Non, la page est super reliée, il y a toujours moyen d'y arriver, quel que soit le point de départ³⁵. » [RES17]

— la porte aussi est le raccourci d'un réseau

Filant cette métaphore d'interfaces-portes, je ne peux pourtant pas m'arrêter au labyrinthe alors que la culture fictionnelle recèle bien d'autres pépites portières³⁶. Plus proche du lien hypertexte, par exemple, le raccourci d'espace-temps que sont les portes qui savent mener dans des lieux très éloignés, comme celles de *The adjustment bureau*³⁷, mais seulement si on connaît par avance le plan de ce réseau secret de portes, ou encore celles de *Matrix Reloaded*³⁸, qui elles peuvent mener en différents endroits si l'on sait les programmer (un peu comme on changerait l'URL vers lequel renvoie un QR code). [RES19] Les exemples de telles portes sont nombreux, c'est donc que la porte se prête à un tel imaginaire, et pourtant il n'est pas facile de faire une hypothèse, même fictionnelle, de leur fonctionnement surnaturel. C'est que les correspondances entre ces portes mises en réseau contredisent mes représentations d'autres réseaux : entre les toilettes de la mairie de New York et le stade de foot le plus proche il y a un certain nombre de couloirs, escaliers, rues ; et pour aller ensuite jusqu'à Ellis Island, il faudrait forcément traverser la mer de la baie de New York, mais pas pour Matt Damon et Emily Blunt³⁹. [RES18] Cela ne fonctionne pas avec notre réseau référentiel d'espace-temps. Or, pour passer de l'un à l'autre il faudrait ou bien que cette porte change leur référentiel temporel (et soudain aller très vite pour faire le déplacement), ou bien leur référentiel spatial. Je pencherai pour la deuxième hypothèse puisque même sans avoir traversé le seuil, une fois la porte ouverte le deuxième lieu est visible (bien qu'il puisse s'agir d'un aperçu). Puisqu'au même moment le reste de l'Amérique continue à vivre sa vie sans sourciller, c'est que le référentiel d'espace temps du reste des humains est alors différent de celui de Matt et Emily. Dans ce nouveau référentiel matérialisé dans l'espace de l'encadrement d'une porte, les règles sont différentes : nos sens ne sont juste pas capables de constater en quoi. Ou encore, comme dans la Matrice, les sens, entièrement trompés par la simulation, ne peuvent saisir la rapidité de la teneur subatomique des influx électriques induits informatiquement. En d'autres termes : à une échelle temporelle et matérielle extrêmement fine, s'est produite une circulation imperceptible, sans que nous constations le fonctionnement du réseau.

Même si cette métaphore, comme toute figure de style, a ses limites, je trouve que l'effacement des transportés n'est pas si loin de celui que provoquent certaines interfaces numériques (ou du moins c'est ce qu'espéreraient certaines industries technologiques en recherchant le fameux « effet waow »). Et si l'on transpose cette expérience de changement d'échelle et de dimension instantané hors de la fiction, et avec un exemple très simple emprunté à Jean Lasègue : « On peut prendre un exemple très simple : pour afficher des caractères latins, arabes ou chinois sur un écran, vous avez besoin d'une panoplie de programmes dits dédiés que vous ne voyez pas, que vous ne pouvez pas voir, et qu'aucun informaticien ne voit et qui transforment le signe porteur de sens en une marque sans sens uniquement traitable par un ordinateur. Vous avez beau être un as des langages de programmation, il n'empêche que vous vous situez à un niveau où, évidemment, vous ne programmez pas en binaire au niveau des cases de la machine de papier inventée par Turing ; cela n'aurait aucun sens⁴⁰. » [RES20] Au lieu de cela a été établie une infrastructure électronique en réseau, qui fait que la sélection des glyphes dans une situation donnée sera traduite en différents langages et émissions à une vitesse de 5 Gbit/s, là où le code morse fonctionnait à environ 40 bit/s (vitesse de perception humaine maximale). Nous savons qu'une circulation électrique sera exécutée si nous interagissons avec l'interface, et nous pouvons en théorie et en partie du moins prévoir les conséquences de cette circulation dans une section déterminée du réseau, puisqu'elle obéit à des « programmes⁴¹ », étymologiquement « ce qui est écrit » l'avance⁴² ». Le réseau d'émission, de circulation et de captation, si nous savons qu'il existe, nous échappe complètement au quotidien : « Aujourd'hui tous les systèmes d'écriture, alphabétiques ou non, relèvent de ce modèle et c'est complètement nouveau dans l'histoire de l'écriture. Cela implique que vous perdez la maîtrise du processus graphique et vous vous retrouvez obligé de faire confiance aux algorithmes existants, aux développeurs qui ont rédigé l'assembleur, aux constructeurs de la machine, etc. À tous ces niveaux, on peut toujours supposer qu'il y a de la manipulation⁴³. » Cependant, avoir confiance en la conception de ce réseau est une conséquence *sine qua non* de l'utilisation des interfaces, pour ne pas avoir à se confronter à une complexité chronophage et difficilement partageable, comme l'entrevoit déjà Vannevar Bush peu avant les débuts de l'informatique : « Mais même ces nouvelles machines n'emmèneront pas le scientifique là où il a besoin d'aller. Il sera nécessaire d'éviter à l'utilisateur d'avoir à faire de laborieuses manipulations détaillées de mathématiques avancées, si leurs cerveaux sont libérés pour quelque chose de plus que de répétitives transformations détaillées, conformément aux règles

établies. Un mathématicien n'est pas un homme qui peut facilement manipuler des chiffres. Il n'est pas non plus une personne qui peut facilement transformer des équations par des calculs. C'est essentiellement un expert dans l'usage d'une logique symbolique avancée. C'est en particulier une personne dotée d'intuition face aux choix des techniques de manipulation qu'il emploie. [...] Il devrait être en mesure de faire confiance au mécanisme de cette machine, tout comme il fait confiance au mécanisme interne de sa voiture pour la faire avancer⁴⁴. »

Il est intéressant de constater que l'usage de ces techniques de manipulations ne demande pas forcément de connaître et maîtriser l'entièreté, et le détail des réseaux qu'elles impliquent, de telle façon que l'interface n'a pas forcément besoin d'être un graphe du réseau, mais une représentation en "porte". Pourtant, même si les réseaux informatiques et digitaux s'étendent et se densifient toujours plus, tout en étant descendus vers une échelle spatio-temporelle toujours plus fine, des rappels continuent à nous faire savoir que derrière bien des interfaces personnelles se cachent des réseaux utilisés par bien des utilisateurs. Dans une certaine mesure, je crois que l'affirmation de Bruno Latour de 1998 est toujours vraie : « Plus l'information se répand, plus nous pouvons pister ce qui nous rattache les uns aux autres, puisque partout les câblages, formulaires, prises, capteurs, échangeurs, traducteurs, passerelles, bouquets, modems, plates-formes, compilateurs deviennent visibles et coûteux – le prix encore sur l'étiquette. » Etudier la matérialisation des réseaux serait alors bien naturellement « tirer partie de l'épaisseur des relations, de ce soulignement continu dans lequel les connexions les plus infimes semblent passées au stabilo.⁴⁵ »

— Contact : une porte entre deux dimensions

Je pense enfin à toutes ces portes qui, plus mystérieuses encore, permettent de passer d'un monde à l'autre. La porte de l'armoire qui emmène de l'Angleterre des années 40 au monde fantastique et enneigé de *Narnia*⁴⁶, jusqu'à l'usine de portes de *Monstre & Cie*⁴⁷ qui chacune s'ouvre un instant depuis le monde excentrique des monstres vers le placard d'une chambre d'enfant à terroriser... [RES21] Ce sont toujours des mondes parallèles, qui ne contredisent en rien le monde que nous connaissons, ni ne nécessitent de s'y insérer. La profusion de ces récits montre qu'il nous est très facile d'imaginer ces (au moins deux) mondes, semblables ou non, qui coexistent de manière parfaitement indépendante, mais qui, en de rares points, se rencontrent, pour que la compréhension de l'un par l'autre puisse se faire – mais cela reste un

passage singulier, non un échange qui conduit au mélange. Le réseau se construit donc en des sortes de points de contact, entre ce qui est souvent représenté comme des calques distincts, mais en quelque sorte superposés. La distinction que je fais ici avec les portes-raccourcis de réseau, est qu'au contraire d'un seul plan qui se recouperait sur lui-même [RES22] pour former un réseau, ou qui serait mis en lien par un réseau invisible, les portes entre deux dimensions forment un réseau entre deux plans qui sinon ne se croisent jamais, ou sont de nature trop différente pour se confondre. [RES23]

La facilité avec laquelle nous pouvons imaginer cette coexistence est soulignée par Bruno Latour au détour de son ouvrage *Où suis-je* :

« Les croyants qui dirigeaient autrefois leurs regards, leurs espoirs, leurs espérances "vers le Ciel", ne mesuraient pas une distance en kilomètres, mais une distance en valeur. [...] Oui, ce contraste recoupe ce qui, plus tard, quand on se sera cru moderne, deviendra le ciel — sky —, mais enfin rien dans ce Ciel-là — heaven — ne signifie que l'on doive vraiment s'en aller en s'élevant pour de bon dans l'air (comme la fusée qui doit emporter l'entrepreneur Elon Musk sur Mars au grand désespoir des terriens...). [...] C'est dans ce "monde spirituel" supérieur, placé comme une couche horizontale et claire au-dessus de la couche plus sombre du "monde matériel", qu'était censé se dérouler la suite de l'histoire "après la vie". ⁴⁸ » Entre ciel et Ciel, là-haut et là-Haut, aucune confusion dans la culture chrétienne, mais de multiples correspondances, comme deux dimensions disjointes, mais pas imperméables. Que l'on y croit ou non, la compréhension tacite et l'enracinement culturel de cette représentation me pousse à croire que nous avons une certaine facilité à nous représenter ce type de réseau complexe, où potentiellement partout peuvent s'ouvrir des portes, mais où la distinction de dimensions sera toujours présente. D'un sens, j'ai l'impression que l'interaction entre différents fichiers de codes, html et css par exemple, qui pointent sans cesse de l'un à l'autre sans confondre leurs langages, est similaire, bien que dans ce cas il s'agisse également d'un réseau qui entretient un rapport "d'ossature" puisque le code css ne peut fonctionner sans la structure du code html, alors qu'entre deux dimensions, il n'est pas évident que l'une soit nécessaire à l'existence de l'autre.

Nous avons à présent établi qu'un réseau est un ensemble de voies de passage, quel que soit le type de passage, et que l'on ne peut considérer qu'il existe qu'à partir du moment où on commence à en avoir une représentation :

- en graphe : l'ensemble des voies de passages du réseau représenté. Le graphe peut se faire interface, si chacune des représentations de voie

permet d'accéder directement à cette voie...

- en porte : la représentation de l'entrée dans le réseau, qui peut dévoiler ou masquer la nature du passage qui va suivre.

Comme la porte ne donne souvent qu'une vision très partielle du réseau, pour comprendre la nature de ces liens, concentrons-nous sur les représentations en graphe – pas moins partiales, mais qui permettent de comparer les voies de passage.

-
- 1 Aujourd'hui Kaliningrad, en Russie.
 - 2 EULER Leonhard, « Solution of a problem in the geometry of position » [« Solutio problematis ad geometriam situs pertinens »], *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 8, 1736.
 - 3 BIGGS Norman and WILSON Robin, *Graph Theory 1736-1936*, 3-4. Traduction personnelle depuis l'anglais.
 - 4 Cette histoire est relatée dans LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press. Chapitre 3, p.74.
 - 5 WIKIPÉDIA, « Science des réseaux », Français. [en ligne]
 - 6 CNRTL, « réseau », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
 - 7 « The network is a truly ubiquitous structure present in most natural and artificial systems you can think of, from power grids to proteins, the Internet, and the brain. Usually depicted by network diagrams made of nodes (a person, Website, neutron, protein, or airport) and lines that connect and highlight relationship between the nodes (friendship, chemical exchange, or information flow), networks are an inherent fabric of life and a growing object of study in various scientific domains. » LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p.15. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 8 LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 9 LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice. Préface de Lev Manovich, pp.11-15.
 - 10 « Faculté d'être présent physiquement en plusieurs lieux à la fois. » CNRTL, « ubiquité », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
 - 11 MÉCHOULAN Éric, *D'où nous viennent nos idées ? Métaphysique et intermédialité*, 2010, Montréal : VLB Éditeur. [en ligne]
 - 12 *Ibid*, p.17-12 dans le pdf.
 - 13 DRUCKER Johanna, *SpecLab: Digital Aesthetics and Projects in Speculative Computing*, 2009, Chicago, University of Chicago Press, p. 73.
 - 14 HALL Peter, « Bulles lignes et fils », article de la revue en ligne *Backoffice n°2, Penser, classer, représenter*, avril 2018 [2011], édition B42, traduit de l'anglais par Marie-Mathilde Bortolotti.

- 15 LATOUR Bruno, « A Cautious Prometheus ? A Few Steps Toward a Philosophy of Design (with Special Attention to Peter Sloterdijk) », présentation donnée lors de la rencontre *Networks of Design* organisée par la Design History Society, à Falmouth, Cornwall, RU, 3 septembre 2008. [en ligne]
- 16 DRUCKER Johanna, *Graphesis. Visual Forms of Knowledge Production* [*Graphesis. Formes visuelles de production de savoir*], 2014, Harvard University Press. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
- 17 *Ibidem*.
- 18 Clip promotionnel pour l'outil de visualisation *Cascade*, par James Thorp, 2011, *The New York Times*. [en ligne]
- 19 HALL Peter, « Bulles lignes et fils », article de la revue en ligne *Backoffice n°2, Penser, classer, représenter*, avril 2018 [2011], édition B 42, à 41% de l'article. Traduit de l'anglais par Marie-Mathilde Bortolotti.
- 20 *Ibid*, à 81% de l'article.
- 21 DRUCKER Johanna, *SpecLab: Digital Aesthetics and Projects in Speculative Computing*, 2009, Chicago, University of Chicago Press, p. 73.
- 22 DRUCKER Johanna, « Humanistic Approaches to the Graphical Expression of Interpretation », 20 mai 2010, conférence *HyperStudio Humanities + Digital Visual Interpretation*, MIT, Cambridge, MA.
- 23 BROOK Peter, *L'Espace vide. Écrits sur le théâtre*, 1977 [1968], Paris, Seuil, coll. Pierres vives, p. 181. Traduction de l'anglais par C. Estienne et F. Fayolle. Cité par MASURE Anthony, *Le design des programmes, des façons de faire du numérique*, 2014, Thèse dirigée par M. Pierre-Damien Huyghe, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, ufr 04, École doctorale d'arts plastiques et sciences de l'art. Discipline : Esthétique et Sciences de l'Art, spécialité Design. [en ligne]
- 24 MOUREAUX-NÉRY Caroline, *World Wide Web, plongée dans les logiques de navigation Web*, 2020, mémoire de fin d'étude sous la direction de Loup Cellard, ENSCI - Les Ateliers, p.91.
- 25 *Ibid*, p.36.
- 26 Le cas d'Algoe, devenu célèbre, est décrit sur WIKIPÉDIA, « Agloe », Français. [en ligne], mais aussi dans les romans à succès *La Face cachée de Margo* (*Paper Towns* en anglais) de John Green, et *Une ville de Papier*, d'Olivier Hodasava.
- 27 POOLEY Colin G., TURNBULL Jean et ADAMS Mags, « Changes in everyday mobility in England since the 1940s: A case study », 2005, *Belgeo*, 1-2 pp.69-84.
- 28 ZELINSKY Wilbur, « The hypothesis of the mobility transition », *Geographical Review*, 61, 1971, Worcester Mass, American Geographical Society, pp. 219-49.
- 29 CRAMPTON Jeremy, *Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS*, 2010, New York, John Wiley & Son, p.9.
- 30 HALL Peter, « Bulles lignes et fils », article de la revue en ligne *Backoffice n°2, Penser, classer, représenter*, avril 2018 [2011], édition B42. Traduit de l'anglais par Marie-Mathilde Bortolotti.
- 31 *Ibid*, à 50% de l'article.
- 32 HENSON Jim, *Labyrinthe*, 1986, film produit par Henson Associates, Inc.
- 33 "Rickroll" : pratique d'Internet apparue en 2007 qui consiste à renvoyer un internaute vers le clip *Never Gonna give you up* de Rick Astley en question via un lien supposé être en rapport avec le texte qu'il consulte.
- 34 voir en ligne

- 35 MOUREAUX-NÉRY Caroline, *World Wide Web, plongée dans les logiques de navigation Web*, 2020, mémoire de fin d'étude sous la direction de Loup Cellard, ENSCI - Les Ateliers, p. 137.
- 36 *Ibid*, p. 234. Il s'agit d'un Wiki Game communément nommé "Clicks to Hitler". Voir aussi WIKIPÉDIA, « Wiki Game », Anglais. [en ligne]
- 37 Voir l'article : BESSON Anne, « Des portes à ouvrir entre les mondes », article du site BNF Fantasy, expositions.bnf.fr, 2020.
- 38 NOLFI Georges, *The adjustment bureau*, 2011, film produit par Electric Shepherd Productions et Media Rights Capital.
- 39 DAVIS Don, *Matrix Reloaded*, 2003, film produit par Warner Bros. Village Roadshow Pictures, Silver Pictures, NPV.
- 40 NOLFI Georges, *The adjustment bureau*, 2011, film produit par Electric Shepherd Productions et Media Rights Capital.
- 41 LASSÈGUE Jean, « Des grilles et des rubans : Les machines formelles d'Alan Turing », avril 2018, Entretien réalisé par Kévin Donnot et Anthony Masure à Paris, le 11 juillet 2017 pour la revue *Backoffice* N°2, édition B42. [en ligne]
- 42 « "Programme" apparaît dans le dictionnaire autour de 1680. Dérivé du grec programma, de pro, "avant" et gramma, "ce qui est écrit", programme peut alors se comprendre littéralement comme "ce qui est écrit à l'avance", d'où "ordre du jour, inscription". Dans la langue française, le mot désigne à l'origine "un écrit annonçant les matières d'un cours, le sujet d'un prix, etc". Dès la fin du 17^e siècle, il désigne un écrit annonçant et décrivant les diverses parties d'une cérémonie, d'un spectacle, d'une fête. "C'est un écrit qu'on affiche quelquefois et qu'on distribue d'ordinaire, et qui contient le sujet de l'action, les noms de ceux qui la représentent, etc.". C'est dans cette logique que le terme programme va prendre un sens plus général, pour indiquer "de qui est annoncé en amont d'une émission ou d'une station de radio" (1933). Il se réfère alors à un objet temporel ayant une valeur collective, susceptible de constituer une masse d'audience (d'où les emplois figurés tels que "grille de programme", "changement de programme", etc.). »
- 43 MASURE Anthony, *Le design des programmes, des façons de faire du numérique*, 2014, Thèse dirigée par M. Pierre-Damien Huyghe, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, ufr 04, École doctorale d'arts plastiques et sciences de l'art. Discipline : Esthétique et Sciences de l'Art, spécialité Design.
- 44 LASSÈGUE Jean, « Des grilles et des rubans : Les machines formelles d'Alan Turing », avril 2018, Entretien réalisé par Kévin Donnot et Anthony Masure à Paris, le 11 juillet 2017 pour la revue *Backoffice* N°2, édition B42. [en ligne]
- 45 BUSH Vannevar, « As we may think » ["Comme nous pourrions le penser"], article du journal *The Atlantic Monthly*, volume 176, No 1, juillet 1945, p. 101-108. [en ligne] Traduction intégrale par MASURE Anthony dans sa thèse *Le design des programmes, des façons de faire du numérique*, dirigée par Pierre-Damien Huyghe, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. [en ligne]
- 46 LATOUR Bruno & Hermant Émilie, *Paris, ville invisible*, 1998, Les Empêcheurs de penser rond.
- 47 ADAMSON Andrew, *Le Monde de Narnia : Le Lion, la Sorcière blanche et l'Armoire magique*, 2005, Walden Media & Walt Disney Pictures, adaptation du roman de C. S. Lewis, *Le Lion, la Sorcière blanche et l'Armoire magique*, 1950.
- 48 DOCTER Pete, *Monstres et Cie*, 2001, Pixar Animation Studios, Walt Disney Pictures.
- 49 LATOUR Bruno, *Où suis-je ? Leçons du confinement à l'usage des terrestres*, 2021, Les Empêcheurs de penser rond.

2- VOIES, CONNEXION, RELATION : typologies

5 / 12 A) QUALIFIER DES VOIES

Venons-en à un exercice plus glissant : qualifier ces voies de passage. Puisque les qualités de ces voies de passage ont tant d'influence sur la réalité, chercher leurs qualités, qualifier les passages, est une dynamique cruciale. Plutôt que de dresser de véritables inventaire et classification, j'espère que légèder quelques qualités offrira de quoi faire proliférer les qualifications, pour souligner la singularité de chacune de ces voies de passage : pour souligner que représenter deux choses différentes ne peut jamais revenir au même. [RES24-2]

— inspiration : chorèmes & critique de la qualification de structures élémentaires

Ébaucher une telle légende s'avère périlleux, d'une part certes à cause de la subjectivité, du caractère éphémère et de la forte relativité d'une telle entreprise, mais surtout, d'autre part, de par l'énorme quantité de précédents et leur ribambelle de critiques, retouches, révisions et ce dans bien des disciplines.

Quel que soit le domaine qui questionne ses représentations, il se réfère souvent à la riche tradition cartographique : les tentatives de légendage de « structures élémentaires ¹ » y sont particulièrement débattues. Ainsi le *chorème*, « structure élémentaire de l'espace géographique ² », et son invention houleuse ³ en 1980 par Roger Brunet. [RES25] Ces formes simples (la maille, le front, la synapse...) permettaient de qualifier des espaces, par leur combinaison en modèles géographiques. La chorématique, après avoir été largement répandue, est largement contredite ⁴, butant à mon avis sur l'écueil de toute représentation : se croire l'absolue. En effet, la chorématique se veut « une grammaire de l'espace, dont les chorèmes seraient la plus petite unité ⁵ » comme un alphabet, qui pourrait « résoudre en géographie la contradiction de fond entre général et particulier, loi et individu, nomothétie et idiographie...

⁶ »... Comme ce qui est conclu lors d'une réunion de géographes en 2007 : « Il faut se rappeler du débat des années 70 avec la fascination pour une science qui prétendait organiser tous les champs des sciences humaines. [...Les chorèmes] correspondent à un outil mais non au fondement de l'outil. ⁷ »

Personnellement, j'aime les chorèmes, du grec *chôros* « territoire, étendue, lieu, contrée ⁸ » pour leur haut potentiel de combinaison, mais surtout d'appropriation : de la chrono-chorématique ⁹ aux chorèmes spatiaux-systémiques ¹⁰, les voir prendre toutes sortes de formes montre bien qu'ils sont des entités à questionner. Au lieu d'une méthode d'analyse qui n'accepterait qu'une démarche inductive (d'une série d'observations empiriques on généralise par une loi ou un modèle) ou déductive (d'une règle ou d'un modèle on confronte à des données expérimentales pour valider ou infirmer ¹¹), j'apprécie que chaque utilisation du principe demande de redéfinir et modifier les chorèmes.

— paramètres : qualifier un réseau comme on qualifie de la musique

J'organise ma qualification suivant différents paramètres, qui selon moi répondent à différentes questions que l'on peut se poser en observant ce qui se passe entre deux points d'un réseau : leur lien, leur relation, leur ligne.

Les différences entre ces paramètres peuvent paraître bien confuses, c'est pourtant une organisation typique des légendes, classées en différents paramètres : à en croire Jacques Bertin ou D.A. Dondis, une graphie peut prendre différents aspects (point, ligne, zone) et différentes dimensions de qualités [RES26] (taille/dimension ; couleur ; valeur/ton ; grain/texture ; forme ; orientation/direction ; échelle ; et mouvement) ¹². Une façon de considérer ces paramètres serait de pouvoir qualifier tout élément graphique existant et à inventer par seulement 8 mots – façon de voir bien rudimentaire à mon goût. Personnellement, ces 8 paramètres me réjouissent, car ils m'aident à prendre conscience de l'infinie variété de leurs combinaisons, et donc des graphies possibles (8 puissance 8 donne déjà 16777216 combinaisons, mais ce n'est qu'un très petit nombre, si on multiplie ensuite par l'océan de possibilités de chaque paramètre, comme couleurs, taille, forme...). En musique également, un vocabulaire de paramètres ébauche l'horizon des possibles, entre la hauteur, l'intensité, la durée, et le timbre ¹³, vocabulaire ici fort codifié, mais qui permet entre connaisseur.euse.s de ce code de communiquer très finement, partager dans une certaine mesure idées et perceptions, mais aussi comparer différents sons sur une base de critères communs. Et ce, sans que ce code reste un langage fini et exclusif, auquel s'agglutinent à l'envie des termes issus de tout autres

champs¹⁴. [RES26-2]

De tels paramètres n'existent pas unanimement pour qualifier les représentations mentales de voies de passage des réseaux. J'espère que proposer ces différents paramètres permettra, comme pour les graphies, de valoriser les infinies possibilités de représentations, et comme pour les sons, de favoriser la communication à leur propos.

— 3 paramètres : le lien, la relation, la ligne

Voyant défiler sans cesse réseaux et descriptions de réseaux, j'ai eu très vite l'impression de manquer de mots pour parler de la manière dont je traduirais en informations les représentations. Beaucoup de termes certes non unanimes, mais très employés, existent pour nommer les qualités formelles de la représentation elle-même, graphiquement par exemple. Mais lorsqu'on descend à très petite échelle dans le réseau, et qu'entre deux entités on se demande quelle est la nature du passage représenté, la question devient plus trouble. L'information qui passe est-elle de l'ordre du lien, de la relation, de la ligne, du rapport, de l'emprise, de l'attachement entre les deux choses ?

Les définitions génériques ne m'aident pas beaucoup : le CNRTL lui-même propose cette définition : « Relation : Rapport, lien.¹⁵ » Pourtant mes lectures établissent des divergences éclairantes, malheureusement attribuant aux mêmes notions tantôt un terme, tantôt l'autre. Pour pouvoir tout de même rebondir sur leur recherches, je tranche et les concilie de façon éphémère, le temps de ce raisonnement.

« Le Lien n'est pas la relation¹⁶ » formule le psychanalyste Pierre Benghozi, en un aphorisme qui me conforte dans mes convictions. « Le lien peut être clair, alors que la relation est conflictuelle. Par exemple, il peut n'y avoir aucune ambiguïté entre un fils et son père du point de vue du lien, au sens où ils se reconnaissent sans équivoque, l'un comme père de son fils et l'autre comme fils de son père. Mais il peut exister une conflictualité grave du point de vue de la relation.¹⁷ » Et il n'est pas difficile de se représenter que, dans le réseau d'un arbre généalogique familial, une ligne similaire pourrait bien figurer toujours un lien de filiation, tout en ayant des qualités différentes selon la nature des relations. [RES28] Sortant d'un cadre familial, pensons au sociogramme des communications au sein d'un groupe. Que « Dominique discute avec Alix » ou que « Claude se dispute avec Manu » est toujours un lien de communication, et dans ce lien passent toujours mots et sons, mais la relation n'est pas la même à représenter. [RES27] Je distingue donc dans la représentation d'une même voie de passage entre deux entités ce qui relève du lien entre elles, et ce qu'il en est de

leur relation. Enfin, puisqu'un réseau se représente presque toujours par des lignes, je prendrai appui sur la *Brève histoire des lignes* de Tim Ingold pour interroger ce qu'une voie de passage représentée peut suggérer sur son emprise dans un contexte plus général.

Ces distinctions, quoique fort abstraites, aiguïssent mon regard en me permettant de pister pourquoi deux réseaux, bien qu'à la représentation parfaitement semblables, ont des emplois fondamentalement différents. [RES29]

Autrement dit, plutôt que de construire des murs ou de constituer des boîtes, j'ai attrapé un lien, qui a aussitôt filé entre mes doigts : malgré sa ressemblance avec tant d'autres, chacun s'est révélé un équilibre de qualités unique.

6 / 12 A1) liens

Le savant CNRTL nous précise la teneur de cet acte de « lier » qu'effectue une voie de passage entre deux entités :

« Lier : Tout d'abord "Attacher, fixer au moyen d'un lien." ¹⁸ » ou « Par analogie, Réunir, joindre (deux ou plusieurs choses) par un élément d'assemblage ou de liaison ¹⁹. »

Et ce lien, donc, premièrement : « Objet flexible de forme allongée servant à entourer une chose pour maintenir ensemble ses différentes parties, ou à attacher entre elles deux ou plusieurs choses ²⁰. » Un fondement si matériel, du latin *ligamen*, qui renvoie au lien physique, au cordon, à la bande, au bandage, dont même l'action de lier repose sur cet objet qui va "attacher", "fixer", "réunir" ou "joindre". Non pas qu'il n'y ait que la matérialité qui puisse prétendre au titre de lien ; nos vies fourmillent de "liens de parenté", des "se lier d'amitié", d'être "lié par une promesse". Mais sans le cadre d'un réseau, le mot lien semble propice pour désigner de quelle nature impalpable se constituent les ponts entre les entités reliées. Au gré de mes lectures, j'en ai rencontré 7.

— > rapport

► [description]

Le rapport est un type de lien qui repose sur les règles préétablies du dispositif dont il fait partie. Il ne peut exister en dehors de ce dispositif : tout passage au sein de cette voie est codifié. On pourrait presque dire que cette voie est le code, et que la circulation sur cette voie est son perpétuel respect. Ou, si l'on détourne une pensée d'Isabelle Stengers : « Un rapport, lorsqu'il est créé, concerne ses termes et les modifie, pour le meilleur ou pour le pire ²¹ » et chaque partie prenante en a conscience.

Il se matérialise particulièrement dans la représentation virulente de certains exemples de réseaux : « soumission, obéissance, possessivité, vente, salariat, valorisation, prostitution, enfermement, contrainte, esclavage, production, contrat, chantage, menace, etc. Les rapports peuplent les dispositifs de pouvoir. Je dirais même que le mode [de liaison] au sein des dispositifs est celui du rapport : dans l'entreprise, le magasin, l'école, à l'armée ou sur la route. ²² »

Bien sûr, la polysémie du mot rapport ne se plie pas complètement à cette définition, mais puisqu'un rapport se définit communément par "l'action de rapporter", ce "r" fait une grande différence avec l'action d'apporter. C'est dans l'écart entre ces deux termes que j'enracine l'aspect codifié, préconçu, normé du rapport.

► hiérarchie

Le rapport peut être hiérarchique, c'est-à-dire que les règles sur lesquelles il repose se fondent sur « un ordre de priorité²³ » entre les éléments du réseau ; voire qu'il s'agit de rapports de subordination entre ces éléments. Souvent les représentations de rapports de hiérarchies ont lieu dans le cadre d'une organisation, en gradation croissante ou décroissante selon une échelle de valeur, de grandeur ou d'importance : classement, classification, éventail, gamme, échelle, série...

Les organigrammes d'entreprises [RES30] ²⁴ usent généralement de rapports hiérarchiques : ils représentent les postes déterminés pour faire fonctionner l'entreprise, et la manière dont les interactions entre chacun de ces postes ont été codifiées pour – théoriquement – faire circuler des informations, prendre des décisions ou les appliquer dans ce cadre. Ces rapports hiérarchiques n'ont rien à voir avec l'application effective ou non de ces codes dans la réalité – bien que l'écart entre les deux soit souvent l'espace de cristallisation des problématiques de la sphère professionnelle actuelle.

Bien que la nature de ce lien soit principalement composée de la codification d'un rapport hiérarchique, cela n'exclut pas d'autres natures de lien : *L'organigramme de la Société des Nations de 1930* ²⁵ [RES31] a beau représenter les rapports hiérarchiques réglés entre les différentes sections et services, on peut se douter qu'informations, décisions et formulaires sont relayés également via ces voies des passages ponctuées de secrétariats, qui sont donc aussi des liens de circulation. [RES32] Mais si Martin Grandjean avait représenté les secrétariats comme des liens et non des nœuds, ces liens seraient devenus des interfaces (le secrétariat faisant l'interface entre deux sections), et non plus des rapports hiérarchiques, bien que sans doute toujours des canaux d'informations. [RES33-2]

► inclusion

Le rapport d'inclusion se fonde, comme pour le rapport hiérarchique, sur un ordre préétabli entre des éléments en induisant une organisation entre eux, tout en ajoutant la notion d'emboîtement. [RES32-2] Même si la forme graphique de la représentation ne traduit pas forcément cette inclusion en évoquant qu'un élément est contenu dans l'autre, un rapport d'inclusion représente le fait qu'un des éléments est d'une certaine manière à l'intérieur de l'autre, emboîté dans l'autre. Un classement typique de livres ²⁶ [COLL3-4] par exemple, représente qu'un ouvrage de droit appartient à la section sociologie d'un rayonnage de bibliothèque, et ce suivant la charte de cette institution.

Un rapport hiérarchique peut se combiner avec un rapport d'inclusion, mais pas nécessairement : si le *Comité des transports par trains* est inclus dans la section "transit" de la *Société des Nations en 1930* [RES32] via un rapport d'inclusion, il est totalement impossible de dire que l'avocate du service juridique est incluse dans la directrice du service juridique. En revanche, il est clair qu'elles sont liées par un rapport de hiérarchie.

► transclusion

La transclusion est un concept théorisé en 1963 par Ted Nelson²⁷, pionnier de l'hypertexte. [RES33] Il s'agit d'inclure un document ou une partie de document dans un autre informatiquement, en y faisant référence. Le résultat semble être un seul document intégré bien que ses parties aient été assemblées en utilisant plusieurs documents séparés. En informatique, il s'agit d'un lien très codifié au sein du protocole de transmission du Web (http), pour que les deux documents apparaissent simultanément tout en allant les chercher dans deux sources différentes. Je pense cependant que représenter un lien de transclusion pourrait s'appliquer en dehors de ce cas particulier informatique, dès lors qu'un lien entre deux éléments se fait par l'inclusion d'une partie de l'un au sein de l'autre, selon un protocole codifié. Il s'agit alors d'un rapport d'inclusion. Le cas d'une citation [RES34] au cours d'une démonstration, s'il traduit en premier lieu un lien d'association, pourrait être représenté comme un rapport de transclusion : les pratiques usuelles de citations, très codifiées avec leur guillemets, la mention de l'origine selon des normes, de la page, font du lien entre l'élément cité et les autres éléments textuels qui l'entourent un rapport réglé et prédéfini, qui souligne l'articulation et la différence des éléments.

► carottage

Un autre type particulier de rapport d'inclusion peut se trouver lors d'une représentation en coupe, en transect, ou d'un carottage. Je pense à ces plans en coupe d'une habitation de la pièce à la rue en passant par le bâtiment, à ces carottages de couches du sol depuis l'humus jusqu'aux roches profondes, ou encore au « transect interscalaire²⁸ » des cartes de l'ouvrage *Terraforma*. [RES35] Dans tous ces cas, l'attention est portée sur les liens individuels entre tous les éléments représentés, en faisant légèrement abstraction du fait que ces éléments sont imbriqués les uns dans les autres. C'est particulièrement frappant dans le cas du transect interscalaire climatique²⁹ du modèle *Point de vie* d'Alexandra Arènes et Axelle Grégoire : mettant en réseau les différentes enveloppes d'un même vivant, le transect et ses évidents rapports d'inclusion d'une enveloppe à l'autre, reconnues et à l'organisation fixe, ce transect permet d'étudier l'influence climatique à différentes échelles, de la peau jusqu'au sol. [RES36]

► propriété

Le rapport de propriété est peut-être le type de lien qui incite le plus à la contestation, et sa nature de représentation en tant que rapport est importante. Ainsi l'organigramme d'un grand groupe financier³⁰ montre quelles compagnies il "possède" via un pourcentage du capital [RES37] : bien sûr, ce rapport de possession n'existe que dans le cadre, très codifié, des lois de la finance et de l'économie, et en termes contractuels. C'est le principe de la notion de propriété, une "possession" certes, mais le plus souvent "légale" : ce rapport de propriété n'existe que basé sur des règles, et le mot s'enracine dans une étymologie juridique qui montre bien cette codification³¹.

— > trajectoire

► [description]

La trajectoire est peut être le type de lien le plus évident, mais aussi un des plus ambigus : la trajectoire insiste sur le déplacement qui est à l'origine de la création de ce lien, mais ce déplacement peut aussi se confondre avec la dynamique de circulation qui nous permet de nous déplacer dans une représentation mentale, via des liens. D'un sens, les liens sont toujours des trajectoires : celles de notre attention qui va naviguer dans une représentation mentale de réseau. Pourtant cette dynamique ne qualifie pas forcément la nature du lien entre les entités reliées, et peut occulter un autre déplacement. Le lien représente alors un déplacement, au lieu d'être l'occasion du déplacement de la lecture.

Dans un usage général, trajectoire est le plus souvent un terme technique, pour désigner la « courbe décrite par le centre de gravité d'un mobile³². » Bien que l'idée de mouvement y soit déjà précisément à l'oeuvre, je préfère m'appuyer sur une acception plus courante, qui s'appuie sur la proximité avec le mot "trajet"³³. Si le "trajet" désigne communément « le fait d'aller d'un lieu à un autre³⁴ », il s'agit de mettre en valeur la spécificité du déplacement dans « l'espace parcouru³⁵ », lorsqu'on le dénomme "trajet". Il ne s'agit pas de se concentrer sur le départ et l'arrivée, mais de décrire le détail du mouvement entre deux. La trajectoire, quant à elle, s'abstrait du trajet en isolant la description de l'acte de se déplacer. Qu'importe alors que le déplacement soit en cours, qu'il ait lieu dans le futur ou qu'il ait eu lieu ; qu'il soit récurrent, unique ou continu ; qu'il ne soit qu'une possibilité parmi des centaines ou bien la seule. Description et non action, elle incarne la spacialité du déplacement sans se confondre avec lui.

Un déplacement se caractérise selon plusieurs facteurs : quel est l'objet déplacé (ou se déplaçant) ; le placement de départ et celui d'arrivée ; toutes les positions intermédiaires et leur enchaînement ; les forces et dynamiques qui causent et conditionnent le déplacement ; et enfin sa temporalité. La trajectoire telle que je l'entends ici se concentre sur les positions intermédiaires et leurs enchaînements, permettant de faire varier tous les autres facteurs : une même trajectoire peut être commune à plusieurs types d'objets en déplacement, se produire selon différentes temporalités...

En d'autres termes, en détournant une pensée similaire de Kandinsky, on pourrait dire : « La trajectoire est un être invisible. Elle est la trace de l'objet en mouvement, donc son produit. Elle est née du mouvement – et cela par l'anéantissement de l'immobilité suprême de l'objet³⁶. »

► vecteur

Un lien vectoriel insiste sur l'aspect abstrait d'une trajectoire : un vecteur est un objet mathématique auquel on peut attribuer des caractéristiques (sens, grandeur, direction...) et qui permet de représenter une translation entre deux points, une force, une vitesse, un système d'équation à plusieurs inconnues... De tout déplacement, de toute trajectoire physique, il est possible de définir le chemin vectoriel du déplacement du centre de l'objet, ou toute une série d'autres vecteurs pour qualifier les forces en jeu, la vitesse, l'accélération, les interactions avec l'environnement, etc. A la différence du lien *canal*, le lien vectoriel ne prend pas en compte l'infrastructure qui permet ou contraint la

trajectoire : dans un délicat réseau de déplacements capté par GPS de 65 étudiants sur leur campus en trois semaines, Jérémie Wood³⁷ fait peu de cas des routes et chemins officiels, ou même des canaux de passages informels sur le terrain. [RES38] Seuls sont soulignés les boucles, frises, va-et-vient, remords et rêveries des trajectoires. Je pense aussi à la pratique du dessin vectoriel, par ailleurs courante dans les représentations graphiques de réseau : au lieu de définir des ensembles de pixels, le dessin vectoriel consiste à assembler des vecteurs, auxquels on peut ajouter des qualités (contour plus ou moins épais suivant la direction du vecteur, couleur, effets) pour générer une image. [RES39] Quelle que soit l'épaisseur, la couleur, la qualité, les effets d'un tracé, en extraire le seul vecteur est en quelque sorte faire abstraction de l'effet général pour se concentrer sur les seules dynamiques. Un peu comme dans les diagrammes d'Abraham Moles, dont le vecteur est le « fondement rationnel et le met à mi-chemin d'une figuration et d'un abaque car il permet le calcul d'éléments du système³⁸ » : c'est se représenter un moteur non comme un réseau d'infrastructure, mais comme un réseau de dynamiques³⁹. [RES40] Je pense aussi aux représentations en un simple vecteur à l'épaisseur indifférente d'une large et imposante masse : résumer vent et marées avec de simples flèches revient à lier cause et effets avec des vecteurs⁴⁰. [RES41] Un dernier exemple emprunté à la géométrie euclidienne peut avoir son utilité pour décrire notre lien vectoriel : tout comme pour un vecteur, on peut différencier trois caractéristiques :

- « sa direction (la droite (AB) dans le cas d'un vecteur reliant le point A au point B) ; »
- « son sens (il y a deux sens possibles de parcours de la droite (AB) : de A vers B ou de B vers A) ; »
- « sa norme (ou sa longueur, la longueur du segment [AB])⁴¹ »

► tropisme

Le tropisme met en valeur l'orientation et la direction d'un lien. Tout comme en biologie, on parle de tropisme pour désigner la réaction d'orientation d'un organisme vivant [RES42] à cause d'agents physiques ou chimiques, comme une plante s'orientant vers la lumière, dans un réseau certains liens ne représentent pas une trajectoire de déplacement jusqu'à un point, mais plutôt la trajectoire d'une orientation vers ce point. Ainsi dans la représentation du réseau de facteurs conditionnant la croissance d'un champ de tournesols, le lien reliant les cellules de la plante et la lumière du soleil ne sont pas un déplacement des cellules jusqu'au soleil, mais un tropisme de croissance vers lui. Au delà de cette analyse biologique, on pourrait qualifier aussi de tropisme les lignes rouges qui relient les enfants d'une classe dans le réseau *Teamwork Sociogram*⁴² de Uta Eisenreich. [RES43] Composés en demandant aux enfants « si vous pouviez inviter trois camarades de classe à votre fête d'anniversaire, lesquels choisiriez-vous⁴³ ? », la représentation mentale de ce réseau pourrait comprendre ces liens comme des interfaces : ces liens représentent les invitations, et les invitations sont alors interfaces entre les enfants. Mais il est également assez facile de se projeter dans une dynamique plus profonde, et comprendre les liens tracés par les invitations comme des tropismes, qui montreraient à un instant T l'orientation amicale, affective, sociale de ces enfants. Le tropisme est à l'intersection entre une *trajectoire*, une évolution, et une *force*, puisqu'il est déplacement d'une entité vers une autre, mais qu'il peut s'agir du déplacement d'un troisième objet entre ces deux entités, comme il peut s'agir de la première entité qui se déplace vers la deuxième. Il ne s'agit pourtant pas vraiment d'une force puisqu'il concourt au fait d'aller vers et d'être attiré, et non pas d'attirer. Il ne s'agit pas non plus d'une évolution car les deux stades (départ et arrivée) ne sont pas clairement identifiés.

► canal

J'appelle canal la représentation d'une trajectoire contrainte⁴⁴ au sein d'une structure, à la

manière dont le déplacement d'un cours d'eau est contraint à emprunter une certaine trajectoire par un conduit naturel, ou humainement creusé. [RES44] Je ne suis pas la seule à en avoir une utilisation métaphorique : la théorie de l'information parle ainsi de canal de communication, support (physique ou non) permettant la transmission d'informations. [RES44-2] Il est crucial d'identifier l'objet circulant dans le canal pour bien en comprendre la trajectoire. Pensons au déplacement d'une information, *via* par exemple un article du *New York Times*, jusqu'à ses lecteurs. Quel est réellement l'objet dont on veut obtenir la trajectoire de circulation ?

- Veut-on savoir la trajectoire des quelques bits codés en signaux électriques qui codent l'article à travers le monde ? Dans ce cas il s'agirait de tracer les trajectoires des canaux qui peuvent convoier des données depuis New York⁴⁵. [RES45] Mais cette représentation sera encore bien différente si l'on ne s'intéresse qu'aux signaux optiques [RES46] (via les câbles de télécommunications sous-marins en fibre optique)⁴⁶, ou bien qu'aux ondes radioélectriques (via la 5G par exemple) qui coderont cet article, et n'auront pas la même trajectoire géographique. Ou bien si l'on s'intéresse à la répartition des informations transmises de routers en routers, et à leurs connexions⁴⁷. [RES48]

- Veut-on savoir comment l'existence de cet article s'est-elle communiquée ? Dans ce cas, il pourrait s'agir de représenter les partages de cet article sur les réseaux sociaux par exemple, d'amis en influenceurs.⁴⁸ [RES9] Ou bien de répertorier tous les sites qui contiendraient un lien renvoyant à cet article, tous les liens qui renvoient à ces sites, et ainsi de suite⁴⁹. [RES50]

Le déplacement est alors à la fois permis et contraint par le canal. Je pense par exemple aux fameuses représentations de réseaux de transports : conditionnées par les représentations graphiques des plans donnés par les compagnies de transports, nos représentations mentales s'intéressent moins aux infrastructures, autoroutes et routes, qu'aux potentiels déplacements qui seraient possibles avec une voiture. En planifiant mon trajet, grâce à ce réseau je peux penser un déplacement entre le nord et le sud de Paris, tout en sachant que je ne pourrais m'y déplacer que suivant un protocole et des règles contraintes, ainsi qu'une trajectoire fixe, sans pouvoir inventer des raccourcis ou m'aventurer dans le réseau de rues piétonnes – ce qui serait bien mal avisé !

► suite

La suite est une trajectoire qui détermine une postérité entre deux entités, à la fois dans l'espace et dans le temps : suivre se définit dans deux acceptions différentes, à la fois dans le temps et l'espace, que cela signifie se "situer après", ou "agir après". La suite détermine une postérité prédéfinie pour ce qui passera par ces liens, déterminant un ou une série d'itinéraires dans le réseau.

Je pense par exemple aux représentations d'algorithmes, qui sont une succession de liens de suites : dans l'algorithme de trading fantasque *Harmony Of The Spears*⁵⁰ [RES51] de la plateforme de recherche ADM XI, après avoir amorcé le protocole de départ, l'algorithme sera exécuté conjointement selon deux branches, égrenant les portions de codes les uns à la suite des autres, jusqu'à ce qu'après une dernière mise à jour ("Update" "BUY/SELL"), soit amorcé la portion de code de définition finale, qui déterminera la vente, l'achat, ou bien l'inaction.

Tout lien peut être lu comme une suite depuis le point de vue d'un observateur navigant dans la représentation, puisque son parcours de lecture crée un itinéraire. Mais dans certains cas, ces itinéraires sont inhérents aux réseaux représentés. Les cartes générées à la volée en sont un exemple : si Google Maps contient des informations susceptibles de représenter un très grand nombre de réseaux (piétons, routiers, de transports en commun, etc), mais sur la page d'accueil – lorsque tout est possible – par défaut, seule une petite partie de ces informations seront représentées. [BEL3-10c] En revanche, lorsque l'on recherche comment se rendre d'un lieu à un autre, le réseau des chemins représentés est un réseau non seulement de trajectoires de canaux de déplacement, mais surtout un réseau d'itinéraires, qui relie des choix des déplacements à enchaîner à la suite pour arriver au bout de l'autre lieu. C'est également le cas des « spider maps⁵¹ »,

représentation d'une partie de réseau entièrement centrée sur un de ses nœuds : principe initialement inventé pour le réseau de transport de Londres, il met en valeur toutes les itinéraires possibles depuis une même station, mettant tous les autres stations dans un ordre implicite de postérité. [BEL3-10a]

— > évolution

► [description]

Un lien d'évolution met l'accent sur la dynamique temporelle qui relie deux entités d'un réseau.

Les liens qualifient des voies de passages, le passage a toujours une dimension temporelle ; pourtant je restreindrais le cas d'un lien d'évolution à la configuration où les deux extrémités du liens témoignent d'une temporalité explicitement différente, et où la nature du passage entre deux est liée à cette temporalité. Lorsque, par exemple, la différence mise en avant par le réseau est la différence entre des dates de début et de fin à attribuer aux entités, que ces intervalles se croisent ou non.

Je pense par exemple au plan du métro de Paris [RES11] qui répertorie, sur les itinéraires connus actuels, les anciennes stations désaffectées. S'il y a bien un passage d'une temporalité à une autre, selon moi la nature des liens entre ces stations désaffectées et les stations encore actuelles témoigne surtout d'une infrastructure qui lie spatialement ce réseau – autrement dit, ces liens sont avant tout des trajectoires, et même des canaux. Au contraire, la représentation du Réseau chronologique des réseaux sociaux⁵² [RES52] , si elle reprend les codes de représentation de réseaux de transport, n'a rien à voir avec la représentation d'infrastructures en canaux. Les liens entre les différents points témoignent avant tout, et explicitement, d'une évolution.

Pour préciser encore la spécificité de ce type de lien, j'ajouterai que le terme d'évolution implique que si la principale différence entre les deux extrémités du lien d'évolution est temporelle, sous un autre rapport les deux entités pourraient être considérées assez explicitement comme étant deux formes de la même entité. Communément le terme « évolution » renvoie en effet à un « processus continu de transformation⁵³ », ou au « développement individuel⁵⁴ » d'une même entité. Dans la *chronologie des réseaux sociaux* par exemple, il est très clairement indiqué que si la nature des liens est temporelle, et qu'ils relient des formes différentes de ce que l'auteur a choisi de considérer comme des réseaux sociaux, ce qui passe à travers ces liens temporels est la continuité de l'entité "réseaux sociaux". Cette entité "réseau sociaux" est une constante tandis que la temporalité est variable. Le réseau de métro parisien au cours du temps, cependant, croise deux facteurs qui sont tour à tour constants et variables : la temporalité et la spatialité. Les entités reliées sont en effet à la fois distantes dans l'espace et le temps.

► héritage

L'héritage est un lien qui insiste sur une transmission qui relie deux entités différentes sur le plan temporel. Une transmission qui ici « envoie par delà⁵⁵ » le gap temporel entre les deux entités.

Je choisis le terme d'héritage, car l'illustration la plus évidente de ce type de lien est sans doute fournie par les représentations de réseaux généalogiques. Comme le décrit Tim

Ingold, la noblesse féodale du moyen-âge représentait effectivement les "lignées généalogiques" du haut vers le bas, afin de « conserver ses titres de propriété et les privilèges de l'héritage ⁵⁶ ». Ces lignées étaient « décrites comme des veines où coulaient le sang dynastique ⁵⁷ » : il s'agissait donc de représenter, passant dans un lien temporel, la transmission de ce "sang", mais aussi, implicitement, de titres et de privilèges. [RES53] Nous sommes ainsi très proches des canaux où se déplaceraient des biens et droits, mais masqués par le lien d'évolution dans une continuité de lignées, comme le montre la répétition du même blason des Landas ⁵⁸, dans leur généalogie au 17^e siècle. Autrement explicite, la *Généalogie d'Elizabeth II* ⁵⁹ [RES54], en traçant sa lignée depuis Abraham et Jésus, légitime son droit à régner et la passation de qualités héritées de sa profusion d'illustres ancêtres.

Les représentations généalogiques ne mettent pourtant pas toujours en œuvre des liens d'héritage, et la frontière avec un lien de métamorphose est parfois trouble. Ingold montre, encore une fois, que lorsque les liens familiaux sont représentés dans la « poussée ascendante de l'arbre ⁶⁰ » et non avec le « flux ascendant de l'aristocratie », il s'agit de « l'affirmation d'une ambition ⁶¹ », et pas seulement de la légitimation d'un héritage. [RES55] Jaillissant vers le ciel, les branches et les feuilles s'appuient sur les racines pour se hisser vers le ciel (un ciel métaphorique symbole de perfection) : c'est l'acceptation que « les générations à venir seraient plus proches de l'accomplissement que leurs ancêtres ⁶² ». Il s'agit alors, selon moi, plus d'un lien de métamorphose que d'héritage : la même famille se métamorphose en se perfectionnant ⁶³.

Bien sûr les liens d'héritage ne sont pas restreints aux représentations de réseaux littéralement familiaux. Certaines conceptions du savoir se fondent sur des liens temporels : dans la *Distribution généalogique des sciences et arts* de Diderot ⁶⁴ [COLL17], on peut certes voir des rapports d'inclusion dans cette conception, tels des ensembles et sous-ensembles, mais dans le même temps les liens expliqués entre les différents éléments laissent entendre que les disciplines en bout de branche, déterminées à force de recherches, héritent des qualités de domaines plus fondateurs et premiers, comme la poésie parabolique (fables) hérite par exemple des qualités de l'entendement *via* l'imagination, la poésie, et la poésie profane. La *chronologie des réseaux sociaux* [RES52], suggère d'une autre manière comment Facebook hérite en quelque sorte des qualités des réseaux sociaux qui l'ont précédé ; l'*Historique des influences d'interface informatiques* [RES56] montre comment la fameuse interface de Xerox qui conditionne aujourd'hui encore nos bureaux d'ordinateurs hérite des systèmes théorisés dès 1945 avec le *Memex* ⁶⁵.

► métamorphose

La métamorphose indique une accentuation de l'idée qu'il s'agit d'une seule et même chose d'un côté et de l'autre du lien, et qu'à travers leur lien temporel interviennent des changements sur une même essence. Emprunté au latin *metamorphosis*, « changement de forme ⁶⁶ », la métamorphose décrit selon moi qu'une identité, un caractère, une substance inchangés passe dans le lien entre deux formes différentes.

Dans son fameux *Diagramme illustrant la modification et la diversification des espèces par voie de descendance sous l'effet de la sélection naturelle* ⁶⁷ [RES57], Darwin représente certes l'héritage d'attributs, mais puisqu'il insiste sur les modifications à l'oeuvre dans ces « lignes ponctuées de divergences ⁶⁸ », on peut y voir des liens de métamorphose plus que des héritages. Des métamorphoses sont ainsi représentées tout en accentuant la continuité d'attributs d'une forme de modification à l'autre.

Les liens de modification peuvent aussi être combinés avec d'autres : le diagramme de représentation d'une fusion ⁶⁹ met ainsi en réseau un vecteur (la trajectoire de l'action de chaleur depuis l'extérieur jusqu'au système moléculaire à l'état solide), et une métamorphose d'un même ensemble moléculaire depuis l'état solide jusqu'à l'état liquide.

— > association

► [description]

Un lien d'association unit deux entités distinctes en leur faisant partager certaines qualités propres à l'une et à l'autre, et/ou en insistant sur des expériences communes partagées simultanément par les deux entités. [RES57-2]

► référence

La référence est proche du *rapport d'inclusion*, plus précisément de *transclusion*, puisqu'elle implique, au sein d'un ensemble, l'inclusion d'une petite partie d'un plus grand ensemble. Si la *transclusion* est presque toujours son contexte, un lien de référence met en valeur non pas le passage d'une échelle à l'autre, mais le partage de qualités et caractéristiques d'une entité vers une autre, à sa demande. Les *Cluster Balls* [RES58] ⁷⁰ de Chris Harrison, qui représentent les interconnexions entre toutes les pages wikipédias répertoriées dans la catégorie "médecine", indiquent des liens d'inclusion entre "Médecine" (portail de référencement) et les pages elles-mêmes, mais pas de référence puisqu'il n'y a rien d'autre dans ce portail que des listes de pages. En revanche, certains des liens entre les pages elles-mêmes sont bien des références, puisque la page "épidémiologie" et la page "épidémie" renvoient l'une vers l'autre, partageant un champ de compétence et des définitions qui se complètent.

La référence n'est pas en elle-même une *trajectoire*, puisque les caractéristiques ne se déplacent pas clairement en quittant l'une pour aller à l'autre : tout en restant localisées dans l'entité d'origine, elles s'étendent vers l'entité qui les invoque. La référence n'est pas (ou pas forcément) un lien de partage mutuel : étudiant le brouillon d'une rédaction d'éducation civique d'une de ses élèves de 3^e [RES59] , Emmanuel Gange ⁷¹ souligne qu'à la différence des liens d'*inclusion* qui détaillent les types de moyens « avec lesquels les citoyens pourraient se faire entendre ⁷² », les liens vers les deux entités les plus basses détaillent des cas d'exemples et renvoient à des documents extérieurs, comme une interview de Jamel Debbouze dont les propos sont évoqués sans être répétés. Je pense également au beau livre de Myriam Suchet, *L'Horizon est ici*, qui « est intégralement tramé de choses vues, lues, entendues, glanées ici et là, chez d'autres, ailleurs [...] C'est un équivalent des notes reléguées en bas de page dans les ouvrages scientifiques, et aux oubliettes dans les publications "grand public" ⁷³ ». Les liens implicites établis entre ses textes et les textes référencés évoquent l'imaginaire d'ouvrages dans le contenu n'est pourtant pas présenté dans l'enceinte de son texte.

► regroupement

Le regroupement est une association provoquée par un choix arbitraire : ce qui circule dans ce lien et tient les entités ensemble est le choix de les avoir agglomérées. Ainsi la *Carte des paradigmes scientifiques* [RES60] ⁷⁴ répertorie divers paradigmes (points) et représente pour en lier certains les articles qui ont mentionné consécutivement les deux paradigmes cités. Ainsi chaque lien représente la décision d'un tiers de regrouper ces deux entités dans son article.

Dans un autre registre, la carte *The Great Bear* [RES61] ⁷⁵, de Simon Patterson, est entièrement faite de liens de regroupement : reliant des noms de personnages illustres, il les représente associés deux à deux dans des groupes qu'il a déterminés, de footballeurs en sinologues, de rois de France en stars de cinéma. Il ne s'agit alors à aucun moment de rapport d'inclusion, puisque jamais ces liens ne relient une entité "groupe" à une autre qui ferait partie de ce groupe, mais seulement les membres entre eux.

► interprétation

L'interprétation associe deux entités en montrant que la deuxième est un équivalent de la première. Ainsi, dans le réseau lexical [RES62] établi par la chercheuse Cécile Alduy à partir de corpus de discours politique, on observe toute une constellation de mots liée au terme immigration dans les propos de Marine Le Pen ⁷⁶. Bien que leur présence conjointe dans des discours montre un lien de regroupement entre les termes, matérialisé par les discours eux-mêmes, Cécile Alduy signifie aussi un lien d'interprétation, puisque la récurrence des associations de termes, qui engendre les 12 liens, implique que les discours prêtent implicitement le sens des mots associés au terme "immigration".

► métaphore

L'association métaphorique relie deux éléments par des qualités ou caractéristiques communes mais dans des contextes différents, par analogie. Comme le formule plus généralement Mathias Ungers, « il s'agit généralement d'une comparaison implicite entre deux entités dissemblables mais qui peuvent être comparées d'une façon imaginative. Cette comparaison s'effectue principalement grâce à un saut créatif qui lie les différents objets, produisant une nouvelle entité dans laquelle les caractéristiques des deux autres prennent part. ⁷⁷ » Cet hybride est le lien qui associe les deux entités, au travers duquel passe la caractéristique commune associative.

Les élèves de 5^e de l'enseignante Christine Duminy Sauzeau ⁷⁸ [RES63] ont ainsi l'obligeance de nous préciser que ce qui passe dans le lien métaphorique entre le comparé (requin) et les comparants (scie ; météorite ; loup) sont les caractéristiques d'être "tranchant", "rapide", et "méchant".

Exemple de la force que peut avoir cet hybride qu'est le lien : entre la notion technique de "directory" (répertoire, liste de description de fichiers informatiques) et une pochette en carton à onglets ⁷⁹, le lien métaphorique a engendré la métaphore du dossier d'ordinateur, toujours présente sur beaucoup de nos interfaces graphiques digitales. [RES64] Ce lien métaphorique était en 1958 un « moyen de transposition d'une situation source connue vers une situation cible plus abstraite, plus complexe ou insuffisamment maîtrisée ⁸⁰ », entre l'idée de dossier papier et de répertoire passe, pour l'utilisateur, « un transfert direct des connaissances antérieures ⁸¹ ».

► caresse, friction

Au détour d'une lecture, je croise un type d'association qui n'est ni référence, ni regroupement, ni interprétation ni métaphore : la caresse. Marc-Alain Ouaknin retraçant « la tradition de l'histoire de la tradition ⁸² » talmudique, propose la caresse comme image du lien qu'entretiennent la multitude de textes qui constitue le Talmud, puisqu'une « même page de Talmud contient trois ou quatre langues, ou plutôt une même langue dans trois ou quatre saisies temporelles différentes ⁸³ ». [RES65] Voici ce qu'il propose :

« La caresse découvre une intention, une modalité d'être qui ne se pense pas dans son rapport au monde comme saisir, posséder, ou connaître.

La caresse n'est pas un savoir mais une expérience, une rencontre.

La caresse n'est pas une connaissance de l'être mais son respect.

La caresse n'est ni pouvoir, ni violence, mais tendresse. Elle n'est pas fusion, mais

relation. Énigme d'une relation sans relation. [...] ⁸⁴ »

Le contexte du lien décrit par Ouaknin est très ciblé, car il part de l'observation pragmatique que l'hébreu écrit ne notant pas les voyelles, la lecture se fait du bout des doigts et une partie des lettres nous échappe, laissant le sens des textes toujours indéfinis. Pourtant, en observant une représentation par Michael Stalow [RES66] ⁸⁵ des liens entre les textes des différents rabbins qui interagissent dans la rédaction du Talmud, je ne sais plus désigner leurs associations que comme des caresses.

— > Force

► [description]

Le lien de force qualifie les phénomènes qui s'exercent entre deux entités, provoqués par leur seule coprésence et non l'échange ou le passage explicite d'objets entre elles. Je m'inspire ici de l'acception scientifique du terme "force" : « Capacité à supporter ou à exercer une action. ⁸⁶ » Et par métonymie « toute cause dont l'action provoque la déformation d'un corps ou en modifie le mouvement ; grandeur mesurant cette action ⁸⁷ ». Quelques exemples de forces que peuvent exercer deux entités l'une sur l'autre, dans un champ purement matériel :

« Force motrice, qui engendre un mouvement. »

« Force d'inertie, résistance que les corps opposent au mouvement et qui est proportionnelle à leur masse. »

« Force centripète, force centrifuge. »

« Forces de contact, qui se manifestent lorsqu'un corps est en contact avec un autre corps. *Les forces de traction, les forces de frottement, les forces de pression sont des forces de contact. Forces de cohésion, qui s'exercent entre les constituants d'un corps.* »

« Force nucléaire, assurant la cohésion des noyaux atomiques. »

« Forces agissant à distance, qui s'exercent dans un champ. *La force magnétique d'un aimant. Force d'attraction. Force gravitationnelle. Forces de gravité, forces électromagnétiques...* ⁸⁸ »

Me détachant de ce référentiel scientifique, je propose cependant deux distinctions dans les représentations de forces, distinction qui insiste non pas sur la nature des forces représentées, mais la compréhension de ces forces par celui qui représente : le *champ de force* d'un côté, et l'*exercice de la force* de l'autre.

► champ

En physique, un champ de forces est « l'espace où s'appliquent une ou plusieurs forces de nature donnée ⁸⁹ ». Je relève ce terme car bien que dans la représentation d'un réseau on se concentre souvent sur l'exemple d'une force exercée sur deux entités en particulier, cette force ne se restreint pas à ce cas, et parfois plus que représentant le passage de cette force, le lien représente parfois l'espace au sein duquel cette force s'exerce. Je pense par exemple aux représentations des orbites, comme celles du système solaire selon Copernic [RES67] ⁹⁰, qui certes peuvent être comprises comme les trajectoires des différentes «entités célestes », mais qui sont aussi bien comprises aujourd'hui comme l'espace dans lequel s'exerce la gravité entre eux et le Soleil.

Les champs sont cependant à la limite de ce que je considère comme représentations de

liens mettant en réseau des entités, et non élément graphique d'un schéma. Le cas des représentations des champs magnétiques est particulièrement significatif de cette ambiguïté : une représentation de champ magnétique théorique peut facilement être comprise comme un réseau entre des pôles [RES68] ⁹¹, d'autant qu'un peu de limaille de fer suffit pour matérialiser un tel réseau de lien dans la réalité [RES69] ⁹². Mais bien souvent les champs magnétiques relient une même entité (la Terre⁹³ par exemple [RES70]) dont sont distingués deux pôles, dont on peut considérer qu'ils sont mis ainsi en réseau ⁹⁴. Reste cependant que, comme on peut le voir pour les planètes géantes du système solaire [RES71] ⁹⁵, il n'est pas facile de déterminer si les flux magnétosphériques sont représentés en un réseau lorsqu'ils semblent n'être qu'une qualité inhérente de l'unique entité qu'ils lient. Cependant la complexité et la variété des représentations nécessaires de ces champs magnétiques évoque parfois grandement le réseau, comme dans les simulations informatiques précises [RES72] du champ magnétique terrestre⁹⁶. La nature de réseau de représentations de champs magnétiques est encore plus évidente dans le cas où on considère les interactions avec d'autres entités, comme par exemple les vents solaires [RES73] , contre lesquels la magnétosphère fait bouclier⁹⁷.

Un autre exemple issu du champ scientifique me semble particulièrement bien convenir à cette typologie de lien : les liaisons chimiques à l'échelle atomique. Une représentation courante de notre conception actuelle de l'atome prend la forme d'un nuage d'électrons, en orbite autour d'un noyau de nucléons [RES74] ⁹⁸.

► exercice : attraction/répulsion

La force exercée entre deux entités peut être représentée par un lien unique, alors que cette même force pourrait être exercée par une des entités sur bien plus qu'une autre, tout autour d'elle. Cependant, se représenter *un* lien de force entre deux entités signifie que l'accent est mis sur le cas particulier de l'exercice de cette force dans cette occurrence singulière. Le lien ne met alors pas en évidence tous les autres liens potentiels qui auraient pu s'exercer, sans pour autant exclure leur éventualité en dehors du focus sur la situation observée.

Ainsi, lorsqu'une illustration du manuel de *Physique pour la science et l'ingénierie* [RES75] représente une pomme, la Terre et la Lune mises en réseau avec des liens symbolisant la gravité exercée⁹⁹, il ne s'agit évidemment que d'exemples très partiels de la gravité à l'œuvre, ici de la Terre sur la pomme, et de la Terre sur la Lune.

Bien sûr, ces forces d'attractions et de répulsions ne s'exercent pas forcément dans le cadre de représentations scientifiques : Jacob Moreno¹⁰⁰, inventeur de la sociométrie (étude des réseaux sociaux – ici réseaux de liens sociaux, bien avant que l'expression ne désigne des plateformes numériques) utilise exactement ces termes pour qualifier les liaisons qu'il représente entre les membres d'un groupe. [RES77] Puisque ces représentations sont issues du récit de chacun des membres de sa propre attraction/répulsion vis-à-vis des autres membres, on pourrait qualifier ces liens de trajectoire de tropismes plutôt que de forces d'attraction. Cependant, Moreno représente sur les mêmes documents les réponses de plusieurs membres, non pas en superposant différentes appréciations d'un même lien, mais en donnant des qualités spécifiques au mélange de ces deux appréciations, par exemple dans le cas d'une attraction non réciproque. [RES78] De plus, certains sociogrammes sont issus des réponses à plusieurs questions, par exemple au sein d'une classe : « Avec qui aimerais-tu travailler ? Qui, penses-tu, aimerait travailler avec toi ? Avec qui n'aimerais-tu pas travailler ? Qui, penses-tu, n'aimerait pas travailler avec toi ? ¹⁰¹ ». [RES27] Selon moi, Moreno représente alors ce qu'il estime être des forces globales exercées au sein du groupe, plutôt que les tropismes exprimées individuellement. Les sociogrammes en cible de la psychologue Mary Norway [RES79] sont encore plus explicites dans leur volonté de représenter les forces en exercice au sein du groupe puisque chaque membre est représenté dans la

cible, en fonction d'un barème additionnant les convergences entre les choix de l'ensemble du groupe. Au plus près du centre sont donc les membres qui exercent une attraction sur les autres « significativement supérieure aux probabilités ¹⁰² ».

— > interface

► [description]

Si généralement une interface est un « plan ou surface de discontinuité formant une frontière commune à deux domaines aux propriétés différentes, et unis par des rapports d'échange et d'interaction réciproques ¹⁰³ », je choisis dans le cas des représentations de liens, de restreindre à une autre caractéristique : que le lien représenté entre deux entités en soit une troisième, qui permet échange et interaction entre les deux premières, sans être représenté comme entité reliée, simplement comme lien.

Par exemple, la *Représentation de l'Europe* [RES80] ¹⁰⁴ de Flaounas et Fyson met en réseau les différents pays en représentant leurs principales frontières comme des liens. Bien sûr, ces liens peuvent sans doute être compris comme des trajectoires, ou même des panneaux de circulations humaines ou commerciales, mais ce n'est pas ici leur nature, car une de ces frontières pourrait être totalement fermée en un blocus, et toujours figurer dans le réseau.

Bien que les bords, limites et frontières soient des cas d'interfaces faciles à identifier, bien d'autres entités peuvent devenir des liens en interface. *L'organigramme de la Société des Nations de 1930* [RES31] ¹⁰⁵ a beau représenter les rapports hiérarchiques réglés entre les différentes sections et services, si Martin Grandjean avait représenté les secrétariats comme des liens et non des nœuds, ces liens seraient devenus des interfaces (le secrétariat faisant l'interface entre deux sections, permettant l'échange d'informations).

Je pense aussi à l'acception aujourd'hui la plus quotidienne d'interface, qui désigne la jonction entre deux matériels ou logiciels, qu'elle soit un protocole, du hardware, ou bien même une représentation graphique. Comme le montre *La compagnie du langage informatique*, [RES81] nous sommes entourés d'UI, d'API, d'ABI, qui sont toutes des interfaces ¹⁰⁶ de natures différentes.

Tout point ou zone de contact peut également être représenté tel un lien "interface". Je pense aux liaisons chimiques entre deux atomes, qui peuvent se mettre à partager des électrons, attirés alors respectivement par les deux noyaux, tenant ensemble les atomes : il s'agit d'une liaison chimique ¹⁰⁷. [RES82] Dans une représentation de Cram [RES83], le lien entre deux atomes de Carbone est une interface, car ce lien représente l'électron qui est leur point commun de contact, aussi appelé liaison covalente. Un polymère supramoléculaire ¹⁰⁸ est lié par une multitude d'interfaces, et la variété des représentations possibles d'une telle molécule de la plus abstraite à la plus prétendument figurative ¹⁰⁹, montre bien que ces représentations sont arbitraires. [RES84]

► [description]

Un lien d'engendrement témoigne de la création d'une entité par une autre. Puisque engendrer signifie tantôt « susciter l'apparition d'un phénomène vital ¹¹⁰ », « donner la vie ¹¹¹ » et « donner forme, consistance et réalité ¹¹² », il peut s'agir de production, de reproduction, de création, de génération, de fabrication, de matérialisation... On pourrait bien sûr penser au lien d'évolution, par exemple avec les représentations généalogiques ; le lien d'évolution concerne deux entités qui, quelles que soient leurs différences, peuvent sous un certain point de vue être considérées comme deux formes, ou deux temporalités, de la même entité. Ainsi par exemple, les représentations de réseaux généalogiques se concentrent le plus souvent sur la transmission de gènes et/ou de patrimoine, montrant donc une évolution sur une même lignée. Si l'on se concentre sur le lien parent-enfant, on peut évidemment le lire tel un engendrement, mais ce n'est parfois pas la lecture prioritaire de ce réseau.

Un engendrement n'est pas non plus forcément accompagné d'un lien d'évolution, puisque dans la représentation l'entité engendrant et l'engendrée peuvent être de nature bien différente, et ce sans équivoque. De plus, la différence de temporalité cruciale au lien d'évolution n'a aucune importance pour un lien d'engendrement. Lorsque David Bowker propose la représentation d'une semaine d'articles du journal *The Guardian* [RES85], les liens entre les articles et leurs auteurs ne se revendiquent que comme des liens d'engendrement, puisqu'aucun gap temporel ni de transformation n'est à lire entre les deux (le lien mettant plutôt en valeur nombre de mots et catégorie de l'article).

De façon similaire, quoiqu'avec des objets beaucoup moins tangibles, le blog *Philosophy Maps* ¹¹³ relie Jung et Freud [RES86] à leurs concepts respectifs par des liens d'engendrement, les plaçant au même niveau bien que ces concepts soient parfois établis à plusieurs dizaines d'années d'intervalle. Plus ambigu, le *Diagramme de l'art abstrait et cubiste* [RES87] ¹¹⁴ d'Alfred Barr, s'il trace la métamorphose et l'héritage de courants artistiques, montre aussi l'influence de certains artistes dans la création de ces courants, comme Cézanne qui, bien qu'étant en lui-même un pôle du réseau, participe à l'engendrement de trois autres.

7 / 12 A2) RELATION

Différemment du lien, qui cherche le matériau intangible entre deux entités d'un réseau dans sa représentation, leur relation caractérise la manière dont cette voie de passage les relie. Bien que dans maintes définitions confondu avec le lien, le terme de relation compte en effet, parmi les mots qui aident à cerner son origine, de nombreuses occurrences d'actions et de verbes d'action. Vers 1220 « *faire relation* ¹¹⁵ » est « rapporter, relater » ; en 1602, une relation est une « narration, faite par un voyageur, d'une expédition lointaine ¹¹⁶ » ; étymologiquement en latin *relatio* est l'« action de rapporter un fait, un témoignage ¹¹⁷ » (en partic. dans le domaine juridique) en plus de

désigner un « lien »¹¹⁸. J'ai donc l'impression que la relation saura narrer le caractère plus que la nature des voies de passage des réseaux. Un caractère par ailleurs reste relativement incontrôlable : comme le dirait Isabelle Stengers, la relation « existe que je le veuille ou non¹¹⁹ » ! Cependant, et parlant de relation, je me dois de prier Edouard Glissant, philosophe et poète de la "Relation", de nous accompagner quelques instants. Bien que cette notion, développée par lui tout en subtilité et en puissance, mette en jeu des questionnements bien plus généraux, et avec d'autres conséquences, que nos relations de réseaux, ses propos s'accordent à mon sens parfaitement avec la méthode de caractérisation recherchée ici.

« La Relation » moins encore que le lien précédent, « ne joue pas sur des éléments premiers, séparables ou réductibles – auquel cas elle fût ramenée à une mécanique susceptible d'être démontée ou reproduite. Elle ne se précède pas dans son acte, ne suppose aucun *a priori*. Elle est l'effort sans limites du monde : qu'il se réalise en totalité, c'est-à-dire qu'il échappe au repos. On n'entre pas d'abord en relation, comme on serait entré en religion. On ne la conçoit pas d'abord, comme on a voulu concevoir l'être. [...] L'accumulation d'exemples nous rassure, mais en marge de toute prétention systémique. La Relation ne peut pas être "prouv[ée]", parce que sa totalité n'est pas approchable – mais imaginée, concevable par la pensée. L'accumulation d'exemples tendrait à parfaire une description jamais achevée des processus de relation et non pas en circonscrire ou en légitimer une vérité globale, impossible. En ce sens, l'analyse la mieux accordée est celle qui dessine poétiquement l'envol ou la plongée.¹²⁰ » Collectons alors de quoi dessiner envol ou plongée de relation, pour caractériser ces voies de passage entre deux entités.

— intensité : relation forte-faible

Qu'il est courant de lire un lien qualifié de "fort" ou "faible" ! Cependant, derrière leur aspect très subjectif, ces adjectifs ont tendance à évoquer une définition précise issue de la physique, ou bien des théories de l'information et des communications dans le contexte des réseaux sociaux, plutôt qu'une quantification relationnelle arbitraire. En 1973, Mark Granovetter entérine en effet l'expression avec « la force des liens faibles¹²¹ - the strength of weak ties ». Si ses "ties" – littéralement "attaches" – sont souvent traduites par "liens", je préfère pour ma part me concentrer sur les adjectifs qui qualifient ces attachements, et qui à mon avis caractérisent une relation. Du moins, c'est ainsi que je propose de s'inspirer de ces définitions pour décrire les relations entre deux entités dans la représentation mentale d'un réseau. Granovetter utilise donc l'adjectif "faible" dans le cas du "bridging" (relai,

pontage, littéralement "fabrication d'un pont"), d'un « contact occasionnel avec d'autres individus issus d'un cercle social différent ¹²² ». Cette définition du "faible" s'oppose au "fort du "bonding" (collage, attache) c'est à dire des « rapports fréquents entretenus avec l'entourage proche ¹²³. » Pourtant comme le titre de son ouvrage l'indique, cette distinction ne se fait pas à la défaveur de l'adjectif faible, puisqu'elle permet de souligner la « force des attachements faibles ». « J'ai vu un sujet important qui pourtant n'avait pas été développé – le fait que les liens faibles étaient cruciaux pour les besoins instrumentaux des individus dans la construction d'une cohésion sociale globale. Cette idée fut renforcée par la connaissance d'un phénomène physique analogue : les liaisons "faibles" d'atomes d'hydrogène qui tiennent pourtant ensemble de larges molécules. ¹²⁴ » [RES88] En effet, l'intensité de ces liaisons électrostatiques, appelée "pont d'hydrogène" est plus faible que des liaisons covalentes assurées par des électrons. Pourtant, elles arrivent à maintenir ensemble d'énormes molécules d'eau, elles-mêmes maintenues par de « fortes » liaisons covalentes. « (Ces analogies physiques ne sont jamais apparues dans mes articles ; je ne voyais pas de principe général et évident qui serait commun aux structures physiques et sociales et je craignais de paraître mégalomane.) Le déclic s'est produit alors que je réalisais des entretiens pour ma thèse sur la façon dont les gens trouvent un emploi : demander si les informations menant à l'emploi avaient été obtenues via "un ami" suscitait souvent la réponse « Non, juste une connaissance ». ¹²⁵ »

[RES89]

La subtilité de ces relations faibles se déploie plus encore transposée dans le digital, puisqu'Antonio Casilli affirme que ce sont les liens faibles qui assurent la force et le maintien d'une structure sociale au sein des liaisons numériques.

Cette double dynamique d'intensité "faible" mais d'influence à valoriser se retrouve encore en d'autres situations : comme le formule Caroline Moureaux-Néry, « Là où les grandes plateformes culturelles du Web comme Netflix, Amazon ou YouTube utilisent ce qu'elles nomment des "liens forts", "c'est-à-dire proposent des informations correspondant à nos goûts affichés, pouvoir inverser l'algorithme permettrait à l'utilisateur d'explorer les "liens faibles": ce qu'il ne connaît pas mais pourrait aimer. Cela permettrait à l'utilisateur d'ouvrir le catalogue de contenus auquel il a accès, de naviguer dans tout l'espace des recommandations. ¹²⁶ »

[RES16] Si cette distinction faible/fort me semble user des mêmes mécanismes d'intensité et d'étendue, l'exemple des recommandations met en exergue des tenants et des aboutissants différents : ces liens faibles rendent accessible ce qui n'est pas familier. Dans une application différente, la chercheuse Margot Mellet resémantise la notion en

désignant comme faible « les associations libres, faites par l'utilisateur·trice, de contenus divers à un contenu édité et figé¹²⁷ », ici dans le cadre de l'édition numérique de l'*Anthologie Palatine*¹²⁸.

[BEL1-13] Sont fortes les références à d'autres textes formulées par les auteurs de l'anthologie ; pourtant les associations faibles proposées par tout un chacun n'en sont pas moins importantes. « La transdisciplinarité fondamentale des liens faibles est conjointe d'une accessibilité : parce qu'ils peuvent être proposés par quiconque, se présenter comme des références directes (la reprise claire d'un topos -thème-) ou indirectes (l'appropriation personnelle de ce topos), les liens faibles se situent au-delà des critères d'objectivité¹²⁹. En réalité, dans le lien faible, le contenu associé compte moins que le geste de l'association.¹³⁰ » Ici, Mellet fait référence à l'actualisation de ce texte antique, qui s'opère dès qu'une référence, aussi éloignée soit-elle dans sa pertinence, est ajoutée par un lecteur contemporain. Pourtant je crois qu'il s'agit là d'un point crucial : le contenu relié compte moins que la relation elle-même : quelque faible qu'elle soit, elle permettra toujours aux deux entités d'exister différemment en interrelation que par elle-même.

Cette ambiguïté relationnelle entre "forte" et "faible" se retrouve ainsi à la fois dans le cas d'individus, mais aussi de contenus, sous forme de relations sociales, mais aussi en termes physiques, ou culturels... Et il y a, sans tenter de figer la notion dans le cas de relations entre deux entités d'un réseau représenté, de quoi emprunter à ces exemples de quoi caractériser des relations au sein d'un réseau dans une dynamique subtile entre étendue, intensité, proximité, accessibilité, familiarité et découverte. Que la relation soit forte ou faible, sa seule existence témoigne d'une mise en valeur mutuelle, capitale pour la relation.

— fluidité : relation dure - souple - de fuite

Une autre paire d'adjectif que je retrouve à maintes reprises qualifiant la relation entre deux entités est l'opposition "dur" et "souple", "mou", "fluide", "flexible". La culture informatique mondialisée et anglophone a répandu dans notre quotidien le duo hard-soft, et nous jonglons sans cesse entre hardware et software, utilisant sans le savoir une multitude de "hard links" et de « soft links »... Je m'arrête un instant sur ce dernier exemple, qui concerne la liaison entre différents fichiers en informatique. Alors que les relations "dures" d'un fichier à l'autre les relient en créant une copie du fichier sélectionné, les relations "souples" ne font que pointer vers un fichier depuis un autre fichier. La différence n'est pas à minimiser : si le fichier préalablement relié est effacé, la mise en relation "souple" reverra à un fichier qui n'existe plus, tandis qu'une mise en relation "dure" permettra toujours d'accéder aux données copiées du

fichier. Cependant, encore une fois, le "souple" n'est pas à discréditer, puisqu'il permet des mises en relation impossibles pour une relation "dure", telles qu'entre deux dossiers (et non deux fichiers), ou encore entre deux fichiers dans deux partitions différentes...¹³¹

A des années lumières de cette terminologie informatique, le binôme "dur" "souple" me semble poindre en écho sous la plume de Gilles Deleuze (je transpose, en connaissance de cause, ces concepts appliqués par Deleuze aux "lignes" vers les "relations" : un détournement intellectuel qui permet d'envisager cette question relationnelle sous un nouvel angle).

D'un côté sont décrites des relations « à segmentarité dure qui nous découpent binairement (travail / vacances marié / célibataire enfant / adulte / vieillesse école / armée / usine homo / homosexuel, etc...) ¹³² » La relation dure entre deux entités se contente de « passer d'un segment dur à l'autre : de l'école à l'université, puis au salariat et enfin la retraite ¹³³. » Ce type de relation ressemble d'ailleurs fortement aux liens en "rapport" que j'ai définis plus tôt, qui semblent fondés sur un référentiel théorique et idéal : « un "avenir", une carrière, une famille, une destinée à accomplir, une vocation à réaliser ¹³⁴. »

En marge se trouvent des relations « plus souples et moléculaires ¹³⁵ » « Elles passent "au-dessous" des grosses coupures et nous font, par des fêlures, franchir des seuils quasi invisibles. Elles sont porteuses de "micro-devenirs qui n'ont pas le même rythme que notre histoire" et de "folies secrètes ¹³⁶" qui permettent "une autre politique ¹³⁷" que la politique majoritaire. Les relations souples voguent autour des dures sans les remettre en question : histoires de familles, désirs cachés, rêveries pendant les cours, vilain petit secret, discussions à voix basse autour de la machine à café, micro-politique. Ce sont ces liens qui s'immiscent même au cœur d'un univers de rapports, ces petits refus de respecter le règlement ou le code de la route, ces grèves ponctuelles, ces cours séchés ¹³⁸. »

Venant contrarier l'équilibre "dur"- "souple", Deleuze distingue également ce qu'il appelle les « lignes de fuite ¹³⁹ », nous invitant poétiquement dans le vocabulaire graphique en perspective, où les lignes fuient vers un point à l'horizon. « Tout fuit », « toujours quelque chose coule ou fuit ¹⁴⁰ », « une société se définit par ses lignes de fuite ¹⁴¹ », et je me permets alors de m'interroger sur des relations "de fuite", « de plus grande pente ¹⁴² » : c'est « une déterritorialisation. [...] Fuir, ce n'est pas du tout renoncer aux actions, rien de plus actif qu'une fuite. C'est le contraire de l'imaginaire. C'est aussi bien faire fuir, pas forcément les autres, mais faire fuir quelque chose, faire fuir un système comme on crève un tuyau... ¹⁴³ » Rien d'idéalisant dans cette définition : « La fuite peut mal tourner, "déstratifier à la sauvage" : "le danger est qu'elle franchisse le

mur, mais, au lieu de se connecter avec d'autres lignes pour augmenter ses valences, elle tourne en destruction, abolition pure et simple, passion d'abolition". La fuite définit un devenir au lieu d'un avenir : « on est devenu soi-même imperceptible et clandestin dans un voyage immobile. Plus rien ne peut se passer ni s'être passé. Plus personne ne peut rien pour moi ni contre moi. Mes territoires sont hors de prise, et pas parce qu'ils sont imaginaires, au contraire, parce que je suis en train de les tracer ». ¹⁴⁴ »

S'arrêter à une telle transposition des idées Deleuziennes en qualités de relation pourrait donner l'impression que finalement, une relation dure reviendrait au même qu'un lien de rapport défini plus tôt, une relation souple serait la même chose qu'une association ou une force, et une relation "en fuite" la même chose qu'un lien d'évolution. Souvenons-nous cependant qu'il s'agit de relations entre des entités d'une représentation de réseau ; souvenons-nous aussi des mises en relation "dures" et "souples" en informatique. Tandis que les relations dures qualifient des voies de passages évidentes, fiables, stables, structurelles, les relations souples désignent des passages dans le réseau plus mouvantes, plus implicites, plus troubles, alternatives, peut-être aussi plus improbables. Les relations en fuite entre deux entités esquissent alors le détournement que sont certaines voies de passage dans le réseau, qui l'effilent, le dénouent, l'emmènent vers une reformation.

8 / 12 A3) LIGNE - inscription dans un milieu

Plongée dans un zoom microscopique sur un fragment de réseau, focalisée sur la voie de passage, mon regard dérive souvent au-delà d'elle, vers ce qui l'entoure... Dans quel milieu évoluent ces liens qui composent le réseau ?

A part dans quelques contextes, géographiques par exemple avec des fonds de carte, les représentations de réseau semblent souvent exister sans fond, ou indépendamment du fond, telle une toile d'araignée, mais accrochée sur elle-même, ou comme en apesanteur. Outre cette problématisation dans des termes formels ou graphiques, c'est à se demander quel est le fond de la pensée sur lequel s'inscrit la représentation mentale de cette voie de passage... Difficile d'imaginer la pensée comme un espace vierge ! Reste que dans tous les cas il s'agit d'une représentation spatiale, régie entre autres par des rapports de proximité et de distance et c'est peut-être cela, la matière minimum sur laquelle s'ancre le réseau : de l'espace. Je pense à une image connue de la théorie de la relativité d'Einstein, qui explique que « l'espace-temps se courbe d'autant plus qu'une masse à proximité est grande ¹⁴⁵ ». [RES90]

Pensant à ma voie de passage dans son espace vide, j'ai parfois l'impression que par sa seule présence, elle courbe, ou au moins impacte l'espace tout autour. Ou plus simplement, comme dans ces illusions d'optique où quelques formes noires nous font voir des ombres grises sur le fond blanc et vierge, peut-être la présence de cette voie de passage change-t-elle la manière dont nous comprenons l'espace environnant.

Quoi qu'il en soit, il finit par sembler clair que la voie de passage s'inscrit dans l'espace, le modifiant par définition, puisque inscrire, du latin *inscribere*, suggère le fait « d'écrire dans, dedans ¹⁴⁶ ». Mais quelle est donc l'emprise, l'influence de cette voie de passage dans l'espace ?

Ici s'invite Tim Ingold, qui avec sa *Brève histoire des lignes* ¹⁴⁷. Dressant une taxinomie de ces lignes, il montre une interaction fondamentale entre ligne et surface. S'il y a ligne, c'est qu'elle s'inscrit sur une surface, ou bien qu'elle crée un début de surface. Suivant son délicat inventaire, je crois que chercher comment s'inscrit une voie de passage dans l'espace, revient à chercher de quel type de ligne il s'agit.

Bien sûr, parlant de ligne, il serait facile de confondre avec la représentation formalisée, et la représentation mentale d'un réseau. Je pense pourtant que gravitant autour des représentations mentales, la ligne a toute sa place, tellement ce concept est enraciné jusque dans des concepts très abstraits : la lignée, être "en ligne", une ligne rouge, ligne de force ou d'horizon.

— > TRACES : additives, soustractives, continues, uniques, récurrentes

Les traces sont « des marques durables laissées dans ou sur une surface solide par un mouvement continu ¹⁴⁸ ». [RES90-1] Ingold distingue les traces additives (qui s'ajoutent au milieu, comme de l'encre sur du papier, ou comme un liquide qui fuit laissant à notre insu la trace de nos déplacements sur le sol) [RES91], des traces soustractives (la trace des Inuits se frayant un chemin à travers une couche de neige épaisse), des traces laissées par un passage continu (sur un chemin, où l'herbe peu à peu cessé de pousser) [RES92], par un pliage unique (sur du papier) ou récurrent (les lignes de la main) [RES93].

Une fois encore, les catégorisations ne se font pas ici nettement, mais permettent de questionner plus précisément moult situations quotidiennes. Ingold ajoute par exemple avec malice une question : « *Quid* de la traînée laissée par l'avion dans le ciel, des éclairs en forme

de fourche ? [...] Ce sont très certainement des traces, mais vu qu'elles ne s'inscrivent pas sur des surfaces solides, elles ont l'apparence de fils.¹⁴⁹ »

Mais que suggère la présence d'une trace à propos du milieu sur lequel elle s'inscrit ?

Un voyage d'Ingold en tant qu'anthropologue dans le grand nord offre un exemple suggestif : « Ceux qui vivent dans le blanc ou la nuit des pôles perçoivent l'existence des rares êtres qui partagent leur territoire (proies, prédateurs, voyageurs) à travers les lignes qu'ils laissent sur la neige¹⁵⁰. » Le milieu témoigne de sa fonction de support de vie, en se laissant marquer par les présences. Les traces sont preuves non seulement de l'existence de ces présences, mais également du milieu lui-même. Face à la neige vierge, un œil occidental si habitué aux pages blanches, pourrait non sans mal voir du vide. Quant à ses présences, la trace met en valeur leur vie : parfois le passage est si fugace qu'on pourrait douter de son existence, mais dans la neige, la preuve est là, indubitable. « Chez les Inuits, il suffit qu'une personne se mette en mouvement pour qu'elle devienne une ligne¹⁵¹. » [RES94]

Bien qu'Ingold face majoritairement référence aux traces dans des surfaces réelles, je pense que certaines lignes de réseaux sont également des traces, preuves sans avoir besoin de les mentionner à la fois de l'existence d'entités en mouvement, mais aussi de l'existence d'un milieu dans lequel elles se meuvent. La représentation de réseau n'a alors pas besoin de faire figurer le milieu : il est là, implicitement, prouvé toujours plus fort à chaque trace.

Je pense aux cartes de *lignes d'erre* de Fernand Deligny [RES95] : grâce aux traces cartographiques de leurs mouvements, Deligny montre peu à peu la topographie, invisible jusqu'alors, du milieu dans lequel se meuvent les enfants autistes : ces traces de leurs mouvements sont autant de preuves d'une texture particulière de l'espace, qui bien que "vide" dans la réalité, devient densément remplie. Je revois aussi la longue *carte de la Vallée alluviale du bas fleuve Mississippi* [RES96] établie par Harold Fisk en 1944¹⁵². Malgré les quelques lignes grises qui évoquent vaguement un fond de carte, l'œil ne voit que le réseau de lignes colorées qui représente les différents cours du Mississippi à travers diverses périodes. Toute personne ayant un tant soit peu en tête le cours actuel du Mississippi ne perdra pas de temps sur le fond de carte, mais saura immédiatement quelle surface territoriale elle regarde rien qu'en voyant le tracé du fleuve actuel, repère fort efficace. Plus encore, dans cette représentation, les traces successives s'empilent et sont si densément accolées qu'elles semblent un aplat. Aplat témoin de la présence du milieu qui supporte tous ces tracés.

Selon Ingold, les plis sont une forme de trace. Il ne s'agit pas là de la trace du mouvement sur une surface, mais plutôt de la trace d'un mouvement de la surface. Pourtant, lorsqu'une surface est encore pliée, et pas encore dépliée, la pliure ne ressemble pas à une trace, mais à une extrémité de la surface. Quiconque s'est jamais coupé le doigt sur une feuille pourrait même dire son fil tranchant. D'un autre côté, la plupart des fils filés par la main humaine sont une matière pliée sur elle-même, un pli pas encore déplié. Une fois déplié, le pli peut avoir une trace, mais lorsqu'elle est encore pliée, la pliure n'est pas vraiment un fil, mais pas non plus une trace, je crois alors que le pli forme un troisième type de ligne.

Et Deleuze de me conforter dans cette idée : « Pensons au tissu avec ses ourlets, ses drapés, ses feutrages et ses textures, on se fera une idée assez exacte de cet univers tel que G. Deleuze le décrit. [...] Le philosophe en montre les correspondances, les passages, les ponts, par où passe le pli en se dépliant, donnant ainsi sa consistance et sa configuration à un monde chatoyant, à la fois unique et infiniment diversifié ¹⁵³. » Alors que le fil, même s'il se tisse à d'autres, reste distinct, et que les traces, même inscrites sur une surface unique, sont issues de mouvements séparés, un réseau de plis reste profondément uni. Un réseau de plis ne serait alors que des creux ou des saillances d'un milieu uni et continu en mouvement. [RES97]

Je pense ainsi aux représentations de réseaux de pensées, aux cartes mentales. [RES98] Sur un brouillon, sont-ce des fils pour passage d'idées ou des traces de cheminements de pensées ? Pour moi, et sans écraser la versatilité des circonstances d'interprétations, il s'agit plutôt d'un réseau de plis : dans l'étoffe de ma pensée, dans le tissage de ma mémoire, par un pli je fais saillir et se toucher deux souvenirs, pensées, idées en un éclair : de part et d'autre de cette pensée point de vide, point non plus de support implicite à cette pensée, il s'agit d'une simple contraction d'une infinie surface.

« Le problème n'est pas comment finir un pli, mais comment le continuer, lui faire traverser le plafond, le porter à l'infini. C'est que le pli n'affecte pas seulement toutes les matières, qui deviennent ainsi matières d'expression, suivant des échelles, des vitesses et des vecteurs différents (les montagnes et les eaux, les papiers, les étoffes, les tissus vivants, le cerveau), mais il détermine et fait apparaître la Forme, il en fait une forme d'expression ¹⁵⁴ ».

Entre les plis, donc, la même matière un instant mise en retrait, qui tient tout le réseau ensemble.

— > FILS

Parmi les lignes, le fil désigne « un filament d'un certain type, qui peut être entrelacé avec d'autres fils ou suspendu entre des points dans un espace à trois dimensions ¹⁵⁵ » ; contrairement aux traces, les fils « ne s'inscrivent pas sur des surfaces ¹⁵⁶ ». Il est vrai que définir une surface d'inscription ne tombe sous le sens ni dans la nature (quelle surface supporterait l'inscription de branches, racines, rhizomes, mycéliums, nerfs ?) ni le monde humain (cordes, câbles, circuits intégrés, mais aussi veines, nerfs, pilosité ?).

Pas si vite pourtant : si les fils ne sont pas sur des surfaces, c'est qu'ils en créent. Ils peuvent en effet revenir sur eux-mêmes pour former des nœuds (nœuds routiers, nœuds de cordes des marins, nœuds des brodeurs). Bien plus : plusieurs fils peuvent s'intriquer pour former des maillages (meshworks), « formant les tissus dont sont constitués les organes de notre corps, les paniers en osier ou les vêtements que nous portons ¹⁵⁷ ». Et ces maillages alors ne sont-ils pas des surfaces, sur lesquelles des traces pourraient venir s'inscrire ?

Bien que les fils d'Ingold décrivent des lignes visibles dans la réalité, les représentations de réseaux sont elles aussi faites de fils : je pense encore une fois aux transports en commun, au dense réseau de lignes qui quadrille mon esprit de citadine. Les infrastructures, canaux de circulations, formaient un maillage de fils qui tissent ce qui est pour moi la surface de Paris. Dans mon expérience de transilienne assidue, ce sont uniquement les fils de ce réseau de transport qui fabriquent la surface des lieux qui me sont accessibles. Au contraire, mon expérience piétonne, bien moins développée et toujours subordonnée à mon repérage des stations de métro, ne fait que s'appuyer sur les fils du transport. En regardant un plan de la RATP, on pourrait lire que le quadrillage des rues fait surface pour l'inscription du métro, mais pour moi comme pour beaucoup d'abonnés du Pass Navigo, c'est le réseau de rues qui s'inscrit sur la surface accessible du maillage de transports. Mais voici Deleuze et Guattari qui s'invitent, pour nous rappeler que les fils eux aussi, sont dynamiques, même tissés en surfaces : « Les fils ou les tiges qui meuvent les marionnettes – appelons-les la trame. On pourrait objecter que sa multiplicité réside dans la personne de l'acteur qui la projette dans le texte. Soit, mais ses fibres nerveuses forment à leur tour une trame. Et elles plongent à travers la masse grise, la grille, jusque dans l'indifférencié... Le jeu se rapproche de la pure activité des tisserands, celle que les mythes attribuent aux Parques et aux Nornes ¹⁵⁸. » Toutes ces denses surfaces de réseau obtenues, même lorsqu'elles sont trop densément tissées pour être distinctes, il y a toujours du mouvement, de la circulation, des tensions : même devenus

surfaces les fils restent des voies de passage.

Ainsi, même dans une représentation mentale de réseau, ce milieu qui peut paraître un vide entre les fils n'en est pas un : il est déjà une surface, et la maille déjà matière qui peut supporter d'autres réseaux qui s'appuient et s'inscrivent sur lui.

Mais ne croyons pas fermer nos doigts si facilement sur le fil, sa définition est bien plus insaisissable. Mon amie Juliette Guegantou nous explique : « Le fil trouve son origine dans le latin *filium*, qui signifie « fil filament » et « tranchant d'une lame ». [...] En ce sens, le fil est autant un objet utilisé pour attacher les choses entre elles, voir le fil « sur lui-même » comme c'est le cas dans le tissage, qu'un élément de délimitation : allusion au « tranchant d'une lame », mais aussi à la délimitation des surfaces.¹⁵⁹ » Le fil est donc à la fois composant d'une surface, tout autant que coupure entre des surfaces.

Notre longue et nébuleuse typologie fixe finalement fort peu de choses, tout au plaisir de laisser grouper et classements mouvants et réversibles. J'espère au moins qu'elle permettra de voir que les réseaux sont tout sauf faits d'un simple tas de traits, et que derrière l'élémentaire épuration du trait foisonnent multitudes de liens, relations et lignes.

J'espère également que, sans nous empêcher d'aller avec légèreté tisser des réseaux à loisir, cette typologie aidera à montrer qu'aucun lien ne peut être tracé à la légère, avec négligence. En écrivant ces lignes, le 20 janvier 2022, je pense à un réseau que le collectif Design en Recherche fait remarquer ce jour-là sur Instagram : un *Panorama des acteurs de la recherche* [RES99]¹⁶⁰, fort rempli, dans lequel se perdent, presque inaperçus, trois petits liens. « Tout ça pour TROIS "flux de connaissance" » ?¹⁶¹ questionne le collectif. Eux comme moi, je crois, sommes bien inquiets de voir la Cour des Comptes trahir par cette représentation une telle vision d'un réseau de recherche.

9 / 12 B) connexions entre deux liens

Reste à poser une question que j'ai jusque-là contournée : pourquoi tirer ces liens, pourquoi construire ce réseau ?

Nous avons déjà rencontré à maintes reprises des nuées de d'intentions et de buts qui motivent la création de ces voies de passages : se repérer, se remémorer, abstraire, communiquer, déduire...

Mais je me demande si derrière ces nébuleuses de motifs croisés ne se trouvent pas des mouvements plus profonds, fondateurs de ces élans qui nous poussent à tirer des traits. Une idée, Tim ?

« Si la ligne en promenade [...] se développe à partir d'un point, suivant un mouvement qui la laisse libre d'aller où elle veut, pour le pur plaisir du

mouvement, [...] il existe une autre type de ligne : [...] la ligne reliant des points définis. [...] Si la première nous entraîne dans un voyage qui n'a apparemment ni début ni fin, la seconde nous met en présence d'un ensemble interconnecté de destinations qui peut être perçu dans sa totalité et en une seule fois.¹⁶² » [RES100] Et Ingold de nous démontrer, croquis à l'appui, la différence entre la ligne en promenade d'un moulinet de canne¹⁶³, et celle qui connecte des points prédéfinis pour permettre à tous de reproduire un dessin. Cette ligne-là n'est pas motivée par le plaisir du mouvement, elle « existe comme un objet virtuel exactement comme dans les jeux pour enfants de points à relier¹⁶⁴ ». Bien que Tim se concentre ici sur ce qui apparaît comme le mouvement de la ligne elle-même, je décèle dans sa distinction deux élan plus profonds, qui je crois motivent la création de réseaux : d'un côté un mouvement de cheminement, de l'autre, un mouvement de connexion. [RES100-1]

— CHEMINEMENT : traverser, tisser

Chez Ingold, ce premier élan, en développement constant, est comparable au « le cheminement continu du chasseur-cueilleur itinérant ou [au] geste habile de l'artisan¹⁶⁵ ». Ce cheminement donne un réseau de lignes entrelacées, maillage de chemins et de pistes ou tressage de panier : pour lui il s'agit d'une même dynamique, « intransitive », « végétative¹⁶⁶ », dont la valeur et la gratification ne sont pas dans le produit obtenu mais dans le geste lui-même. Un geste de tramage primordial qui permet « d'habiter¹⁶⁷ » et non pas simplement exister. « les êtres ne se contentent pas d'occuper le monde, mais ils *l'habitent*, et ce faisant – en tramant leurs propres cheminements le long de son maillage – ils contribuent à son tissage incessant et toujours renouvelé¹⁶⁸ ».

A mon sens, notre tendance à créer des réseaux s'enracine en partie dans ce goût élémentaire pour le tramage, qui nous permet "d'habiter" un milieu que l'on crée en permanence : nos représentations mentales de réseau ne font-elle pas exister des espaces en nous permettant de les comprendre, comme je l'ai tant répété avec la carte de métro ? Le brouillon ou la carte mentale esquissés sur des coins de tables, n'ont-ils pas pour but de nous aider à mieux habiter nos pensées ? Et Tim de citer Anthony Goldsworthy, qui « donne cette magnifique image de l'arbre qui dessine avec ses branches l'espace dans lequel il croît¹⁶⁹. »

Tramer, donc, fait exister un milieu tout en permettant de l'habiter, mais comme le précise Ingold, il ne peut s'agir que d'un mouvement continu, toujours dynamique, puisque c'est le geste et non le produit qui compte. « C'est ce traçage et ce tissage incessants qui assurent notre vie¹⁷⁰ ».

« La relation n'est pas entre une chose et une autre – entre l'organisme "ici" et l'environnement "là-bas". Il s'agit d'un traçage le long duquel la vie est vécue. [...] Chaque traçage constitue un fil dans un tissu de trajectoires qui trament ensemble la texture du monde vivant ¹⁷¹. »

Pourtant, même si l'important est le geste de tramer ces voies de passages, de tisser des représentations de réseau que nous habitons, que deviennent ces représentations tandis que nous tissons déjà plus loin d'autres liens ? Deviennent-elles des objets inertes jusqu'à réactivation ?

Gilles A. Tiberghien, et son approche hodologique, me souffle une réponse : face à une représentation de paysage, « ce que nous regardons [...] n'est qu'une image ou un équivalent de ce que nous vivions face à un paysage réel, une sorte de regard arrêté comme un curseur sur sa trajectoire, celle-ci étant en réalité non pas un moyen d'y accéder mais tout le paysage ¹⁷² ». Appliqué au réseau, je crois que l'on pourrait dire que, de brouillons en effervescences rhizomatiques, tout l'intérêt du réseau n'est pas dans sa représentation, qui n'est qu'une simple image du mouvement, un regard arrêté. Dans cet élan dynamique, lorsque nous traçons un réseau, ce réseau n'existe que dans ce mouvement en train de se faire, le réseau tout entier contenu dans l'action de tramer un nouveau lien. Ce qui reste ensuite n'est pas le réseau, mais la représentation de sa création.

— CONNEXION : segmenter, relier, automatiser

Le deuxième élan que j'ai identifié me semble correspondre à ce qu'Ingold définit comme une dynamique de "connexion". Il part d'un cheminement et nous propose de « segmenter cette ligne en petites sections de longueurs à peu près égales ¹⁷³ » : chaque section s'enroule sur elle-même jusqu'à former un point, pour obtenir une série discontinue de points séparés. [RES100] Au lieu de la complexité d'un cheminement en mouvement continu, cette série discontinue est bien plus facile à décrire, conserver, transmettre : pour nos esprits formatés par le digital (littéralement, ce qui est fait de "digits", fait de chiffres), il est facile de comprendre le discontinu permet beaucoup (les images sont faciles à manipuler numériquement car elles sont décomposées en pixels ; et une suite de 1 et de 0 est sans ambiguïté). Dans ce contexte, il ne s'agit alors plus de faire réseau en cheminant, mais en connectant : « La force de cette analyse [séparations] tient bien entendu aux (nouvelles) recompositions qu'elle rend possibles. Tout le travail consiste à reconnecter les points qu'on a préalablement analysés, soit d'une manière qui fasse émerger de nouvelles matières, de nouvelles expériences et de nouvelles formes de vie, soit de façon à reconstituer à

plus bas coût de production l'entité originelle. Pas besoin de souligner, ni de contester les gains apportés par cette liberté et par cette puissance de recomposition. Pas besoin non plus de souligner à quel point nos modes de déplacement et de communication relèvent presque tous aujourd'hui de la connexion au coup par coup entre des points prédéterminés (gares, parkings, serveurs)¹⁷⁴. »

Mais alors que dans un cheminement le geste et le mouvement sont au cœur du réseau, dans une dynamique de connexion le fait d'avancer n'a pas d'intérêt : ce qui compte, c'est d'atteindre, ou d'avoir atteint, les points à connecter. Les entités connectées ont alors plus de valeur que les liens, qui ne sont eux-mêmes plus que des faire-valoir. Le but de la connexion est de faire tenir l'ensemble de ces entités unies par leurs possibilités d'interconnexion, mais il n'y a vraiment réseau que si on les considère toutes à la fois. La représentation du réseau est alors l'incarnation essentielle de ce réseau : en connectant deux entités, puisque le geste importe peu, il faut que la connexion tienne, dure, soit stable, partageable : qu'elle reste une voie de passage. Retenir cette connexion demande alors sa représentation, et ce n'est qu'en représentant l'ensemble que le réseau existe vraiment. Si l'action de connecter ne permet pas "d'habiter" un espace en le construisant, elle permet de comprendre, partager, s'orienter dans les informations apportées par l'ensemble des entités. Alors que le cheminement témoigne d'un élan vital d'habitation, la connexion relève d'un élan plus heuristique et décisionnel non moins crucial.

Ingold renforce cette distinction de dynamique en comparant la conception de la lecture au Moyen Âge et aujourd'hui dans la culture européenne. Tandis que pour les lecteurs européens du Moyen Âge, la lecture est laborieuse, souvent orale, ce n'est pas un acte anodin. Un texte écrit est comme l'empreinte d'un cheminement fait par l'écrivain, et qui nous permettra à notre tour de cheminer, tissant à chaque fois un réseau toujours renouvelé par cette expérience dynamique. Au contraire, pour les lecteurs contemporains, selon Ingold, parcourir un texte c'est passer dans un réseau qui préexiste, et on ne fait que constater ses connexions en lisant. « Les éléments de la page peuvent être reliés dans l'imaginaire pour composer une structure narrative [plot]. Mais ce n'est pas le lecteur qui trace les lignes de cette structure en même temps qu'il progresse dans le texte. Au contraire, on part du principe qu'elles étaient déjà là avant qu'on ne se lance dans la lecture. Ces lignes sont des connecteurs.¹⁷⁵ » Je repense à mon expérience personnelle de lectrice : combien de fois n'ai-je pas été émerveillée de voir, à mesure que les pages défilaient, combien d'échos entre des chapitres fort éloignés faisaient sens ! J'étais fascinée de connecter les informations de ce que je croyais être une sorte de vaste plan échafaudé par l'auteur, comme,

par exemple, la construction complexe des relations entre les personnages tissés au cours des 7 volumes de la saga *Harry Potter*. [RES101] Pourtant, si pour beaucoup d'auteurs les brouillons témoignent d'un réseau préexistant de leur invention, et corroboré par les textes¹⁷⁶, j'ai été très surprise d'apprendre que les dénouements familiaux narrés par J.K. Rowling furent, pour elle-même, bien différents à l'écriture du 7^e tome que ce qu'elle avait planifié à l'écriture du premier¹⁷⁷. Alors, tous les indices que j'ai cru y découvrir, n'étaient pas prédéterminés ? En fait, des dires de l'auteur, ce réseau de cohérence s'est en quelque sorte tissé de lui-même, au fur et à mesure de l'avancement de l'intrigue. Ainsi, je crois que même si J.K. R. nous offre un récit en réseau grâce à un travail assidu de connexion, ce réseau s'est aussi constitué par cheminement. Un fan pourra donc aussi bien devoir son réseau de compréhension du monde des sorciers à un cheminement à travers les livres, qu'à la connexion d'informations glanées sur Internet.

— EXPLORATION

Si les dynamiques de cheminement et de connexion ne sont pas incompatibles et peuvent très bien coexister, je crois déceler cependant que leur distinction n'est pas claire, et que l'élan constitutif du réseau est un hybride – que j'appellerai élan d'exploration.

« Une méthode d'exploration¹⁷⁸ », telle est en effet la manière dont Jacob Moreno considère ses sociogrammes, représentations de réseaux sociaux pourtant très figés et dogmatiques sous de multiples aspects. Bien que Moreno trace ces réseaux pour retrouver les liens implicites déjà existants entre les personnes, cherchant des standards pour pouvoir les "connecter" par des typologies de relations, la façon dont sont générés ces réseaux ne peut pas entièrement être attribuée à une logique de connexion. En composant ses représentations, en inventant leurs normes par la même occasion, Moreno construit un champ d'étude nouveau, bien que fortement ancré dans des données préexistantes.

Cette idée d'exploration peut aussi se débusquer en creux chez Ingold, qui « fait référence à un très beau texte d'Andy Goldsworthy, pour lequel l'essence du dessin est une ligne qui explore, attentive aux moindres changements de rythmes et de sensations qui se produisent à la surface et dans l'espace¹⁷⁹. » D'un sens, on pourrait imaginer que dans ces infimes microtextures de l'espace, dans les bouillonnements du corps et de l'esprit de celui qui dessine, le futur réseau existe déjà en puissance, et que le tracer signifie le découvrir.

Je pense aussi à l'imaginaire de découverte qui accompagne toujours l'exploration : celle-eux qui partent explorer savent qu'il existe un espace à explorer, mais sans savoir quel est cet espace, et à leurs yeux, cet espace n'existera vraiment qu'une fois exploré. L'exploration sous-entend la surprise de la découverte de nouveauté, ou la surprise de découvrir ce à quoi on ne s'attendait pas, d'où l'idée que cette dynamique forme aussi un « geste ludique ¹⁸⁰ », défini par une double perspective

« d'accomplissement intellectuel et de divertissement ¹⁸¹ »

A mon sens, une dynamique d'exploration permet d'habiter l'espace *entre* deux entités que l'on savait préexistantes en les connectant, et pas uniquement d'habiter un espace que l'on fait exister en le générant. Je crois que c'est ce mouvement que Margot Mellet propose de susciter avec son édition participante de l'*Anthologie Palatine*. [BEL1-13]

« Refusant l'idée d'une vérité du texte, le projet se propose de rendre compte de l'imaginaire anthologique, soit de « la place que [l]es textes [anthologiques], dans toutes leurs manifestations, ont eu et continuent à avoir dans l'imaginaire collectif. » ¹⁸². Elle propose « l' "imaginaire collectif" pour désigner les dynamiques d'association et d'appropriation transhistoriques de contenus classiques. L'imaginaire collectif est, comme l'intelligence collective, un commun fondé sur un principe de partage continu de savoirs en réseau ¹⁸³ ». Un imaginaire collectif qui existe sans doute au préalable, mais implicitement, et qui ne peut se cristalliser que lorsque les utilisateur.ices ajoutent à la plateforme leur propres références. Il s'agit alors d'une exploration de ce réseau d'association qui n'existait pourtant pas collectivement auparavant. Là où une unité de recherche aurait proposé après enquête une vision figée de l'imaginaire collectif de l'anthologie, en connectant les références données par individus interrogés, la plateforme explore cet imaginaire en permettant à diverses personnes de connecter leurs façons d'habiter les textes dans un réseau en perpétuelle expansion. « Une conception de l'Anthologie palatine comme mouvement davantage que comme monument ¹⁸⁴ ». »

A mon avis, la création de liens hypertexte relève d'une logique similaire d'exploration. « Même si tous les textes (...) existent toujours en relation avec d'autres, avant l'arrivée de la technologie de l'hypertexte, de telles interactions ne pouvaient exister que dans les esprits individuels percevant ces relations ou dans d'autres textes revendiquant l'existence de telles relations. ¹⁸⁵ » Un lien hypertexte ne fait donc pas que connecter deux adresses URL qui préexistaient à l'établissement de ce lien. Le simple fait de créer ce lien tisse l'espace entre ces deux URL, espace qui, dans la réticularité d'Internet, n'existerait pas sans ces liens ¹⁸⁶.

Pour renforcer encore l'hybridité de l'exploration, il faut souligner son vacillement perpétuel entre stabilité et mouvement, entre fixité de la connexion établie une fois pour toute et réactivation constante par cheminement. Lorsque, dans le cas de l'hypertexte par exemple, le réseau est en même temps l'interface qui permet le déplacement dans ce réseau d'une façon quasi instantanée, même après le mouvement d'association qui va établir l'hyperlien, ce sera toujours le mouvement qui comptera pour faire exister le réseau. En effet, il ne serait pas d'une grande utilité à une page d'être très connectée, si cette voie de passage, une fois établie, n'était pas empruntée, et n'existant donc pour personne à part son créateur. C'est bien pour cela que toute l'économie du Web est fondée sur le "clic" et la "vue" : plus des internautes exploreront une connexion, plus elle aura de l'importance dans le réseau.

-
- 1 ENS Lyon, « Chorème, chorématique », article du *Glossaire* en ligne du site *Geoconfluences.fr*, janvier 2017.
 - 2 ENS Lyon, « Chorème, chorématique », article du *Glossaire* en ligne du site *Geoconfluences.fr*, janvier 2017.
 - 3 Voir les articles acides de la revue *HÉRODOTE*, « Les géographes, la Science et l'illusion », articles de la revue *Hérodote* n°76, 1995, La découverte.
 - 4 Voir le véhément sommaire de la revue *Hérodote*, « Les géographes, la Science et l'illusion », article de la revue *Hérodote* n°76, 1995, La découverte.
 - 5 ENS Lyon, « Chorème, chorématique », article du *Glossaire* en ligne du site *Geoconfluences.fr*, janvier 2017.
 - 6 *Les mots de la géographie*, 1992 pour la première édition, cité par ENS Lyon, « Chorème, chorématique », article du *Glossaire* en ligne du site *Geoconfluences.fr*, janvier 2017.
 - 7 *Les Cahiers de l'École doctorale* « Connaissance, langage, modélisation », Université Nanterre Paris-X Neuvième numéro : séminaire interdisciplinaire de mai 2007, cité par FRANCOMME Olivier & DENEUX Jean-François, *Les chorèmes, approche critique d'un concept transversal*, 2007. [en ligne]
 - 8 χῶρος, « espace », légèrement différent de χορός, « danse », le chorème n'est donc pas une chorégraphie...
 - 9 Voir GRATALOU Christian, *Lieux d'histoire. Essai de géohistoire systématique*, 1996, Reclus. & ANDRÉ-LAMAT Véronique et al, *Réinvestir la chrono-chorématique : expériences bordelaises* In : *Archéologie de l'espace urbain*, 2013, Presses universitaires François-Rabelais.
 - 10 MABY Jules, « Processeurs spatio-systémiques », *Campagnes de recherche : Approches systémiques de l'espace rural*, 2002, Université d'Avignon, HDR, 2 vol.
 - 11 CHANTEL Cathy, *Représenter les territoires à l'aide de chorèmes* :, 2019, présentation pdf en ligne.

- 12 RENON Anne-Lyse, *Design et esthétique dans les pratiques de la science*, 2016, thèse d'Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences, Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris, p. 263. D'après l'étude faite par Cossette du travail de Bertin, comparé à la grammaire américaine de la Visual Literacy de D. A. Dondis. COSSETTE Claude, *Les images démaquillées, ou l'iconique. Comment lire et écrire des images fonctionnelles pour l'enseignement, le journalisme et la publicité*, 1982, Les Editions Riguil Internationales, Québec. DONDIS, Donis A., *A Primer of Visual Literacy*, 1973, The MIT Press.
- 13 WIKIPÉDIA, « Son musical », article en Français de l'encyclopédie en ligne. [en ligne]
- 14 Je pense au fameux « Muss est sein ? Es muss sein ! » – « Le faut-il ? Il le faut ! » : inscrit comme une indication sur la partition de Beethoven du Quatrième mouvement du *Dernier quatuor opus 135*.
- 15 CNRTL, « relation », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 16 BENGHOZI Pierre, « Transmission généalogique de la trace et de l'empreinte : temps mythique en thérapie familiale psychanalytique », *Cahiers critiques de thérapie familiale et de pratique de réseaux*, vol. 38, n°1, 2007. Cité par SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, Éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]
- 17 *Ibid.*
- 18 CNRTL, « lier », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 19 *Ibidem.*
- 20 CNRTL, « lien », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 21 « Créer un rapport n'a pas grand chose à voir avec le fait d'être en relation – celle-ci existe que je le veuille ou non, alors qu'un rapport, lorsqu'il est créé, concerne ses termes et les modifie, pour le meilleur ou pour le pire. » STENGERS Isabelle, *Une autre science est possible ! Manifeste pour un ralentissement des sciences*, 2013, Les Empêcheurs de penser en rond / La découverte. Cité par SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]
- 22 SIMON, *Rupture. Replacer l'émancipation dans une perspective sécessionniste*, juillet 2006 [en ligne] Cité par SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]
- 23 CNRTL, « hiérarchie », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 24 Le logiciel EdrawMax est un logiciel de dessin payant conçu pour la fabrication d'organigrammes professionnels. Il s'agit ici de l'exemple type donné par la compagnie le 25 août 2021. [en ligne]
- 25 *Organigramme de la société des nations de 1930*, GRANDJEAN Martin, « Complex structures and international organizations » in *Memoria e Ricerca* (2), 2017, pp. 371-393.
- 26 Figure extraite de HE Xiaoyun, KARAMI Amir & DENG Chaoqun, *Examining the effects of online social relations on product ratings and adoption: Evidence from an online social networking and rating site*, 2017, International Journal of Web Based Communities, p. 10, figure 2.
- 27 NELSON Theodor H., *Brief Words on the Hypertext*, 23 January 1967. [en ligne]
- 28 *Modèle "Point de Vie"*, in AÏT-TOUATI Frédérique, ARÈNES Alexandra & GRÉGOIRE Axelle, *Terra Forma, Manuel de cartographies Potentielles*, 2019, Éditions B 42, pp. 66-67.

- 29 *Ibidem*.
- 30 Par exemple *Organigramme simplifié du groupe Bolloré*, 6 mars 2008, Médiapart.
- 31 CNRTL, « propriété », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 32 CNRTL, « trajectoire », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 33 Du latin *trajectus* « traversée », dérivé de *trajectare* « traverser ». Voir CNRTL, « trajectoire », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 34 CNRTL, « trajectoire », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 35 CNRTL, « trajectoire », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 36 KANDINSKY Vassily, « Point-ligne-plan », dans *Écrits complets*, 1975, éd. Denoël-Gonthier, vol. 2 (« La forme »), p. 93.
- 37 WOOD Jeremy, *Walking with Satellites*, 2017, cartographie réalisée avec la collaboration de 65 étudiants dotés de receveurs GPS. 475 kilomètres ont été parcourus à pied sur les 185 hectares du campus en évitant les chemins déjà tracés. Édité dans la collection Mappages par Paysage>Paysages.
- 38 MOLES Abraham, *La création scientifique*, 1957, Editions René Kister, Genève, p.96. Cité par RENON Anne-Lyse, *Design et esthétique dans les pratiques de la science*, 2016, thèse d'Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences, Ecole des Hautes études en sciences sociales, Paris, p. 174.
- 39 Fig. 50. *Diagramme de Blondel Heyland d'un moteur asynchrone* in MOLES Abraham, *La création scientifique*, 1957, Editions René Kister, Genève, p. 101.
- 40 Captures d'écran de *Excerpt from Dynamic Earth*, 2012, NASA/Goddard/GSFC/ SVS.
- 41 WIKIPÉDIA, « Vecteur », Français. [en ligne]
- 42 EISENREICH Uta, *Network-Teamwork Sociograms, Langmatt School, Zürich*, 2002.
- 43 EISENREICH Uta, *Network-Teamwork Sociograms, Langmatt School, Zürich*, 2002. Cité dans HALL Peter, *Examining the Contribution of Critical Visualisation to Information Security*, 2015.
- 44 Carte du Advanced Research Project Agency Network (ARPANET) de septembre 1971, montrant quelques-uns de ses premiers nœuds : dans l'Université de Californie Santa Barbara, la Rand Corporation, le MIT, et l'Université d'Harvard. Image extraite de HEART, MCKENZIE, MCQUILLAN & WALDEN, *ARPANET Completion Report*, 4 janvier 1978. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 55.
- 45 Via un logiciel comme VisualRoute, commercialisé en 2010 par VisualWare.
- 46 LARTIGUE Aurore, « Un océan de câbles, Les autoroutes du Web en questions », 2019, article du média en ligne RFI.fr.
- 47 *IP mapping*, Stephen Coast, 2001. [en ligne]
- 48 *Cascade*, 2011, par Jer Thorp, Mark Hansen, Jake Porway pour NYT R&D Lab.
- 49 *Opte Project*, 2003, Barrett Lyob, MoMa Online Collection.
- 50 *Harmony Of The Spears [Pythagoras-Spears]*, 2015, algorithme de la plateforme de recherche ADM XI
- 51 WIKIPÉDIA, « Spider Maps », Français. [en ligne]
- 52 *Chronology of social networks*, par ConceptDraw, 2010.

- 53 CNRTL, « évolution », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 54 CNRTL, « évolution », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 55 Transmettre : étymologiquement de *trans-* « au-delà » et *mittere* « envoyer ». Voir CNRTL, « Transmettre », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 56 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut, p. 140.
- 57 *Ibidem*.
- 58 « Généalogie de la famille de Landas », 17^e siècle, Ghent University Library.
- 59 « *Queen Elizabeth descendant of King David* » : *British-Israel traces the throne to David*, 1938, par Probus-Pleming.
- 60 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut., p. 140.
- 61 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut., p. 140.
- 62 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut., p. 141.
- 63 *Arbre généalogique de la Maison de France (1350-1589)*, extrait de INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut, p. 142.
- 64 DIDEROT, « Prospectus présentant le projet de l'Encyclopédie raisonnée des arts et des sciences. » in *Œuvres complètes de Diderot, 1775-1777* [1751], tome XIII, p. 139-140, éd. Garnier. Texte établi par J. Assézat et M. Tournoux.
- 65 Fig. 8 – How systems influenced later systems. « This graph summarizes how various systems related to Star have influenced one another over the years. Time progresses downwards. Double arrows indicate direct successors (i.e., follow-on versions). Many « influence arrows » are due to key designers changing jobs or applying concepts from their graduate research to products. » extrait de JOHNSON Jeff, ROBERTS Teresa L., « The Xerox « Star »: A Retrospective », article paru dans IEEE Computer, Septembre 1989.
- 66 CNRTL, « métamorphose », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 67 *Illustration showing the divergence of species*, extrait de DARWIN Charles, *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle*, 1959 [1921], traduction depuis l'anglais par Edmond Barbiern et Alfred Costes, p. 137.
- 68 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut, p. 150. A propos de DARWIN Charles, *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle*, 1959 [1921], traduction depuis l'anglais par Edmond Barbiern et Alfred Costes, p. 137.
- 69 « La fusion est le passage d'un état compact et ordonné à un état compact et désordonné », illustration de l'article « Les transformations physiques », sur le blog *Webphysique.fr*, 2020.
- 70 *Cluster Balls*, 2007, Chris Harrison, visualisation des interconnexions entre des mages Wikipédia, ici partant de la catégorie "médecine".
- 71 *En France, comment les citoyens peuvent-ils se faire entendre ?* Cartes mentales de collégiens d'une classe de 3^e en 2009. Extrait de GRANGE Emmanuel, « Carte mentale : du brouillon à la rédaction », article du blog La Passerelle Histoire-Géographie, 2009. & *Brouillons d'élèves de 3^e*, extraits de GRANGE Emmanuel, « Des brouillons pour faire bouillonner les idées » article du blog *WebPedago*, 2013.

- 72 *En France, comment les citoyens peuvent-ils se faire entendre ? Cartes mentales de collégiens d'une classe de 3^e en 2009*. Extrait de GRANGE Emmanuel, « Carte mentale : du brouillon à la rédaction », article du blog La Passerelle Histoire-Géographie, 2009.
- 73 SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]
- 74 *Mapping Scientific Paradigms*, 2006, visualisation des liens entre 800,000 se regroupant autour de 776 paradigmes, par Kevin Boyack, John Burgoon, Peter Kennard, Dick Klavans, W. Bradford Paley. [en ligne]
- 75 *The Great Bear (figures célèbres superposées à la carte du métro londonien)*, 1992, Simon Patterson and Transport for London, Tate Modern Museum.
- 76 *Constellation lexicale du mot « immigration », dans la bouche de Marine Le Pen*, schéma de Cécile Alduy, design Donatien Huet. Extrait de ALDUY Cécile *Ce qu'ils disent vraiment. Les politiques pris aux mots*, 2017, Seuil.
- 77 UNGERS Oswald Mathias, « Designing and thinking in images, metaphors and analogies » in *Morphology City Metaphors*, 2013, Lemis Yayin, p. 10. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice. [en ligne]
- 78 *Vers la relation comparant-comparé : « Le requin »*, illustration extraite de DUMINY-SAUZEAU Christine, « Créer une métaphore en classe de 5e », *Pratiques* [Online], 2015, pp. 165-166.
- 79 JOHNSON Jeff, ROBERTS Teresa L., « The Xerox « Star »: A Retrospective », article paru dans *IEEE Computer*, Septembre 1989.
- 80 POULAIN Gérard, *Métaphore et multimédia, concepts et applications*, Paris, La documentation française, 1996, pp. 29-30.
- 81 POULAIN Gérard, *Métaphore et multimédia, concepts et applications*, Paris, La documentation française, 1996, pp. 29-30.
- 82 OUAKNIN Marc-Alain, *Le livre brûlé. Philosophie du Talmud*, 1994, Paris, Le Seuil. Cité par SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019, p.21. [extrait en ligne]
- 83 SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019, p.21. [extrait en ligne]
- 84 *Ibidem*.
- 85 *A diagram representing rabbinic interactions in the Babylonian Talmud*, 2021, par Michael Stalow. Extrait de STALOW Michael, « The Rabbinic Network », article du média en ligne *Tablet*, 3 mai 2021.
- 86 CNRTL, « force », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*, IV. 5. [en ligne]
- 87 *Ibidem*.
- 88 *Ibidem*.
- 89 *Ibidem*.
- 90 COPERNIC Nicolas, *De revolutionibus orbium coelestium* 2015, Les Belles Lettres, Paris, vol. II, p. 38. [en ligne]
- 91 *Field of two positive and two negative point charges constituting a non-ideal electric quadrupole*, 2010, Wikipédia Commons.
- 92 *The direction of magnetic field lines represented by the alignment of iron filings sprinkled on paper placed above a bar magnet*. Figure extraite de Zulfikar, Aldi & Girsang, Denni & Saepuzaman, Duden & Samsudin, Achmad, *Analyzing Educational University Students' Conceptions through Smartphone-Based PDEODE Tasks on Magnetic Field in Several Mediums*, 2017, AIP Conference Proceedings.
- 93 *Champ magnétique terrestre*, Nasa, 2020, datavisualisation.

- 94 *Earth Magnetic Field Declination from 1590 to 1990*, U.S. Geological Survey (USGS), 2000.
- 95 *Magnetospheric flows*, figure extraite de. BAGENAL F, « Giant planet magnetospheres », *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 20, 1992, pp. 289–320. Cité par Blanc, Michel & Kallenbach, R. & Erkaev, N, *Solar System Magnetospheres*. 2005.
- 96 *Computer simulation of the Earth's field in a period of normal polarity between reversals*. « The lines represent magnetic field lines, blue when the field points towards the center and yellow when away. Space is a better vacuum than any we can create on Earth, but it's nonetheless bustling with activity, particles and magnetic field lines. NASA studies our space environment to protect our technology and astronauts as we explore farther and farther from our home planet. » NASA/Goddard/Conceptual Image Lab. Extrait de *A supercomputer to model flow patterns in Earth's liquid core*, Dr. Gary A. Glatzmaier - Los Alamos National Laboratory - U.S. Department of Energy.
- 97 *La magnétosphère terrestre*, figure extraite de ULTRÉ-GUÉRARD P., *Du paléomagnétisme au géomagnétisme spatial, analyse de quelques séquences temporelles du champ magnétique terrestre*, Thèse de doctorat de l'Institut de physique du globe de Paris, 1996.
- 98 *Electron cloud model*, 2021, illustration de l'article « Introduction to the Atom » du média en ligne *Let's Talk Science*.
- 99 *As it revolves around the Earth, the Moon experiences a centripetal acceleration directed toward the Earth*. « An object near the Earth's surface, such as the apple shown here, experiences an acceleration g », Figure 13.2 du manuel de *Physique pour la science et l'ingénierie* [Physics for scientists and engineers], 2004, Raymond A Serway & John W Jewett, Belmont, Thomson-Brooks/Cole, p. 392.
- 100 MORENO Jacob, *Who shall survive*, 1953 [1934], Beacon House, Inc. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, pp. 75-76. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
- 101 *Ibidem*.
- 102 NORWAY Mary, *A primer of sociometry*, 1952, University of Toronto Press. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, pp. 77-78. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
- 103 LAROUSSE, « interface », article du dictionnaire en ligne *Le Larousse*.
- 104 *Borders network : a country points to another country if this represents a share of borders significantly larger than the average borders length for that country*. Extrait de FLAOUNAS Ilias at FYSON Nick, *Predicting relations in news-media content among EU countries*, 2010.
- 105 *Organigramme de la société des nations de 1930*, GRANDJEAN Martin, « Complex structures and international organizations » in *Memoria e Ricerca* (2), 2017, pp. 371-393.
- 106 *A Whole Lot of Talking To : No matter what they're called, interfaces boil down to a format and language that defines the services one system is capable of delivering to another*. Illustration extraite de *The Computer Language Company Inc*, 1981-2019
- 107 *The Covalent Bond*, illustration de l'article « The Covalent Bond dans le manuel » *IB syllabus for first examinations*, 2016. [en ligne]
- 108 *Supramolecular polymers via multiple hydrogen bonding*, figure extraite de HAINO, T. « Molecular-recognition-directed formation of supramolecular polymers. » 2013.

- 109 (a) *Molecular structures and (b) geometry-optimized structures (side view) of 1 (left) and 2(right). (c) Schematic representation of different twisting angles of the anthracene chromophore of 1 (left) and 2 (right) with respect to the barbituric acid plane.* Illustration issue de Prabhu, D., Aratsu, K., Yamauchi, M. et al, *Supramolecular polymerization of hydrogen-bonded rosettes with anthracene chromophores: regioisomeric effect on nanostructures.*, 2017.
- 110 CNRTL, « engendrer », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 111 Ibidem
- 112 Ibidem.
- 113 *Jung Philosophy Map*, mindmap réalisée par Nonnaci pour son blog *Philosophy Maps*, 2015.
- 114 *Cubism and Abstract Art, 1936, Alfred Barr.* « Barr's striking diagram highlighted the role that cubism had played in the development of modernism. Like the exhibition and book that accompanied it, Barr's diagram was a watershed in the history of 20th-century modernism. »
- 115 CNRTL, « relation », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 116 Ibidem.
- 117 Ibidem.
- 118 Ibidem.
- 119 « Créer un rapport n'a pas grand chose à voir avec le fait d'être en relation – celle-ci existe que je le veuille ou non, alors qu'un rapport, lorsqu'il est créé, concerne ses termes et les modifie, pour le meilleur ou pour le pire. » STENGERS Isabelle, *Une autre science est possible ! Manifeste pour un ralentissement des sciences*, 2013, Les Empêcheurs de penser en rond / La découverte. Cité par SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]
- 120 GLISSANT Edouard, *Poétique de la Relation - Poétique III*, 1990, pp. 186-188 et 204. Cité par SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]
- 121 GRANOVETTER Mark S. « The strength of weak ties », *American Journal of Sociology*, vol. 78, mai 1973, University of Chicago Press.
- 122 Ibidem.
- 123 MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier. A propos de GRANOVETTER Mark S. « The strength of weak ties », *American Journal of Sociology*, vol. 78, may 1973, University of Chicago Press.
- 124 GRANOVETTER Mark S. « The strength of weak ties », *American Journal of Sociology*, vol. 78, may 1973, University of Chicago Press.
- 125 Ibidem.
- 126 MOUREAUX-NÉRY Caroline, *World Wide Web, plongée dans les logiques de navigation Web*, 2020, mémoire de fin d'étude sous la direction de Loup Cellard, ENSCI - Les Ateliers, p. 272.
- 127 MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier.
- 128 Projet « Édition numérique collaborative de l'Anthologie Palatine et de ses multiples vérités » coordonné par la CRCEN. Responsables du projet : Marcello Vitali-Rosati, Elsa Bouchard.

- 129 VITALI-ROSATI Marcello, *Culture Numérique*, 23 mars 2017. Cité par MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier.
- 130 MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier.
- 131 GEEKSFORGEES, « Difference between Hard link and Soft link » article du site *Geeksforgeeks.org*, 7 avril 2020.
- 132 SIMON, *Rupture. Replacer l'émancipation dans une perspective sécessionniste*, juillet 2006 [en ligne]
- 133 *Ibidem*.
- 134 *Ibidem*.
- 135 *Ibidem*.
- 136 DELEUZE Gilles et PARNET Claire, *Dialogues*, 2008 [1977], Flammarion, p. 152.
- 137 *Ibidem*. Voir aussi BESSIS Raphaël, *Vocabulaire de Deleuze*, 2004, constitué à partir de l'ouvrage de François Zourabichvili et de celui dirigé par Robert Sasso et Arnaud Villani – Année 2003. [en ligne]
- 138 SIMON, *Rupture. Replacer l'émancipation dans une perspective sécessionniste*, juillet 2006 [en ligne] Voir aussi BESSIS Raphaël, *Vocabulaire de Deleuze*, 2004, constitué à partir de l'ouvrage de François Zourabichvili et de celui dirigé par Robert Sasso et Arnaud Villani – Année 2003. [en ligne]
- 139 DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Mille Plateaux*, 1980, Éditions de Minuit. [en ligne]
- 140 DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Milles Plateaux*, 1980, Éditions de Minuit, p. 264. [en ligne]
- 141 *Ibidem*.
- 142 DELEUZE Gilles et PARNET Claire, *Dialogues*, 2008 [1977], Flammarion, p. 152.
- 143 DELEUZE Gilles et PARNET Claire, *Dialogues*, 2008 [1977], Flammarion, p. 47.
- 144 DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Milles Plateaux*, 1980, Éditions de Minuit, p. 280. [en ligne] Voir aussi MENGUE Philippe, « Micropolitique », in *Le vocabulaire de Gilles Deleuze, Les Cahiers de Noesis* n° 3, sous la dir. Robert Sasso et Arnaud Villani, Printemps 2003, p. 254.
- 145 WIKIPÉDIA, « Théorie de la relativité », Français. [en ligne]
- 146 CNRTL, « passage », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 147 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes*, 2013 [2011], Zones Sensibles, p.62. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 148 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 149 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 71. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 150 CITTON Yves et VALENTOWITZ Saskia « Pour une écologie des lignes et des tissages », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.
- 151 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 100. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 152 FISK Harold, *Vallée alluviale du bas fleuve Mississippi*, 1944.
- 153 DELEUZE Gilles, « Le pli, Leibniz et le Baroque », in *Qu'est-ce qui est baroque ?*, 1988, Édition de Minuit, collection Critiques, Chapitre 3, pp. 48 et 49.

- 154 DELEUZE Gilles, « Le pli, Leibniz et le Baroque », *Qu'est-ce qui est baroque ?*, 1988, Édition de Minuit, collection Critiques, Chapitre 3, pp. 48 et 49.
- 155 CNRTL, « fil », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]
- 156 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 71. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 157 CITTON Yves et WALENTOWITZ Saskia « Pour une écologie des lignes et des tissages », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.
- 158 JÜNGER Ernst, *Approches drogues et ivresse*, Table ronde, p. 304, 218. Cité par DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Milles Plateaux*, 1980, Éditions de Minuit, p. 15. [en ligne].
- 159 GUEGANTON Juliette, *Small Technical Systems*, 2021, mémoire de fin d'études de l'ENSCI - Les Ateliers, dirigé par Ariane Wilson. (Les guillemets font allusion au CNRTL, définition de "fil")
- 160 *Panorama des acteurs de la recherche, de la valorisation et de l'innovation après le PIA*, figure extraite du rapport public de la Cour de Comptes, *Les outils du PIA consacrés à la valorisation de la recherche publique*, mars 2018, p. 12. [en ligne]
- 161 BENQUÉ David, Post Instagram depuis le compte Recherche en Design, 20 janvier 2022.
- 162 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 98. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 163 STERNE Laurence, *La vie et les opinions de Tristram Shandy, gentilhomme*, [The Life and Opinions of Tristram Shandy, Gentleman] 2004 [1759], Tristram. Traduction, préface et notes de Guy Jouvét.
- 164 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 208. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 165 CITTON Yves et WALENTOWITZ Saskia « Pour une écologie des lignes et des tissages », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.
- 166 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 208. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 167 GHLISS Yosra, JAHJAH Marc, « Habiter WhatsApp? Éléments d'analyse postdualiste des interactions en espace numérique », in *Discours numériques natifs. Des relations sociolangagières connectées*, 2019, Maison des Sciences de l'homme, Paris. [en ligne]
- 168 INGOLD Tim, *Being Alive. Essays on Movement, Knowledge and Description*, 2011, London, Routledge, p. 71.
- 169 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 208. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 170 *Ibidem*.
- 171 INGOLD Tim, *Being Alive. Essays on Movement, Knowledge and Description*, 2011, London, Routledge, p. 71. Cité par CITTON Yves et WALENTOWITZ Saskia « Pour une écologie des lignes et des tissages », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.
- 172 TIBERGHIE Gilles A., *Le paysage est une traversée*, 2020, Parenthèses, p. 6.
- 173 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 208. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut. Cité par CITTON Yves et WALENTOWITZ Saskia « », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.
- 174 CITTON Yves et WALENTOWITZ Saskia « Pour une écologie des lignes et des tissages », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.
- 175 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 212. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.

- 176 Voir TEMPLE Emily, « Famous Authors' Handwritten Outlines for Great Works of Literature » article pour le média en ligne *Flavorwire*, mai 2013.
- 177 *Arbre généalogique des personnages de "Harry Potter"*, dessiné par J. K. Rowling en 2007 pour RUNCIE James, *J. K. Rowling: A Year in the Life*, documentaire, 2009.
- 178 MORENO Jacob, *Who shall survive*, 1953 [1934], Beacon House, Inc, pp. 95-96. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 76.
- 179 INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles, p. 212. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.
- 180 MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier. [En ligne]
- 181 RIGUET Marine, « Le sacre d'une littérature palimpseste ? », 2017, Colloque *Des Humanités Numériques littéraires?*, Cerisy-la-Salle, organisé par Didier Alexandre et Marc Douguet, p. 7. Cité par MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier. [En ligne]
- 182 VITALI-ROSATI Marcello, *Culture Numérique*, 23 mars 2017. Cité par MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier.
- 183 MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier. [En ligne]
- 184 MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier. [En ligne]
- 185 LANDOW George, « Hypertext and Collaborative Work : The Example of Intermedia », in *Intellectual Teamwork : Social and Technological Foundations of Cooperative Work*. Galegher, 1990, J. Kraut R.E., Egidio C., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, p. 426. Cité par ERTZSCHEID Olivier, « L'hypertexte : haut lieu de l'intertexte », *La Revue des Ressources*, jeudi 31 octobre 2002 [en ligne : en ligne]
- 186 Voir BEAUDE Boris, *Internet, changer l'espace, changer la société*, Limoges, 2012, Fyp éditions.

3- *VERS LA COMPLEXITÉ*

10 / 12 1) motif : entre holisme et réductionnisme

Une fois les liens tirés, les relations tissées, les lignes tramées, voilà le réseau qui prend forme.

Quelles formes ? Je ne m'y attarderai guère, puisque c'est déjà l'objet de bien d'autres ouvrages typologiques. Il suffit, par exemple, de consulter le graphiste Manuel Lima, pour deviner de nouveaux horizons : réseau en échelle, arbre ou ruissellement, rhizome, maillage ("meshwork"), treillis ("lattice"), filet ("net"), mosaïque... [RES102]

Face à ce nouvel abîme de complexité typologique, il serait tentant de comparer la valeur de ces classifications : au fond, le plus important est-il de distinguer la nature de chaque voie de passage qui constitue le réseau, ou de distinguer la nature des formes globales composées par le réseau ? Vaut-il mieux prendre le temps de constater qu'entre deux entités existe un lien d'évolution, et même d'héritage, que leur relation est dure mais faible, qu'elle s'inscrit à la manière d'un fil qui connecte ; ou bien est-il plus intéressant de constater que cette voie de passage a lieu dans une partie de réseau en arbre binaire de recherche ? Certes, cette question pourrait sembler aussi absurde que de demander à un musicien s'il vaut mieux savoir que ce que l'on écoute est un menuet, ou bien qu'entre ces deux notes entendues l'écart est une tierce majeure ascendante. Bien sûr, un morceau ne pourra jamais se résumer par l'un de ces deux paramètres, et c'est sa singularité, à l'intersection de l'ensemble des facteurs bien plus nombreux, qui fait sa valeur. Je me rappelle un commentaire de Mathias Ungers, qui affine cette ambivalence :

« Apparemment, tout le processus de pensée pourrait se dérouler de deux façons. Et chacune des deux est proclamée comme la seule manière dont la pensée procède en science, en art, et en philosophie. La première est communément connue comme la manière de penser "empirique"¹ [...] la préoccupation intellectuelle se concentre alors sur des éléments séparés et des faits isolés[...]. L'autre manière de penser recherche les phénomènes et expériences qui décrivent plus que la simple somme de ces parties, n'accordant pratiquement aucune

attention aux éléments séparés [...]. La préoccupation principale n'est pas la réalité telle qu'elle est mais la recherche d'une idée totalisante, d'un contenu général, d'une pensée cohérente, ou d'un concept général qui lie toutes les parties ensemble. C'est ce que l'on désigne par holisme[...]»² »

Il ne s'agit encore une fois pas de trancher. Mais s'accorder sur l'égale importance de ces différents niveaux d'attention sous-entend aussi d'accepter l'incommensurable complexité qui se trame dans chaque réseau. Cette difficulté n'a pourtant rien d'un dilemme pour Manuel Lima, qui, s'intéressant à la « beauté complexe³ », la met en perspective en commençant par l'idée de motif : « l'école de pensée Gestalt, au début du 20^e siècle, a mis en valeur l'idée de complétude, affirmant que le principe opérationnel du cerveau était fondamentalement holistique. [...] l'effet Gestalt décrit donc le processus cognitif lors duquel la reconnaissance visuelle de silhouettes et formes n'est pas basée sur la collection d'éléments (lignes et points) mais sur leur appréhension en tant que motif parfaitement reconnaissable : et ce, depuis la reconnaissance d'un zèbre dans une prairie, jusqu'à distinguer un visage dans une foule⁴ ».

[RES103] Ce principe n'est qu'un début, puisqu'il n'explique pas pourquoi et comment un tel motif se forme dans nos esprits, ni surtout ce qui se passe lorsque nous sommes incapables d'identifier un motif. Pourtant la propension du cerveau à chercher des formes familières est si forte que nous pouvons même en distinguer dans « du bruit sans signification » : cela se nomme en anglais *patternicity* (de pattern, motif), et se traduit fort mal en français sans périphrase⁵. Le philosophe Karl Popper suggère même que nous aurions une « tendance innée à rechercher des régularité, ou du moins un besoin de trouver ces régularités⁶ ». Pourtant, de la même manière que le réel ne peut être réduit à l'ensemble de ses parties, il n'est pas non plus réductible à un motif reconnu, à un « archétype idéalisé⁷ » : la photographie montre bien qu'aucun flocon, aucune onde de choc n'est parfaitement symétrique. « On y voit toujours quelque chose qui manque (un "défaut") ou quelque chose en trop (un "excès"), qui vient troubler les formes pures dessinées par les graveurs⁸ » des motifs naturels dans les encyclopédies. Entre la reconnaissance d'un motif global et la qualification d'un détail spécifique, « Combien est étroite la relation entre ce qui se transforme en beauté et ce qui se transforme en motif.⁹ » Richard Padovan et Ernst Gombrich élaborent sur cet équilibre délicat : « Le délice se situe quelque part entre l'ennui et la confusion. Si la monotonie rend l'attention difficile, un excès de nouveauté surcharge le système et nous fait renoncer : nous ne sommes pas tentés d'analyser le pavement désorganisé des trottoirs¹⁰. »

La nécessité d'un tel équilibre semble indéniable, surtout en considérant les représentations de réseau : faire face à trop de complexité, sans distinguer aucun motif, « serait comme vivre dans le néant : tout serait d'importance égale ; rien ne pourrait attirer notre attention ; et il n'y aurait aucune possibilité d'utiliser son esprit ¹¹ ». La préface de Manuel Lima précise bien que le rôle du « designer de visualisation d'information est d'organiser les données de manière à aider l'utilisatrice à distinguer les motifs ¹² ».

Pourtant Manuel n'est pas si catégorique : « Si cela est réellement le cas ¹³ », s'il faut limiter la confusion, mettre en valeur des motifs clairs, « comment expliquer notre attraction envers des sujets non figuratifs particulièrement intriqués ? Enfin, comment expliquer la séduction qu'exerce sur nous la complexité ¹⁴ ? » Se souvenant de l'hypothèse du physicien des fractales Richard Taylor [CA42], qui suppose qu'à force de voir des fractales dans les formes naturelles nous y aurions une sensibilité particulière, une sorte « d'encodage fractal de notre système de perception ¹⁵ », Manuel Lima propose que nous aurions un « encodage de la complexité », qui contrebalance notre propension à chercher des motifs. « Le simple fait que vous soyez en train de lire cette phrase, usant de votre propre réseau de neurones vastement et complètement interconnecté rend plausible cet encodage cognitif de la complexité ¹⁶ ».

Entre la compréhension de motif et l'impression de confusion, entre la reconnaissance d'un tout et l'attention au détail singulier, je ne m'aventure pour ma part pas plus loin dans les hypothèses cognitives. Et cependant, c'est bien dans cette oscillation, et sans qu'elle nie la complexité, qu'il faut je crois chercher à comprendre les réseaux.

11 / 12 2) une complexité inévitable ?

— a- le réseau est voué à se complexifier

« Quand tout est connecté à tout le reste, alors pour le meilleur ou pour le pire, tout a de l'importance ¹⁷ » déclare gravement Bruce Mau dans *Changement majeur* en 2004. La formulation presque tautologique me fait sourire, je n'en suis pas pour autant en désaccord avec Bruce : nous évoluons dans une réalité aux infinies interactions, la science nous apprend des chaînes de causes et conséquences toujours plus interminables et infimes à la fois, à combien de reprises n'ai-je pas entendu répéter d'un air d'évidence fataliste : « tout est lié ¹⁸ ». [RES104] Bien que concordance et cohérence puissent être réconfortantes, cette

hyper liaison fait également en sorte que tous les éléments deviennent importants, ou plutôt qu'aucun ne soit négligeable, créant de fait de la complexité, dans la réalité, mais surtout dans les représentations en réseau de la réalité que cela crée.

En plus de l'aspect saturant de devoir prendre en compte tous ces éléments liés, il faut aussi gérer la nature différente, mais simultanée, de ces liaisons. C'est ce que j'appellerai une appréhension multivariable d'un réseau, qui crée de la complexité. La multi-variabilité est devenue une compréhension courante de notre contexte : nous nous rendons souvent compte qu'il n'y a pas qu'une seule cause pour expliquer une conséquence. C'est d'ailleurs une idée fondatrice pour Edward Tufte, sommité de la visualisation d'information, qui n'a pas manqué de pratique de représentation de réseau : « Presque tous les mondes intéressants (physique, biologique, imaginaire, humain) que nous cherchons à comprendre sont inévitablement et par nature multi-variables ¹⁹ » « Cette analyse de causes et d'effets, initialement bivariable, devient rapidement multivariable à cause d'élaborations nécessaires telles que : les conditions dans lesquelles les relations causales ont lieu, les effets d'interactions, les causes multiples, les effets multiples, les séquences causales, les sources de biais, les corrélations trompeuses, les sources d'erreurs de mesures, les variables en compétition... ²⁰ »

Le facteur temporel vient encore apporter de la complexité aux représentations de réseaux qui proposent à l'utilisateur de multiples variables.

Si les représentations de réseau semblent fixes le temps de leur partage, c'est sous l'effet d'un oubli temporaire, tacite mais assumé : on choisit d'oublier momentanément que le réseau est en perpétuelle évolution. Les physiciens Mark Newman, Albert-László Barabási, et Duncan J. Watts expliquent que « beaucoup de réseaux sont le produit d'un processus dynamique qui ajoute ou enlève des liaisons et des entités... Les liens que les gens créent affectent la forme du réseau, et la forme du réseau affecte les liens que les gens créent. Les structures des réseaux sociaux évoluent donc dans une dépendance historique, au cours de laquelle le rôle des participants, et des comportements récurrents qu'ils adoptent, ne peuvent être ignorés ²¹ ». Cela vaut également pour les réseaux non sociaux à mon sens, et je crois que toujours la forme du réseau affecte les entités qui le composent et ses liaisons, et l'inverse est tout aussi vrai.

Cette complexité accrue avec le temps se manifeste aussi par la variation de compréhension et de point de vue de qui parcourt le réseau : je pense à la complexité du dédale qu'est Naples décrit par Stéphane Hugon : son parcours est une « *passeggiata*, promenade à la fois intime et collective, agrégative et personnelle, tant l'imbrication des espaces est

ténue.[...] L'errance et la déambulation y sont probablement le mode privilégié pour tenter d'appivoiser l'espace, mais chaque nouvelle promenade fait douter de celle de la veille, et augmente ainsi la complexité de la ville²². » Il n'y a pas que le réseau qui change, mais aussi tou-te-s celle-ux qui le parcourent, le comprennent, l'interprètent, se le représentent à nouveau. Chaque passage, puisqu'il s'agit d'un moment différent du précédent, donnera lieu à une confrontation différente au réseau, dans une complexification potentiellement infinie.

— b- 3 niveaux de complexité problématiques

A présent qu'il est établi que la complexité finit toujours par au moins poindre dans la représentation du réseau, je me demande comment nous interagissons avec un plus ou moins grand niveau de complexité. Revoilà ce cher Manuel au galop, introduisant Warren Weaver, scientifique américain qui en 1948 se demandait déjà quelles étaient les interactions entre « science et complexité » : « Weaver a divisé l'histoire des sciences modernes en trois période distinctes : la première, couvrant la plupart du 17^e, 18^e, et 19^e siècles, encapsule ce qu'il dénomme des "problèmes de simplicité". La plupart des scientifiques durant cette période essayaient fondamentalement de comprendre l'influence d'une variable sur une autre. La seconde phase, qui eut lieu durant la première moitié du 20^e siècle, implique des "problèmes de complexité désorganisée "». Il s'agissait d'une période où les chercheurs commencèrent à concevoir des systèmes avec un nombre substantiel de variables, mais les nombreuses manières dont ces variables interagissent étaient perçues comme dues au hasard, et parfois jugées chaotiques. Le dernier stade défini par Weaver, initié durant la seconde moitié du 20^e et qui continue encore aujourd'hui, est critiquement marqué par des « "problèmes de complexité organisée". Non seulement avons-nous reconnu la présence de systèmes excessivement complexes, avec un large nombre de variables, mais nous avons aussi reconnu que ces variables sont extrêmement interconnectées et interdépendantes²³. » [RES105]

Bien que nous ne soyons plus en 1948, je ne crois pas que nous ayons vraiment solutionné les problèmes de complexité organisée. Dans le cas des représentations de réseaux en tous cas, si nous avons de plus en plus l'habitude d'en établir avec un haut niveau de complexité et des variables multiples, je n'ai jamais eu l'impression de me trouver face à une représentation lisible, partageable, mais parfaitement organisée : il y a toujours à rajouter, corriger, préciser, afin tenter de toujours représenter

plus justement l'organisation de la complexité de ce réseau. Les liens ne sont jamais assez justes, assez clairs, assez qualifiés (sinon, pourquoi aurais-je passé tant de temps à tenter de les qualifier ?).

12 / 12 Renoncer à l'harmonie

Cette assimilation progressive d'une complexité organisée me semble faire écho à l'apparition d'une esthétique de l'hyper complexité, décrite par André Corboz en 1983.

Il suggère alors que si la ville contemporaine semble « figurer un univers où la circonférence est partout et le centre nulle part, si elle n'est pas saisissable par les sens en tant qu'ensemble, si elle est dépourvue de structure hiérarchisée et susceptible d'être parcourue en tous sens, si l'hyperville nous répugne, si elle apparaît contradictoirement comme chaotique et monotone, si elle incarne pour la plupart des gens l'abomination de la désolation, bref, si nous la percevons comme un espace de pure dispersion, homogène à force d'hétérogénéité, [...] , c'est, je crois, en raison d'une notion implicite, qui détermine comme instinctivement notre vision de la ville – du moins chez les personnes, disons, au-dessus de 50 ans; la notion d'harmonie. Or – telle est du moins mon opinion – la notion d'harmonie est périmée²⁴. » Corboz ne souhaite pas par là offusquer, et la complexité et la fin de l'harmonie ne signifie pas pour lui promouvoir le chaos. Dans l'hyper ville, si on accepte la fin de l'harmonie, c'est que « son prétendu chaos n'en est pas un²⁵ » : « l'hyperville n'est nullement une accumulation sans règles. Elle résulte d'une multitude de choix, qui sont tous rationnels, ou qui tendent à l'être, mais qui obéissent à des rationalités différentes, souvent en concurrence les unes avec les autres, en particulier dans le système de libéralisme sauvage qui est le nôtre. La multitude des interventions fait que le résultat pour le territoire tout entier est difficilement prévisible²⁶. »

Corboz propose alors une nouvelle esthétique : « l'art contemporain devrait nous avoir préparés à ne plus percevoir en termes d'harmonie, mais en termes de contrastes, de tensions, de discontinuité, de fragmentation, d'assemblage, etc., bref, selon un système dynamique qui ne relève d'aucune esthétique précédente²⁷. »

-
- 1 UNGERS Oswald Mathias, « Designing and thinking in images, metaphors and analogies » in *Morphology City Metaphors*, 2013, Lemis Yayin, p. 10.
Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice. [en ligne]
 - 2 Ibidem.
 - 3 LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p.22, Chapitre 6 « Complex Beauty ».
Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 4 Ibidem.
 - 5 Je garderai donc « tendance à distinguer des motifs», et non “pareidolie”, qui a une acception légèrement différente de *patternity* en anglais.
 - 6 PADOVAN Richard, *Proportion: Science, Philosophy, Architecture*, 1999, Taylor & Francis, p. 41, cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 223.
Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 7 LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 223. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 8 Citton cité par MASURE Anthony, *Le design des programmes, des façons de faire du numérique*, dirigée par Pierre-Damien Huyghe, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. [en ligne]
 - 9 Combien est étroite la relation entre ce qui se transforme en beauté et ce qui se transforme en motif.
 - 10 PADOVAN Richard, *Proportion: Science, Philosophy, Architecture*, 1999, Taylor & Francis, p. 41, cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 223.
Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 11 Ibidem.
 - 12 MANOVICH Lev, préface de LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 13 LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 223. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 14 Ibidem.
 - 15 TAYLOR Richard, *Chaos, Fractals, Nature :*, 2006, p. 11. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 223. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 16 LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 223. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 17 MAU Bruce and the Institute without Boundaries, *Major Change*, 2004, Phaidon, p. 129. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 97. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
 - 18 Tout est lié, Gif extrait de *WHAT THE CUT #24 - NOURRITURE, ANNONCE ET DOCUMENTAIRE*, vidéo publiée sur Youtube sur la chaîne MrAntoineDaniel.

- 19 TUFTE Edward, *Beautiful Evidence*, 2006, Graphics Pr, p. 129. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 97. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
- 20 Ibidem.
- 21 NEWMAN Mark, WATTS Duncan, BARBARASI Albert-László, *The Structure and Dynamics of Networks*, 2006, Princeton Studies in Complexity, p. 7. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 97. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
- 22 HUGON Stéphane, *Circumnavigations, L'imaginaire du voyage dans l'expérience Internet*, 2010, Paris, CNRS Éditions, p. 74.
- 23 WEAVER Warren, « Science and Complexity », 1948, *American Scientist*. Cité par LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 45. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.
- 24 CORBOZ, André, *La Suisse comme hyperville*, conférence du cycle « Suburbanisme et paysage » organisé par la Société des paysagers français, 9 avril 1997. [en ligne]
- 25 Ibidem.
- 26 Ibidem.
- 27 Ibidem.

RESSOURCES

1 / 2 BIBLIOGRAPHIE

(ordre alphabétique ; les références en gras constituent le coeur bibliographique)

AÏT-TOUATI Frédérique, ARÈNES Alexandra & GRÉGOIRE Axelle, *Terra Forma, Manuel de cartographies Potentielles*, 2019, Éditions B 42.

ANDRÉ-LAMAT Véronique et al., *Réinvestir la chrono-chorématique : expériences bordelaises*, in *Archéologie de l'espace urbain*, 2013, Presses universitaires François-Rabelais.

ASTLEY Rick, « Never Gonna give you up », chanson sur l'album *Whenever You Need Somebody*, 1987.

BEAUDE Boris, *Internet, changer l'espace, changer la société*, Limoges, 2012, Fyp éditions.

BENGHOZI Pierre, « Transmission généalogique de la trace et de l'empreinte : temps mythique en thérapie familiale psychanalytique », *Cahiers critiques de thérapie familiale et de pratique de réseaux*, vol. 38, n°1, 2007.

BESSIS Raphaël, *Vocabulaire de Deleuze*, 2004, constitué à partir de l'ouvrage de François Zourabichvili et de celui dirigé par Robert Sasso et Arnaud Villani – Année 2003. [en ligne]

BESSON Anne, « Des portes à ouvrir entre les mondes », article du site BNF Fantasy, expositions.bnf.fr, 2020.

BIGGS Norman and WILSON Robin, *Graph Theory 1736-1936*, 3-4. Traduction personnelle depuis l'anglais.

BROOK Peter, *L'Espace vide. Écrits sur le théâtre*, 1977 [1968], Paris, Seuil, coll. Pierres vives, p. 181. Traduction de l'anglais par C. Estienne et F. Fayollecité.

BUSH Vannevar, « As we may think » [“Comme nous pourrions le penser”], article du journal *The Atlantic Monthly*, volume 176, N°1, juillet 1945, p. 101-108. [en ligne] Traduction intégrale par MASURE Anthony dans sa thèse *Le design des programmes, des façons de faire du numérique*, dirigée par Pierre-Damien Huyghe, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne. [en ligne]

CALVINO Italo, *Si par une nuit d'hiver un voyageur*, 1981 [1979], Seuil. Traduit de l'italien par Danièle Sallenave et François Wahl.

CHANTEL Cathy, *Représenter les territoires à l'aide de chorèmes*, 2019, présentation pdf en ligne.

CITTON Yves et VALENTOWITZ Saskia « Pour une écologie des lignes et des tissages », in *Revue des Livres*, n° 4, mars 2012, p. 28-39.

CNRTL, « engendrer », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « évolution », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « fil », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « force », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « hiérarchie », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « lien », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « lier », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « métamorphose », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « passage », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « propriété », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « relation », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « relation », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « réseau », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « trajectoire », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « transmettre », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CNRTL, « ubiquité », article du *Trésor de la Langue Française Informatisé*. [en ligne]

CORBOZ, André, *La Suisse comme hyperville*, conférence du cycle « Suburbanisme et paysage » organisé par la Société des paysagistes français, 9 avril 1997. [en ligne]

COSSETTE Claude, *Les images démaquillées, ou l'iconique. Comment lire et écrire des images fonctionnelles pour l'enseignement, le journalisme et la publicité*, 1982, Les Editions Riguil Internationales, Québec.

CRAMPTON Jeremy, *Mapping: A Critical Introduction to Cartography and GIS*, 2010, New York, John Wiley & Son, p.9.

DAVIS Don, *Matrix Reloaded*, 2003, film produit par Warner Bros. Village Roadshow Pictures, Silver Pictures, NPV.

DELEUZE Gilles, « Le pli, Leibniz et le Baroque », in *Qu'est-ce qui est baroque ?*, 1988, Édition de Minuit, collection Critiques.

DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Mille Plateaux*, 1980, Éditions de Minuit. [en ligne]

DELEUZE Gilles et PARNET Claire, *Dialogues*, 2008 [1977], Flammarion.

DONDIS, Donis A., *A Primer of Visual Literacy*, 1973, The MIT Press.

DRUCKER Johanna, « Humanistic Approaches to the Graphical Expression of Interpretation », 20 mai 2010, conférence HyperStudio Humanities + Digital Visual interpretation, MIT, Cambridge, MA.

DRUCKER Johanna, *Graphesis. Visual Forms of Knowledge Production* [*Graphesis. Formes visuelles de production de savoir*], 2014, Harvard University Press. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.

DRUCKER Johanna, *SpecLab: Digital Aesthetics and Projects in Speculative Computing*, 2009, Chicago, University of Chicago Press.

DRULHE Louise, *Atlas critique d'Internet, Spatialisation d'un objet complexe en vue d'en comprendre les enjeux socio-politiques*, 2015. [En ligne]

ENS Lyon, « Chorème, chorématique », article du *Glossaire* en ligne du site *Geoconfluences.fr*, janvier 2017.

ERTZSCHEID Olivier, « L'hypertexte : haut lieu de l'intertexte », *La Revue des Ressources*, jeudi 31 octobre 2002 [en ligne : <https://www.larevuedesressources.org/l-hypertexte-haut-lieu-de-l-intertexte,027.html>]

EULER Leonhard, « Solution of a problem in the geometry of position » [« Solutio problematis ad geometriam situs pertinentis »], *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 8, 1736.

GEEKSFORGEEKS, « Difference between Hard link and Soft link » article du site *Geeksforgeeks.org*, 7 avril 2020.

GHLISS Yosra, JAHJAH Marc, « Habiter WhatsApp? Éléments d'analyse postdualiste des interactions en espace numérique », in *Discours numériques natifs. Des relations sociolangagières connectées*, 2019, Maison des Sciences de L'homme, Paris. [[https:// hal.archives-ouvertes.fr/hal-02146304](https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02146304)]

GLISSANT Edouard, *Poétique de la Relation - Poétique III*, 1990, Gallimard.

GRANGE Emmanuel, « Carte mentale : du brouillon à la rédaction », article du blog *La Passerelle Histoire-Géographie*, 2009.

GRANGE Emmanuel, « Des brouillons pour faire bouillonner les idées » article du blog *WebPedago*, 2013.

GRANOVETTER Mark S. « The strength of weak ties », *American Journal of Sociology*, vol. 78, may 1973, University of Chicago Press.

GRATALOUP Christian, *Lieux d'histoire. Essai de géohistoire systématique*, 1996, Reclus.

GUEGANTON Juliette, *Small Technical Systems*, 2021, mémoire de fin d'études de l'ENSCI - Les Ateliers, dirigé par Ariane Wilson.

HALL Peter, « Bulles lignes et fils », article de la revue en ligne *Backoffice* n°2, Penser, classer, représenter, avril 2018 [2011], édition B42. Traduit de l'anglais par Marie-Mathilde Bortolotti.

HALL Peter, *Examining the Contribution of Critical Visualisation to Information Security*, 2015.

HENSON Jim, *Labyrinthe*, 1986, film produit par Henson Associates, Inc.

HÉRODOTE, « Les géographes, la Science et l'illusion », article de la revue *Hérodote* n°76, 1995, La découverte.

HODASAVA Olivier, *Une ville de Papier*, 2019, Inculte éditions.

HUGON Stéphane, *Circumnavigations, L'imaginaire du voyage dans l'expérience Internet*, 2010, Paris, CNRS Éditions.

INGOLD Tim, *Being Alive. Essays on Movement, Knowledge and Description*, 2011, London, Routledge.

INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes* 2013 [2011] Zones Sensibles. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.

JOHNSON Jeff, ROBERTS Teresa L., « The Xerox "Star": A Retrospective », article paru dans *IEEE Computer*, Septembre 1989.

KANDINSKY Vassily, « Point-ligne-plan », dans *Écrits complets*, 1975, éditions Denoël-Gonthier, vol. 2 (« La forme »).

LANDOW George, « Hypertext and Collaborative Work : The Example of Intermedia », in *Intellectual Teamwork : Social and Technological*

Foundations of Cooperative Work. Galegher, 1990, J. Kraut R.E., Egidio C., Lawrence Erlbaum Associates, Hillsdale, pp. 407-428.

LAROUSSE, « interface », article du dictionnaire en ligne *Le Larousse*.

LARTIGUE Aurore, « Un océan de câbles, Les autoroutes du Web en questions », 2019, article du média en ligne RFI.fr.

LASSÈGUE Jean, « », avril 2018, Entretien réalisé par Kévin Donnot et Anthony Masure à Paris, le 11 juillet 2017 pour la revue Backoffice N°2, édition B42. [en ligne]

LATOUR Bruno, « A Cautious Prometheus ? A Few Steps Toward a Philosophy of Design (with Special Attention to Peter Sloterdijk) », présentation donnée lors de la rencontre *Networks of Design* organisée par la Design History Society, à Falmouth, Cornwall, RU, 3 septembre 2008. [en ligne]

LATOUR Bruno, *Où suis-je ? Leçons du confinement à l'usage des terrestres*, 2021, les Empêcheurs de penser en rond.

LATOUR Bruno & Hermant Émilie, *Paris, ville invisible*, 1998, les Empêcheurs de penser rond.

Les Cahiers de l'École doctorale « Connaissance, langage, modélisation », Université Nanterre Paris-X Neuvième numéro : séminaire interdisciplinaire de mai 2007, cité par FRANCOMME Olivier & DENEUX Jean-François, *Les chorèmes, approche critique d'un concept transversal*, 2007. [en ligne]

LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice.

MASURE Anthony, Introduction de *Le design des programmes, des façons de faire du numérique*, 2014, Thèse dirigée par M. Pierre-Damien Huyghe, Université Paris 1 Panthéon-Sorbonne, UFR 04, École doctorale d'arts plastiques et sciences de l'art. Discipline : Esthétique et Sciences de l'Art, spécialité Design.

MAU Bruce and the Institute without Boundaries, *Major Change*, 2004, Phaidon.

MÉCHOULAN Éric, *D'où nous viennent nos idées? Métaphysique et intermédialité*, 2010, Montréal : VLB Éditeur. [en ligne]

MELLET Margot, « Penser le palimpseste numérique. Le projet d'édition numérique collaborative de l'Anthologie palatine », article de la revue *Captures*, vol. 5, n° 1, mai 2020, hors dossier. [En ligne]

MENGUE Philippe, « Micropolitique », in *Le vocabulaire de Gilles Deleuze, Les Cahiers de Noesis* n° 3, sous la dir. Robert Sasso et Arnaud Villani, Printemps 2003.

MOLES Abraham, *La création scientifique*, 1957, Editions René Kister, Genève.

MORENO Jacob, *Who shall survive*, 1953 [1934], Beacon House, Inc.

MOUREAUX-NÉRY Caroline, *World Wide Web, plongée dans les logiques de navigation Web*, 2020, mémoire de fin d'étude sous la direction de Loup Cellard, ENSCI - Les Ateliers.

NEWMAN Mark, WATTS Duncan, BARBARASI Albert-László, *The Structure and Dynamics of Networks*, 2006, Princeton Studies in Complexity.

NEW YORK TIMES, *Clip promotionnel pour l'outil de visualisation Cascade*, par James Thorp, 2011, pour le New York Times. [en ligne]

NOLFI Georges, *The adjustment bureau*, 2011, film produit par Electric Shepherd Productions et Media Rights Capital.

NORWAY Mary, *A primer of sociometry*, 1952, University of Toronto Press.

OUAKNIN Marc-Alain, *Le livre brûlé. Philosophie du Talmud*, 1994, Paris, Le Seuil.

PADOVAN Richard, *Proportion: Science, Philosophy, Architecture*, 1999, Taylor & Francis.

POOLEY Colin G., TURNBULL Jean et ADAMS Mags, « Changes in everyday mobility in England since the 1940s: A case study », 2005, *Belgeo*, 1-2 pp.69-84.

POULAIN Gérard, *Métaphore et multimédia, concepts et applications*, Paris, La documentation française, 1996.

RENON Anne-Lyse, *Design et esthétique dans les pratiques de la science*, 2016, thèse d'Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences, Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris, Français.

RIGUET Marine, « Le sacre d'une littérature palimpseste? », 2017, Colloque *Des Humanités Numériques littéraires?*, Cerisy-la-Salle, organisé par Didier Alexandre et Marc Douguet.

SIMON, Rupture. *Replacer l'émancipation dans une perspective sécessionniste*, juillet 2006 [<https://infokiosques.net/IMG/pdf/rupture.pdf>]

STENGERS Isabelle, *Une autre science est possible ! Manifeste pour un ralentissement des sciences*, 2013, Les Empêcheurs de penser en rond / La découverte.

SUCHET, Myriam, *L'Horizon est ici, pour une prolifération des modes de relation*, éditions du commun, 2019. [extrait en ligne]

TAYLOR Richard, *Chaos, Fractals, Nature : a new look at Jackson Pollock*, 2006.

TEMPLE Emily, « Famous Authors' Handwritten Outlines for Great Works of Literature » article pour le média en ligne *Flavorwire*, mai 2013.

TIBERGHIE Gilles A., *Le paysage est une traversée*, 2020, Parenthèses.

TUFTE Edward, *Beautiful Evidence*, 2006, Graphics Pr.

UNGERS Oswald Mathias, « Designing and thinking in images, metaphors and analogies » in *Morphology City Metaphors*, 2013, Lemis Yayin, p. 10. Transcription et traduction depuis l'anglais par l'autrice. [en ligne]

VIGNAUX Georges. *L'hypertexte. Qu'est-ce que l'hypertexte. Origines et histoire*. www.msh-paris.fr, 2001.

VITALI-ROSATI Marcello, « Pour une édition participative de l'Anthologie Palatine », *Culture Numérique*, 23 mars 2017.

WEAVER Warren, « Science and Complexity », 1948, American Scientist.

WIKIPÉDIA, « Agloe », Français. [[https:// fr.wikipedia.org/wiki/Agloe](https://fr.wikipedia.org/wiki/Agloe)]

WIKIPÉDIA, « Science des réseaux », Anglais. [en ligne]

WIKIPÉDIA, « Son musical », Français. [en ligne]

WIKIPÉDIA, « Spider Maps », Français. [en ligne]

WIKIPÉDIA, « Théorie de la relativité », Français. [en ligne]

WIKIPÉDIA, « Vecteur », Français. [en ligne]

WIKIPÉDIA, « Wiki Game », Anglais. [en ligne]

ZELINSKY Wilbur, « The hypothesis of the mobility transition », *Geographical Review*, 61, 1971, Worcester Mass, American Geographical Society, pp. 219-49.

2 / 2 ICONOGRAPHIE

(par ordre d'apparition)

La structure du monde selon Russell, extrait de DASTON, L., et GALISON, P., (1992), « The image of objectivity », in *Representations*, 40, p. 341. Cité par RENON Anne-Lyse, *Design et esthétique dans les pratiques de la science*, 2016, thèse d'Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences, Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris, Français, p. 258.

Collage de réseaux hétérogènes interopérables, figure extraite de DRULHE Louise, *Atlas critique d'Internet, Spatialisation d'un objet complexe en vue d'en comprendre les enjeux socio-politiques*, 2015. [En ligne]

Les 7 ponts de Königsberg, gravure extraite de EULER Leonhard, « Solution of a problem in the geometry of position » [« Solutio problematis ad geometriam situs pertinens »], *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 8, 1736.

Graphe du réseau de passages via les 7 ponts de Königsberg tel qu'expliqué par Euler. Illustration extraite de KADESCH R. R., *Problem Solving Across the Disciplines*, 1997, Prentice Hall.

4 manières de représenter le problèmes des 7 ponts de Königsberg, sans que le changement plastique affecte les qualités du réseau représenté. Illustrations extraites de KADESCH R. R., « Problem Solving Across the Disciplines », 1997, Prentice Hall ; EULER Leonhard, « Solution of a problem in the geometry of position » [« Solutio problematis ad geometriam situs pertinens »], *Commentarii Academiae Scientiarum Imperialis Petropolitanae*, 8, 1736 ; Modern map of Kaliningrad, Locations of the remaining bridges are highlighted in green, while those destroyed are highlighted in red, mai 2014, OpenStreetMap & GIScience Research Group, Heidelberg University ; *Memorial page of the six hundredth anniversary of the royal capital city and residency Königsberg in Prussia from about 1813*, Joachim Bering, 1613.

Détails de *Vein skeleton of a Hydrangea leaf showing anastomoses of veins*, 2008, Wikipedia Creative Commons ; Extensive network of mycorrhizal hyphae radiating from roots of a larch (larix) seedling grown in peat ; *Webs of At-tent(s)ion (detail)*, 2018, *Installation view at ON AIR, carte blanche exhibition to Tomás Saraceno, Palais de Tokyo, Paris, 2018* ; *The Lightning Field*, Walter De Maria, 1977 ; Câbles du quartier de Sadr City à Bagdad, 17 juillet 2021 (Photo, AFP) ; *Woven Sky*, Wang Wen-Chih, Woodford, 2013 ; "Cat's Cradles, And Other String Figures" Penguin, First UK Edition edition, 1979 ; The pulmonary circulation of both lungs with branches broken off at diameters of 0.08 cm, showing the general pattern of branching. (From Gumming, Henderson, Horsfield, and Singhal (1969). 'The functional morphology of the pulmonary circulation'. In *The pulmonary circulation and interstitial space* (ed. Fishman and Hecht). University of Chicago Press.).

German Network, 1735-1835, Berlin-Königsberg and Jena-Weimar, illustration extraite de COLLINS Randall, *The Sociology of Philosophies, A Global Theory of Intellectual Change*, 1998, the Belknap press of Harvard university press.

Clip promotionnel pour l'outil de visualisation *Cascade*, par James Thorp, 2011, Le New York Times. [en ligne]

'When people do posters/ I wish they wouldn't/ make the wording/ go all round like this', Caricature parue dans la revue *Punch*, 1920, caricature à propos du plan de Londres réalisé par Max Gill.

Plan du métro de Paris, 1937 (collection G.Thonnat)

Détail de la *Detailed road map of New York State*, Otto G. Lindberg and Ernest Alpers pour la General Drafting Co, 1930 , panneau signalant l'emplacement de l'ancien Magasin général d'Agloe détruit, vers 2015.

Capture d'écran de la fenêtre "Mes commandes" de l'interface d'Amazon par Kevin Farrar en 2018 ; schéma Amazon transportation network, 2020, Philippe Avelar.

HENSON Jim, *Labyrinthe*, 1986, film produit par Henson Associates, Inc.

Sur Wikipédia par exemple, on peut avoir un aperçu de ce qui se trouve de l'autre côté de l'hyperlien. Ici avec l'article "Hypertexte" de Wikipédia, 2020.

Succession de recommandations de vidéos par l'algorithme de Youtube à partir de la page d'accueil (en bleu). Comme on le voit dans l'angle supérieur gauche, parfois les recommandations bouclent et se répètent. Graphique de type "Trace" généré par l'algorithme , extrait de BENQUÉ David, *Architecture of Choice* 2018-2020.

Itinéraires d'hyperliens entre les pages Wikipédia de l'ENSCI - les Ateliers et d'Adolphe Hitler, 2021. Généré via le site *Six Degrees of Wikipedia* de Jacob Wenger. Il existe 391 itinéraires à moins de 3 clics entre les deux URLs.

NOLFI Georges, *The adjustment bureau*, 2011, film produit par Electric Shepherd Productions et Media Rights Capital.

DAVIS Don, *Matrix Reloaded*, 2003, film produit par Warner Bros. Village Roadshow Pictures, Silver Pictures, NPV.

Le mot "Hello" encodé en caractère ASCII puis en code binaire. [en ligne]

DOCTER Pete, *Monstres et Cie*, 2001, Pixar Animation Studios, Walt Disney Pictures.

Theoretical model of The Einstein-Rosen Bridge, aka a wormhole.

Illustration de HARISSON David M., pour son article "Black Holes", 1999-2000. [en ligne] « The black hole in some region of spacetime connects to a black hole in another region of spacetime. »

Deux D-branes reliées par une corde ouverte, 2017, par Rogilbert, image Wikipedia Commons. Illustration d'un concept de la théorie des cordes modélisant des disposition spatiales théoriques, quasi impossible à trouver dans le monde réel. Ce schéma semble ainsi bien illustrer l'idée de tunnels entre des dimensions parallèles....

Creative talent of studio theatrical film, Diagramme de Walt Disney Productions, 1957. Cité par TUFTE Edward, Sentence of the grid, "ET Notebook" du site edwardtufte.com. "Les liens des diagrammes aspirent à devenir des phrases" commente Edward Tufte à propos de ce graphique.

Table des chorèmes, illustration de BRUNET Roger, *Le déchiffrement du monde. Théorie et pratique de la géographie*, 2001, Ed. Belin, coll. Mappemonde.

RENON Anne-Lyse, *Design et esthétique dans les pratiques de la science*, 2016, thèse d'Histoire, Philosophie et Sociologie des sciences, Ecole des hautes études en sciences sociales, Paris, p. 263. D'après l'étude faite par Cossette du travail de Bertin, comparé à la grammaire américaine de la Visual Literacy de D. A. Dondis. COSSETTE Claude, *Les images démaquillées, ou l'iconique. Comment lire et écrire des images fonctionnelles pour l'enseignement, le journalisme et la publicité*, 1982, Les Editions Riguil Internationales, Québec. DONDIS, Donis A., *A Primer of Visual Literacy*, 1973, The MIT Press.

BUSSOTTI Sylvano, *Five Piano Pieces For David Tudor*, 1959. Partition souvent reproduite en introduction de DELEUZE Gilles et GUATTARI Félix, *Mille Plateaux*, 1980, Éditions de Minuit.

Sociogramme d'une classe d'élèves de 11 ans, illustration extraite de MORENO Jacob, *Who shall survive*, 1953 [1934], Beacon House, Inc.

Genealogy of the Kings of Sweden, part 1, 1889, Anthony Stokvis, extrait de *Manuel d'Histoire, de Généalogie et de Chronologie de tous les états du globe*, 1887-1893, volume 2, p. 328.

Un même graphe peut être utilisé dans des contextes très différents : d'un cas à l'autre, les entités (A, B, 1, 2...) ne sont pas de même nature, mais les liens entre elles non plus, et cela change la signification de l'ensemble. Illustration personnelle.

Exemple d'organigramme hiérarchique du logiciel EdrawMax, logiciel de dessin payant conçu pour la fabrication d'organigrammes professionnels. Il s'agit ici de l'exemple type donné par la compagnie le 25 août 2021. [en ligne]

Organigramme de la société des nations de 1930, GRANDJEAN Martin, « Complex structures and international organizations » in *Memoria e Ricerca* (2), 2017, pp. 371-393.

Organigramme de la société des nations de 1930, GRANDJEAN Martin, « Complex structures and international organizations » in *Memoria e Ricerca* (2), 2017, pp. 371-393. Détail.

Daniel Craig Mc Callum, *New York and Erie Railroad diagram representing a plan of organization*, 1855

Dessin d'un arbre binaire de recherche. Les liens du réseau représentent bien les rapports d'inclusion des chiffres dans des sous-ensembles de plus en plus restreints.

"Classification décimale universelle", Planches de l'*Atlas Monde*, Paul Otlet, 1936, Mondaneum ; couverture de OTELET Paul, *Traité de documentation. Le livre sur le livre*, 1934, Bruxelles, Éditions Mundaneum [en ligne]

Illustration extraite de NELSON Theodor H., *Brief Words on the Hypertext*, 23 January 1967. [[https:// archive.org/details/SelectedPapers1977](https://archive.org/details/SelectedPapers1977)]

Screen shot of Xanadu working demo, XanaduSpace, 2013, Ted Nelson.

Modèle "Point de Vie", in AÏT-TOUATI Frédérique, ARÈNES Alexandra & GRÉGOIRE Axelle, *Terra Forma, Manuel de cartographies Potentielles*, 2019, Éditions B 42, pp. 66-67. [en ligne]

Organigramme simplifié du groupe Bolloré, 6 mars 2008, Médiapart.

WOOD Jeremy, *Walking with Satellites*, 2017, cartographie réalisée avec la collaboration de 65 étudiants dotés de receveurs GPS à Warwick et à Grenoble. 475 kilomètres ont été parcourus à pied sur les 185 hectares du campus en évitant les chemins déjà tracés. Édité dans la collection Mappages par *Paysage>Paysages*.

Utilisation de l'outil Plume pour faire un tracé vectoriel dans l'application Figma. Extrait de Help.figma, "Edith Object", notice en ligne.

Fig. 50. Diagramme de Blondel Heyland d'un moteur asynchrone in MOLES Abraham, *La création scientifique*, 1957, Editions René Kister, Genève, p. 101.

Capture d'écran de *Excerpt from Dynamic Earth*, 2012, NASA/Goddard/GSFC/ SVS.

Classic experiments on tropic responses. (A) Gravitropism: A potted plant realigns itself with gravity. (B) Thigmotropism : A twining vine develops curvature when in contact with a pole. (C) Phototropism: A plant reorients itself toward the light source *Expérience du 18^e siècle par Bonnet*,

interprétées par Duhamel du Monceau. Voir D. du Monceau, H. Louis, La Physique des Arbres, Où il est Traité de l'Anatomie des Plantes Et de l'Économie Végétale, Vol. 2 : Pour Servir d'Introduction au Traité Complet des Bois Et Forests; Avec une Dissertation sur l'Utilité des Méthodes de Botanique, Et une Explication des Termes Propres à cette Science, Et Qui Sont en Usage pour l'Exploitation des Bois Et des Forêts, H. L. Guerin and L. F. Delatour, 1758.

EISENREICH Uta, *Network-Teamwork Sociograms, Langmatt School, Zürich, 2002*

Carte du réseau hydrologique de la France imprimée sur foulard de soie, fin du 17^e siècle, Musée de la batellerie de Conflans.

Comme le montre l'expression "Data Bus", c'est bien le canal par lequel vont passer les datas que représentent les lignes de ce diagramme. Plan du premier démonstrateur d'Intel, prédécesseur de nos ordinateurs modernes. Intel 4004 CPU – Ted Hoff, Stanley Mazor, Masatoshi Shima, Federico Faggin, Philip Tai, and Wayne Pickett, 1971.

Via un logiciel comme VisualRoute, commercialisé en 2010 par VisualWare.

LARTIGUE Aurore, « Un océan de câbles, Les autoroutes du Web en questions », 2019, article du média en ligne RFI.fr.

IP mapping, Stephen Coast, 2001. [en ligne]

Opte Project, 2003, Barrett Lyob, MoMa Online Collection.

Harmony Of The Spears [Pythagoras-Spears], 2015, algorithme de la plateforme de recherche ADM XI

Plan du métro parisien contre itinéraire généré par Google Map dans Paris.

Travel time on London Underground [Temps de trajet du métro souterrain londonien], Tom Carden, 2005, cartographie du réseau londonien en fonction du temps de trajet depuis différentes stations.

Chronology of social networks, par ConceptDraw, 2010.

« Généalogie de la famille de Landas », 17^e siècle, Ghent University Library.

« Queen Elizabeth descendant of King David » : *British-Israel traces the throne to David*, 1938, par Probus-Pleming.

DIDEROT, « Prospectus présentant le projet de l'Encyclopédie raisonnée des arts et des sciences. » in *Œuvres complètes de Diderot*, 1875-1877 [1751], tome XIII, p. 139-140, éd. Garnier. Texte établi par J. Assézat et M. Tourneux.

Fig. 8 -- How systems influenced later systems. « This graph summarizes how various systems related to Star have influenced one another over the years. Time progresses downwards. Double arrows indicate direct successors (i.e., follow-on versions). Many « influence arrows » are due to key designers changing jobs or applying concepts from their graduate research to products. » extrait de JOHNSON Jeff, ROBERTS Teresa L., « The Xerox "Star" : A Retrospective », article paru dans *IEEE Computer*, Septembre 1989.

Illustration showing the divergence of species, extrait de DARWIN Charles, *L'origine des espèces au moyen de la sélection naturelle*, 1959 [1921], traduction depuis l'anglais par Edmond Barbiern et Alfred Costes, p. 137.

Illustration extraite d'un Tweet d'Edward Tufte mentionnant sa conférence *The Thinking Eye*, 2016. TUFTE Edward, *Sentence of the grid*, "ET Notebook" du site edwardtufte.com.

Cluster Balls, 2007, Chris Harrison, visualisation des interconnexions entre des pages Wikipédia, ici partant de la catégorie "médecine".

En France, comment les citoyens peuvent-ils se faire entendre ? Cartes mentales de collégiens d'une classe de 3^e en 2009. Extrait de GRANGE Emmanuel, « Carte mentale : du brouillon à la rédaction », article du blog *La Passerelle Histoire-Géographie*, 2009. & *Brouillons d'élèves de 3^e*, extraits de GRANGE Emmanuel, « Des brouillons pour faire bouillonner les idées » article du blog *WebPedago*, 2013.

Mapping Scientific Paradigms, 2006, visualisation des liens entre 800,000 articles se regroupant autour de 776 paradigmes, par Kevin Boyack, John Burgoon, Peter Kennard, Dick Klavans, W. Bradford Paley. [en ligne]

The Great Bear (figures célèbres superposées à la carte du métro londonien), 1992, Simon Patterson and Transport for London, Tate Modern Museum.

Constellation lexicale du mot « immigration », dans la bouche de Marine Le Pen, schéma de Cécile Alduy, design Donatien Huet. Extrait de ALDUY Cécile *Ce qu'ils disent vraiment. Les politiques pris aux mots*, 2017, Seuil.

*Vers la relation comparant-comparé : « Le requin », illustration extraite de DUMINY-SAUZEAU Christine , « Créer une métaphore en classe de 5^e », *Pratiques* [Online], 2015, pp. 165-166.*

JOHNSON Jeff, ROBERTS Teresa L., « The Xerox "Star" : A Retrospective », article paru dans *IEEE Computer*, Septembre 1989.

TUFTE Edward, Sentence of the grid, "ET Notebook" du site edwardtufte.com.

A diagram representing rabbinic interactions in the Babylonian Talmud, 2021, par Michael Stalow. Extrait de STALOW Michael, « The Rabbinic Network », article du média en ligne *Tablet*, 3 mai 2021.

COPERNIC Nicolas, *De revolutionibus orbium coelestium* 2015, Les Belles Lettres, Paris, vol. II, p. 38. [en ligne]

Field of two positive and two negative point charges constituting a non-ideal electric quadrupole, 2010, Wikipédia Commons.

The direction of magnetic field lines represented by the alignment of iron filings sprinkled on paper placed above a bar magnet. Figure extraite de ZULFIKAR Aldi & GIRSANG Denni & SAEPUZAMAN Duden & SAMSUDIN Achmad, *Analyzing Educational University Students' Conceptions through Smartphone-Based PDEODE Tasks on Magnetic Field in Several Mediums*, 2017, AIP Conference Proceedings.

Champ magnétique terrestre, Nasa, 2020, datavisualisation.

Earth Magnetic Field Declination from 1590 to 1990, U.S. Geological Survey (USGS), 2000.

Magnetospheric flows figure extraite de BAGENAL F., « Giant planet magnetospheres », *Annu. Rev. Earth Planet. Sci.* 20, 1992, pp. 289–320. Cité par BLANC Michel & KALLENBACH R. & ERKAEV N., *Solar System Magnetospheres*. 2005.

Computer simulation of the Earth's field in a period of normal polarity between reversals. « The lines represent magnetic field lines, blue when the field points towards the center and yellow when away. Space is a better vacuum than any we can create on Earth, but it's nonetheless bustling with activity, particles and magnetic field lines. NASA studies our space environment to protect our technology and astronauts as we explore farther and farther from our home planet. »

NASA/Goddard/Conceptual Image Lab. Extrait de *A supercomputer to model flow patterns in Earth's liquid core*, Dr. Gary A. Glatzmaier - Los Alamos National Laboratory - U.S. Department of Energy.

La magnétosphère terrestre, figure extraite de ULTRÉ-GUÉRARD P., *Du paléomagnétisme au géomagnétisme spatial, analyse de quelques séquences temporelles du champ magnétique terrestre*, thèse de doctorat de l'Institut de physique du globe de Paris, 1996.

Electron cloud model, 2021, Illustration de l'article « Introduction to the Atom » du média en ligne *Let's Talk Science*.

As it revolves around the Earth, the Moon experiences a centripetal acceleration directed toward the Earth. « An object near the Earth's surface, such as the apple shown here, experiences an acceleration g », Figure 13.2 du manuel de *Physique pour la science et l'ingénierie*, Serway & Jewett, 6^e édition, 2004 [en ligne]

Key to Charts (p. 30) et *Typical Structures Within Groups* (p. 116) MORENO Jacob, *Who shall survive*, 1953 [1934], Beacon House, Inc.

Structure of a work group (pp. 132-133) MORENO Jacob, , 1953 [1934], Beacon House, Inc.

MCKENZIE Dorothy, *Target Sociogram Board*, vers 1940, photographie extraite de Linton C. Freeman, "Visualizing Social Networks," in *Journal of Social Structure* 1.1 (2000). & *Target sociogram of a nursery school*. Figure extraite de NORWAY Mary, *A primer of sociometry*, 1952, University of Toronto Press.

Borders network : a country points to another country if this represents a share of borders significantly larger than the average borders length for that country. Extrait de FLAOUNAS Ilias at FYSON Nick, *Predicting relations in news-media content among EU countries*, 2010.

A Whole Lot of Talking To : No matter what they're called, interfaces boil down to a format and language that defines the services one system is capable of delivering to another. Illustration extraite de *The Computer Language Company Inc*, 1981-2019

The Covalent Bond, illustration de l'article « The Covalent Bond dans le manuel » *IB syllabus for first examinations*, 2016. [en ligne]

Supramolecular polymers via multiple hydrogen bonding, figure extraite de HAINO T. « Molecular-recognition-directed formation of supramolecular polymers. » 2013.

Molecular structures and geometry-optimized structures (side view). *Schematic representation of different twisting angles of the anthracene chromophore with respect to the barbituric acid plane.* Illustration issue

de Prabhu, D., Aratsu, K., Yamauchi, M. et al, *Supramolecular polymerization of hydrogen-bonded rosettes with anthracene chromophores: regioisomeric effect on nanostructures*. Polym J 49, 2017.

One Week of The Guardian, 2008, David Bowker.

Jung Philosophy Map, mindmap réalisée par Nonnaci pour son blog *Philosophy Maps*, 2015.

Cubism and Abstract Art, 1936, Alfred Barr. « Barr's striking diagram highlighted the role that cubism had played in the development of modernism. Like the exhibition and book that accompanied it, Barr's diagram was a watershed in the history of 20th-century modernism. »

Chain formed by weak and strong hydrogen bonds in compound 8. Figure extraite de EILFELD Alexander, HUNGER Jens, SIELER Joachim, SCHULZE Barbel, *Sultam and Sultim Structures, Part 5 [1]. Weak Hydrogen Bonds in Molecular Networks of 2-Hetaryl-3-oxosultams in Comparison with 2-Aryl-3-oxosultams*, 2009.

Figure extraite de GRANOVETTER Mark S. « *The strength of weak ties* », American Journal of Sociology, vol. 78, may 1973, University of Chicago Press.

Palimpseste du parcours , du lien faible et du code source de la page Web (2020) *Plateforme Ouverte des Parcours d'imaginaires (POP)*, Chaire de recherche du Canada sur les Écritures numériques. Montage par Margot Mellet et Elaine Després.

Time-space fabric deformed by gravity, retouche du Gif animé de Kidmograph, 2013.

DUVAL Fanny Lizzy, *Lignes Terrestres*, 2015. Désert d'Atacama, Chili, traces de véhicules sur le relief du désert.

Capture d'écran de la vidéo présentant le projet Stylo, qui laisse une trace de craie derrière un vélo. KVAN Michaela, *Stylo*, 2019.

LONG Richard, *A line made by walking*, 1967, Wiltshire. Photographie de l'*Earth Art*.

ANDORRER Angela, *Unified Handscapes*, 2015

ANGUÉI Jean-Pierre, *Éphéméride, hivers - La Plagne*, 2016.

DELIGNY Fernand, *Cartes de lignes d'erre*, 1968-1875, tracés sur calque des déplacements des enfants autistes du réseau de prise en charge fondé par Deligny dans les Cévennes. Images extraites de *Cartes et*

lignes d'erre. Traces du réseau de Fernand Deligny, 1969-1979, 2013, L'Arachnéen.

ISK Harold, *Vallée alluviale du bas fleuve Mississippi, 1944.*

GIRODET de ROUCY-TRIOSON Anne-Louis, *Étude de draperie pour scène de déluge, 1806.* Mine de plomb et craie blanche sur papier beige © C. Clos / Musée d'arts de Nantes.

DUQUOC Marie Pierre, *Chez l'un l'une l'autre_Schéma 4 : structure et développement, 2008.*

Panorama des acteurs de la recherche, de la valorisation et de l'innovation après le PIA, figure extraite du rapport public de la Cour de Comptes, *Les outils du PIA consacrés à la valorisation de la recherche publique*, mars 2018, p. 12. [en ligne] ; Post Instagram depuis le compte Recherche en Design, 20 janvier 2022

Illustration de Tim Ingold, reprenant un tracé extrait de STERNE Laurence, *La vie et les opinions de Tristram Shandy, gentilhomme, [The Life and Opinions of Tristram Shandy, Gentleman] 2004 [1759], Tristram.* INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes 2013 [2011] Zones Sensibles*, p. 98.

Arbre généalogique des personnages de "Harry Potter" tel que décrit à la fin de la saga, dessiné par J. K. Rowling en 2007 pour RUNCIE James, J. K. Rowling: *A Year in the Life*, documentaire, 2009.

Figure extraite de INGOLD Tim, *Une brève histoire des lignes 2013 [2011] Zones Sensibles*, p. 208. Traduit de l'anglais par Sophie Renaut.

LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information, 2011, New York, Princeton Architectural Press, sommaire.*

Illustration extraite de *American Journal of Psychology, 1951, Board of the University of Illinois.*

Un tableau de Jackson Pollock au milieu d'images naturelles, figure de TAYLOR Richard, « Chapter 11 - Fractal Expressionism—Where Art Meets Science » [L'Expressionnisme Fractal — quand l'art rencontre la science], in CASTI John et Karlqvist, *Art and Complexity, 2003, Stamford, JAI Press*, p. 152.

Pepe Silvia, meme extrait de « Sweet Dee Has a Heart Attack », épisode de la série *It's Always Sunny In Philadelphia, 2008.* Dans cette scène, le protagoniste est convaincu d'avoir affaire à un complot visant à faire croire à l'existence d'une personne nommée "Pepe Silvia".

Schéma extrait de LIMA Manuel, *Visual complexity: mapping patterns of information*, 2011, New York, Princeton Architectural Press, p. 45. Lima mentionne une théorie de WEAVER Warren, « Science and Complexity », 1948, *American Scientist*.