



HAL
open science

Villes qui se rapprochent, espace qui s'éloigne: outils visuels pour représenter le paradoxe de l'espace-temps géographique

Alain L'Hostis, Jean-François Barbier

► To cite this version:

Alain L'Hostis, Jean-François Barbier. Villes qui se rapprochent, espace qui s'éloigne: outils visuels pour représenter le paradoxe de l'espace-temps géographique. *Talweg - La distance*, 2021, 06, pp60-67. hal-03236699

HAL Id: hal-03236699

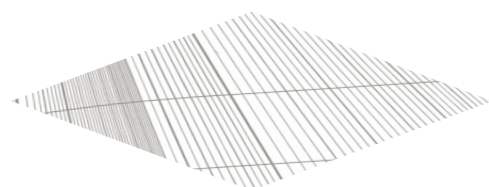
<https://hal.science/hal-03236699v1>

Submitted on 26 May 2021

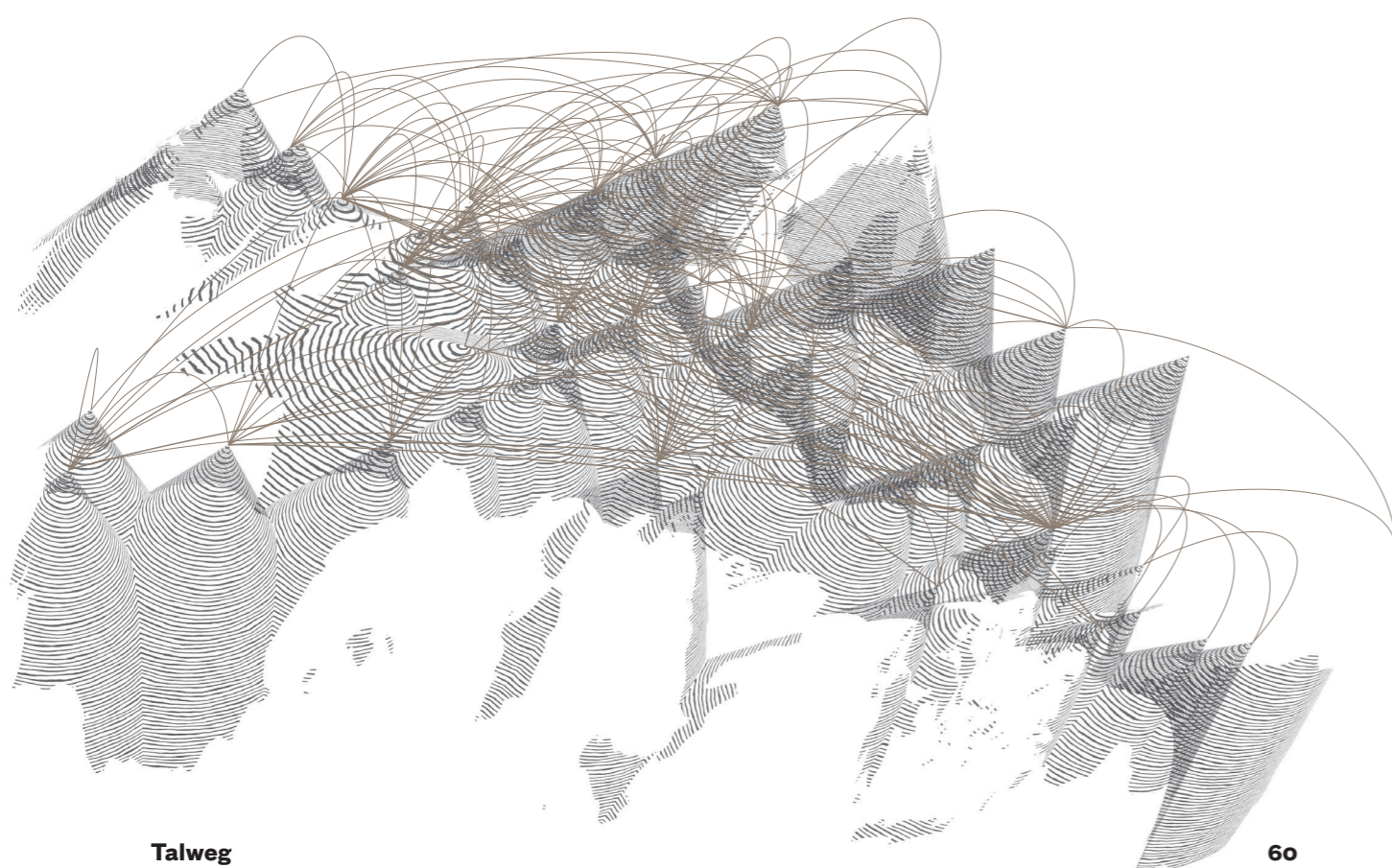
HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Villes qui se rapprochent, espace qui s'éloigne : outils visuels pour représenter le paradoxe de l'espace-temps géographique



Alain L'Hostis
 Jean-François Barbier



- 1 J. A. Harrell, V. M. Brown, "The World's Oldest Surviving Geological Map: The 1150 BC Turin Papyrus from Egypt", *The Journal of Geology*, 1992, p. 3-18
- 2 P. Mathis, *Espace et graphe, le p-graphe t-modal 1-planaire*, 1990, p. 10 <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02070946/>

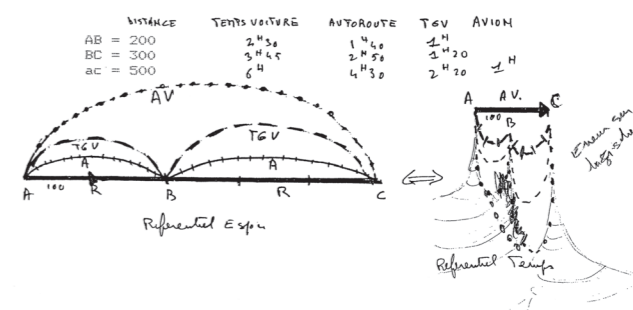
La *représentation de l'espace-temps géographique* est une des fonctions essentielles de la cartographie, dès ses premières occurrences connues chez les Égyptiens¹, mais qui a fait l'objet de plusieurs tentatives pour dépasser les limites des cartes classiques. C'est l'objectif de la proposition de Philippe Mathis en 1990 qui repose sur des principes de représentation des réseaux de transport sur une surface géographique déformée dans les trois dimensions. C'est ce modèle que j'ai mis en images à partir du milieu des années 1990 et que je continue à développer en raison de la complexité de sa mise en œuvre, de sa situation à la frontière de champs disciplinaires différents – cartographie, visualisation scientifique, jeu vidéo –, et de la profondeur de la remise en question de nos représentations de l'espace qu'il porte. Nous présentons ici le parcours de ce modèle, depuis son énoncé initial, sa mise en œuvre graphique, jusqu'à la dynamique de collaboration actuelle.

Le p-graphe t-modal 1-planaire, carte en relief, chiffonnée, ratatinée : des mots pour décrire un modèle graphique

L'article initial de Philippe Mathis en 1990 introduit une forme particulière de graphe, décrivant un système de transport inscrit sur un espace géographique. L'idée est traduite dans la formulation du « p-graphe t-modal 1-planaire »².

L'idée de Mathis consiste à proposer un graphe décrivant plusieurs réseaux de transport et une géométrie associée. Comme deux modes de transport peuvent partager par endroit une même infrastructure, à la manière du bus et de la voiture individuelle dans une rue, le graphe est décomposé en p sous-graphes liés aux réseaux d'infrastructures et en t modes qui peuvent si besoin partager les arcs d'un même sous-graphe. Nous avons ainsi expliqué les deux premiers termes de la formule, le « p-graphe t-modal ». Enfin Mathis précise qu'un de ces sous-graphes est planaire, ce qui signifie qu'il est possible de le dessiner sur une surface sans que ses arcs ne se croisent hors des sommets. Cela permet de rationaliser le rapport entre le réseau et l'espace. En effet une des idées les plus profondes de la représentation est explicitée dans l'article de Mathis : il s'agit de « prendre en compte simultanément les deux aspects » du réseau et de la surface. L'article se termine par un ensemble de perspectives, dont celle de la possibilité d'une cartographie nouvelle. L'article comporte des dessins à main levée qui illustrent l'idée, mais qui n'exploitent pas le potentiel graphique et cartographique qu'elle recèle.

Illustration 1 Le principe de la représentation du relief d'espace-temps géographique expliqué avec un tableau de distances en kilomètres et en durées selon les différents modes de transport, un diagramme géographique classique et un diagramme déformé avec des longueurs proportionnelles exploitant la troisième dimension ; dessins à main levée de Philippe Mathis (1990).

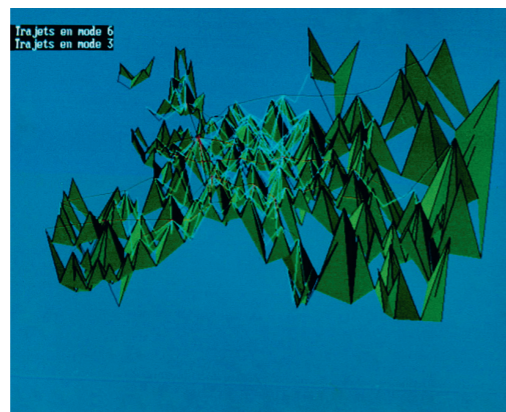


En 1992, deux ans après la rédaction de cet article, Philippe Mathis se met activement à la recherche d'un étudiant qui posséderait les compétences – informatiques – nécessaires à la mise en œuvre de son idée. Il en parle à son doctorant, Denis Martouzet, qui est un de mes amis, à la période où je termine ma maîtrise de physique appliquée, à l'université de Tours. Voilà comment le contact s'établit et que notre collaboration débute.

- 3 A. L'Hostis, "Transports et Aménagement du territoire: cartographie par images de synthèse d'une métrique réseau", *Mappemonde*, 3, 1996, p. 37-43
- 4 W.R. Tobler, "The World is Shriveling as it Shrinks", ESRI User conference presentation, San Diego, 1999

Dès nos premiers échanges, la métaphore du relief terrestre pour décrire la transformation de la surface de transport s'impose. Philippe Mathis m'oriente vers une représentation qui verrait les modes les plus lents s'inscrire *au-dessus* du plan des villes, et donner directement naissance à un relief d'espace-temps assimilable aux vallées alpines. Le relief dessinerait des chaînes de montagnes d'inaccessibilité, difficile à franchir, avec des fonds de vallée occupés par des réseaux rapides. Or dans les premières images que je produis, les pentes sont tellement raides que le fond de vallée, où s'inscrivent les réseaux rapides, est le plus souvent caché; je convains alors mon directeur de recherche d'exploiter l'espace situé *au-dessous* du plan des villes, et donc, dans le but de réduire le phénomène d'occultation, de dessiner des « gouffres » d'espace-temps.

Illustration 2 La première représentation en relief d'espace-temps, photographie analogique d'écran cathodique en 1994; la représentation est incomplète car le triangle central des facettes est manquant



Pour décrire ce modèle graphique et pour en souligner le caractère tourmenté, j'introduisis les termes de *chiffonnement* et de *froissement* qui décrivent une transformation appliquée à la surface parfaitement plane de la feuille de papier³. À la différence des cartes en anamorphoses qui approchent tout l'espace traversé par une nouvelle ligne, ici seuls certains points se rapprochent, par l'introduction de liens rapides, tandis que la surface reste largement intacte, l'étendue spatiale par les modes de transport terrestres n'étant pas affectée. On quitte la métaphore géographique pour faire référence à une idée plus abstraite.

Lors d'une communication à la conférence ESRI de 1999, Waldo Tobler, considéré comme un des géographes les plus influents de son temps, fait état de nos « cartes en relief d'espace-temps », alors

seulement publiées en français dans la revue *Mappemonde*. Enthousiasmé par ces images il leur associe le terme de *ratatinement* (*shriveling*)⁴. Après avoir pris connaissance de la présentation de Tobler, il me fallut plusieurs années pour comprendre le sens du terme. Mon premier réflexe fut de consulter le dictionnaire anglais-français, mais je ne perçus alors qu'une idée simplement voisine de celle du chiffonnement. C'est seulement un matin de l'année 2005, en observant mon fils Jules, alors âgé de 7 ans, décrire la peau fripée d'un fruit de la passion que je compris que le terme de Tobler possédait un sens bien plus profond. Le fruit qui mûrit conserve la surface de sa peau tout en changeant de forme, en perdant du volume, dans un mouvement qui permet à certains points de se rapprocher tout en maintenant intacte l'étendue spatiale. La métaphore du ratatinement du fruit correspond aux transformations opérées sur la représentation en relief d'espace-temps géographique. Tobler a mis les cartes en relief au centre de son exposé de 1999 comme le montre le titre de sa communication : « The World is Shriveling as it Shrinks ». Tobler voit notre modèle comme un contrepoint à l'idée communément admise en géographie du rétrécissement du monde; oui le monde rétrécit, mais en même temps il se ratatine.

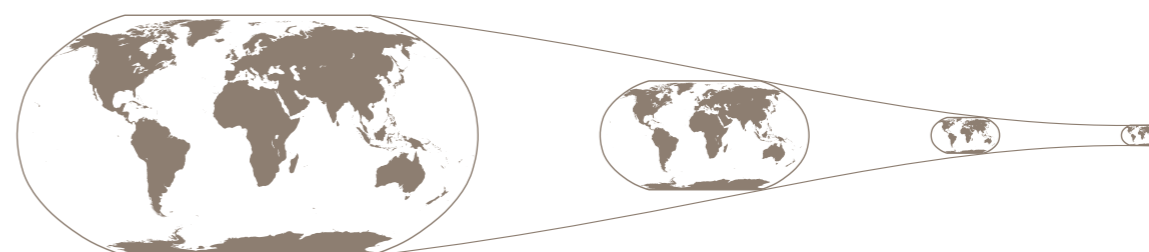
Waldo Tobler (1930 – 2018), géographe et cartographe helvético-américain, professeur de l'UCSB, a travaillé notamment sur la modélisation de l'interaction spatiale, et sur les projections cartographiques. Il a en particulier énoncé la « première loi de la géographie » selon laquelle tous les objets de la géographie échangent entre eux, mais ceux qui sont proches ont des échanges plus intenses.

Villes qui se rapprochent, espace qui s'éloigne

- 5, 6 J. McHale, *The future of the Future*, George Braziller, New York, 1969
- 7 R. D. Knowles, "Transport shaping space: differential collapse in time-space", *Journal of Transport Geography*, n°14, 2006, p. 407-425, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2006.07.001>
- 8 S. Kirsch, "The Incredible shrinking world? Technology and the production of space", *Environment and Planning D: Society and Space*, n°13, 1995, p. 529-555
- 9 D. Harvey, *The condition of postmodernity: An enquiry into the conditions of cultural change*, 1990, <http://www.citeulike.org/group/14819/article/9699561>
- 10 P. Dicken, *Global Shift: the Internationalization of Economic Activity*, Second edition, The Guilford Press, New York, 1992
- 11 Institut français des sciences et des technologies des transports, de l'aménagement et des réseaux

Iconoclaste

Illustration 3 Le rétrécissement du monde d'après McHale⁵



1500-1840	1850-1930	1950	1960
Best average speed of horses-drawn coaches and sailing ships was 10 mph	Steam locomotives averaged 65 mph Steam ships averaged 36 mph	Propeller aircraft 300-400 mph	Jet passenger aircraft 300-400 mph

L'image de McHale⁶ du rétrécissement du monde, qualifiée d'iconique par Knowles⁷ est attribuée dans la littérature⁸, notamment⁸ - de manière erronée - à Harvey⁹ ou à Dicken¹⁰.

Tableau A ouvrages associés à la carte de McHale (1969) et leurs quantité de citations scientifiques (scholar.google.com) en 2019

Auteur	Titre	Année	Nombre de citations
McHale	<i>The future of the Future</i>	1969	26
Dicken	<i>Global shift: industrial change in a turbulent world</i>	1986	1 306
Harvey	<i>The condition of postmodernity: An enquiry into the conditions of cultural change</i>	1990	35 231
Dicken	<i>Global shift: The internationalization of economic activity</i>	1992	1 925
Dicken	<i>Global shift: transforming the world economy</i>	1998	2 689
Dicken	<i>Global shift: Reshaping the global economic map in the 21st century</i>	2003	3 472
Dicken	<i>Global shift: Mapping the changing contours of the world economy</i>	2007	3 012

Faire progresser la connaissance est un des objectifs de la recherche. Cela consiste parfois, à s'en prendre aux monuments de la connaissance. C'est une motivation profonde du chercheur, mais c'est aussi un plaisir qui associe la création et la destruction. Le plaisir est d'autant plus grand que j'ai mis presque 20 ans à construire un modèle alternatif, à comprendre, progressivement, ce à quoi il s'attaque, ce à quoi il s'oppose.

Travailleur clandestin

Après ma soutenance de thèse, j'ai été recruté en 1998 à l'Institut français des recherches sur les transports (Inrets) pour travailler sur les rapports entre aménagement, urbanisme et les réseaux de transport, non pour travailler sur la représentation de l'espace-temps. L'Inrets, tout comme l'Ifsttar¹¹ puis l'université Gustave-Eiffel qui lui ont succédé, était un organisme de recherches appliquées. Or mon travail sur l'espace-temps relève de la recherche fondamentale, c'est-à-dire une recherche sans utilité directe, une recherche ne servant qu'à faire avancer la connaissance, mais qui ne peut pas être directement utile pour la prise de décisions dans le domaine des infrastructures et des réseaux de transport. Dès lors mes travaux sur l'espace-temps devaient être moins visibles et je dus orienter mon effort vers des projets de recherche liés aux enjeux de l'aménagement.

Les échanges réguliers que j'ai avec certains de mes collègues proches attestent de cette dimension clandestine de mes recherches sur l'espace-temps: nombreux sont ceux qui ignorent que mon travail inclut ces représentations, que certains connaissent, mais associent à d'autres chercheurs.

Depuis 1998 ces recherches étaient en sommeil. Cependant une exception s'est présentée en 2007. Afin de préparer ma participation au colloque annuel de l'Association of American Geographers, à San Francisco qui précéda la publication de mon article le plus cité, publié dans la revue de référence de mon domaine, le *Journal of Transport Geography*¹², j'ai saisi l'occasion pour mettre en œuvre une représentation incluant les vitesses du mode de transport aérien, alors que toutes les représentations antérieures s'arrêtaient à la vitesse du mode ferroviaire rapide.

12 A. L'Hostis, "The shrivelled USA: representing time-space in the context of metropolitanization and the development of high-speed transport", *Journal of Transport Geography*, n°17, 2009, p. 433-439, <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2009.04.005>

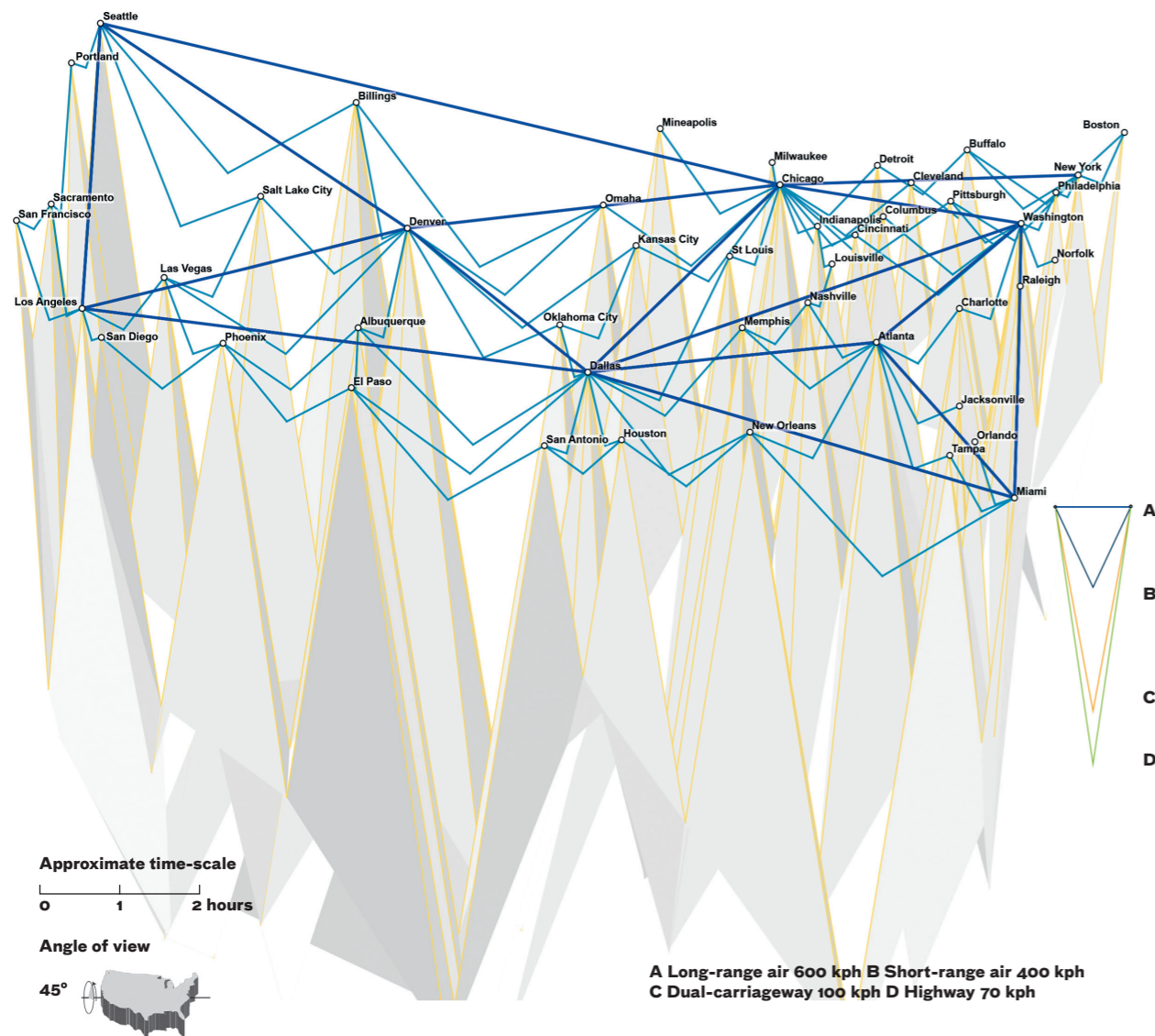
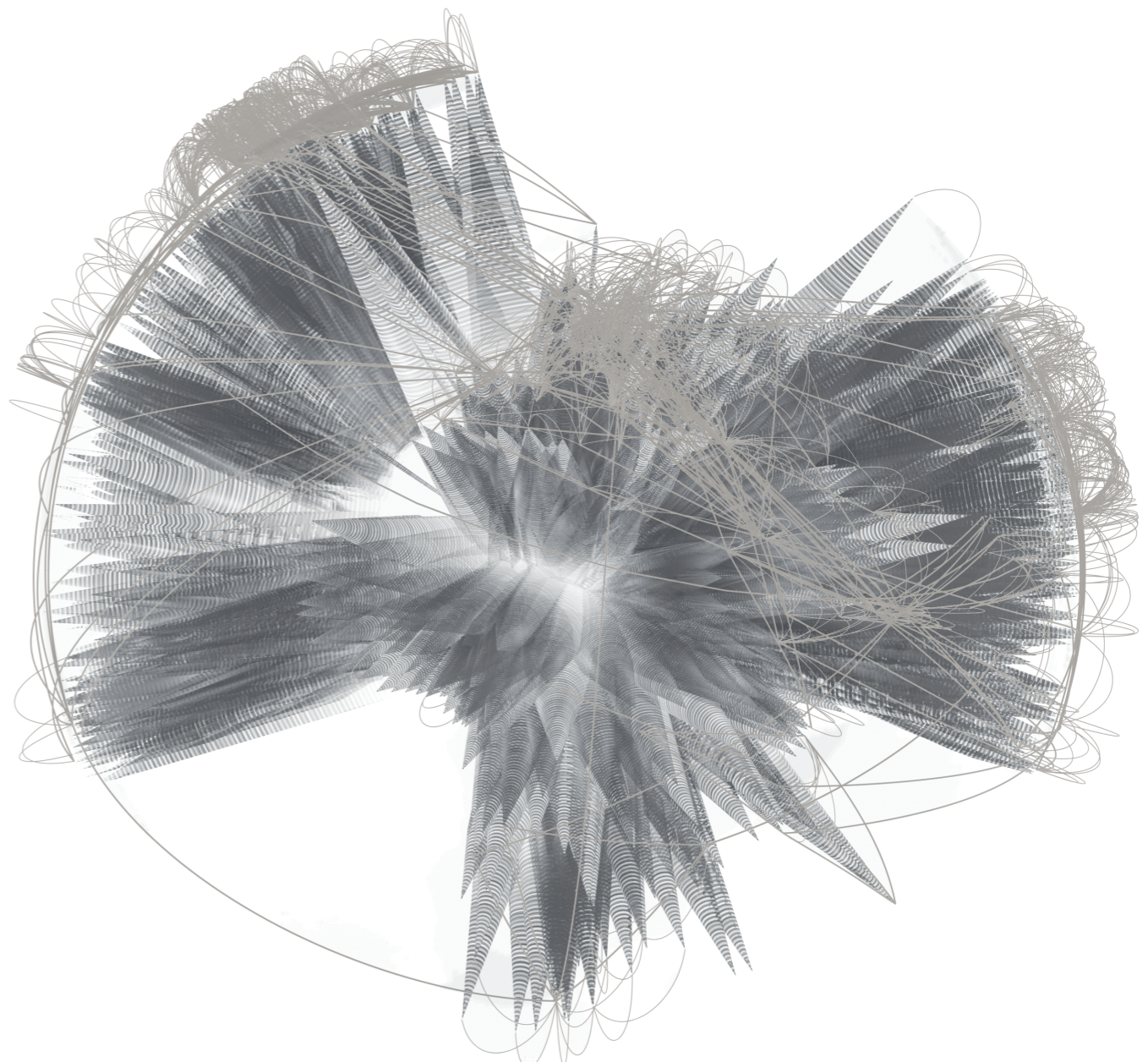


Illustration 4
Représentation en relief de l'espace-temps géographique étasunien¹²

13 A. L'Hostis, *Images de synthèse pour l'aménagement du territoire: la déformation de l'espace par les réseaux de transport rapide* [Thèse de doctorat, Géographie et Aménagement], université François-Rabelais, Tours, 1997



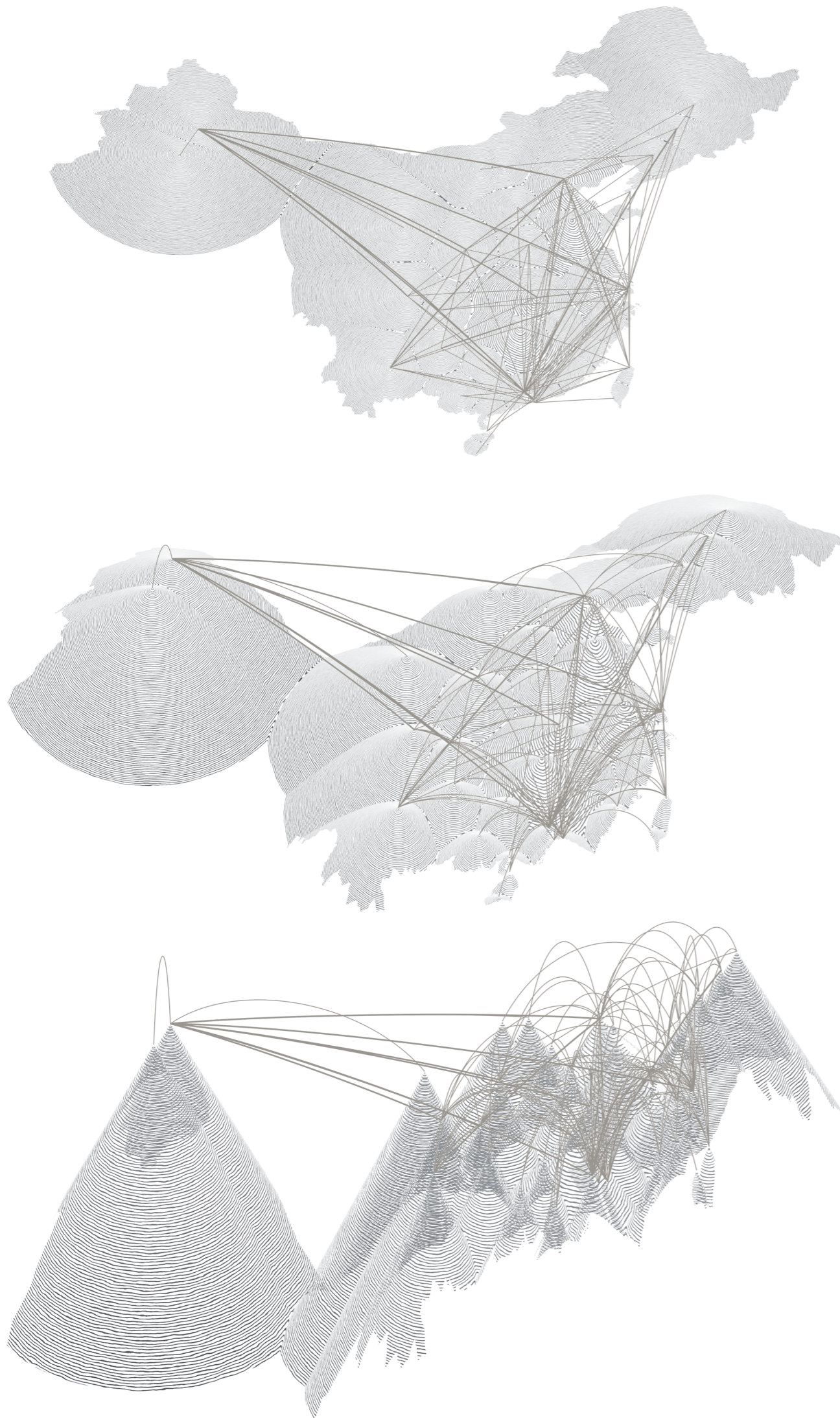
Une impulsion décisive, la thèse d'habilitation

C'est seulement en rédigeant mon mémoire d'habilitation à diriger les recherches entre 2012 et 2014 que j'ai osé rendre visible les représentations en reliefs de l'espace-temps géographique dans mon activité scientifique.

Mon ambition était de regrouper dans un même cadre cohérent tous mes travaux, ceux sur l'espace-temps et ceux sur les réseaux de transport et les enjeux territoriaux et urbanistiques. J'ai mis plusieurs années à trouver le plan du mémoire d'habilitation qui me permettrait d'atteindre cet objectif. J'étais totalement bloqué parce qu'il me semblait impossible de relier d'une manière non artificielle ces deux pôles de mon activité. Le déblocage vint de la révélation soudaine que le plan du cours que j'avais conçu pour mes enseignements à l'université était précisément une structure articulant l'ensemble ; peu de temps après, le thème central de mon travail, celui de la distance, s'imposa comme une évidence ; dès lors non seulement les parties s'articulèrent, mais je trouvai des espaces où porter l'effort. Et ainsi la théorie de la distance, alimentée par des observations empiriques, par les enjeux de représentation et plus généralement par une réflexion sur les modes de transport, est devenue le pivot autour duquel s'organise tout le reste.

Une distance au sens mathématique est une fonction qui associe une mesure d à un couple d'objets (a,b) et qui respecte ces 4 propriétés
 Unicité: si $d(a,b) = 0$ alors $a = b$ Positivité: $d(a,b) \geq 0$
 Symétrie: $d(a,b) = d(b,a)$ Inégalité triangulaire: quel que soit c ,
 $d(a,b) \leq d(a,c) + d(b,c)$

En 1997, j'avais abordé superficiellement dans ma thèse¹³ l'existence d'erreurs d'interprétation de l'inégalité triangulaire (voir définition page précédente). Plusieurs auteurs considèrent, de manière erronée, que l'inégalité triangulaire impose que la distance soit une ligne droite, alors qu'elle ne garantit que le fait que la mesure soit minimale ; la distance est dans sa mesure même, porteuse d'une idée d'optimalité. Une distance géographique, mesure de l'écartement entre lieux, est en effet le plus souvent mesurée le long d'un itinéraire optimal qui suit un réseau de transport et a toutes les chances d'échapper à la ligne droite.



- 14 A. L'Hostis, *Le détour, la pause et l'optimalité, Essai sur la distance et ses apports au transport et à l'urbanisme* [Thèse d'HDR, Architecture et Aménagement] université Paris-Est, 2014 <https://hal.archivesouvertes.fr/tel-01081570/>
- 15 A. L'Hostis, "Misunderstanding geographical distances: two errors and an issue in the interpretation of violations of the triangle inequality", *Cybergeo: European Journal of Geography*, 2016, p. 793, <https://doi.org/10.4000/cybergeo.27810>
- 16 A. L'Hostis, "Detour and break optimising distance, a new perspective on transport and urbanism", *Environment and Planning B: Planning and Design*, n° 44, 2016, p. 441-463, <https://doi.org/10.1177/0265813516638849>

Ce raisonnement, qui dissocie le plus court chemin de la ligne droite euclidienne, assume le caractère non-euclidien de l'espace géographique. Cela permet de mettre en valeur les notions de pause et de détour en tant que contributrices à une optimisation des cheminements et donc des distances^{14, 15}. Cette idée peut mener à des réflexions sur les choix d'aménagement des espaces publics dédiés aux circulations¹⁶. Ce travail a aussi attiré l'attention de mathématiciens avec lesquels je développe un programme de recherche visant à comprendre la géométrie de la géographie.

Œuvre solitaire et travail d'équipe

Jusqu'à l'année 2017, j'ai travaillé seul à la mise en œuvre du modèle des cartes en relief d'espace-temps.

Pour qu'il se change en un travail d'équipe, ce qu'il est devenu avec l'implication de Farouk Abdou, j'ai dû dépasser des blocages que j'ai en partie déjà évoqués. Mais le plus difficile a été de trouver ma propre place dans le processus créatif. Quelle était ma contribution réelle, à moi qui ne suis pas le concepteur de l'idée, mais simplement celui qui la met en œuvre, qui donne un corps graphique à une idée abstraite ? Suis-je légitime à signer seul un article scientifique sur ces représentations comme je le fis en 1996 et en 2009 ? Certes, j'ai écrit toutes ces lignes de code seul, j'ai écrit ces textes seul, j'ai lu toutes ces sources scientifiques pour relier la contribution à l'état de l'art ; mais je n'ai pas pensé ce modèle, qui m'a été transmis par mon directeur de thèse, et je ne peux pas ne pas le lui en faire crédit.

Pour dépasser cette crispation, j'ai dû accepter le fait de me situer en effet dans un processus de transmission, d'être un acteur au sein d'un ensemble plus vaste. Dans le texte du mémoire d'habilitation, je fais référence, pour la première fois, à l'invention de Mathis - L'Hostis, pour créditer l'idée et sa mise en œuvre, car l'idée de Mathis serait peut-être restée lettre morte sans ma contribution, et mon travail de mise en œuvre a dès le début infléchi le modèle.

J'avais déjà expérimenté les cônes pour réaliser une cartographie rapide de l'espace-temps de la Californie transformée par l'introduction du mode ferroviaire à grande vitesse. Et, je voulais poursuivre dans cette voie. Or, l'outil que j'avais développé à partir de 1992, MapNod, dépassé technologiquement, ne pouvait permettre d'accéder à ce type de représentations. Dès 2015, j'ai donc commencé à rechercher des outils existants, et ce faisant, à faire la rencontre de plusieurs interlocuteurs, ingénieurs informatiques, ingénieurs en sciences géographiques développeurs, graphiste, développeur 3D.

Le travail solitaire a laissé place à un travail d'équipe ; nos recherches de représentation cartographique sont à présent soutenues par le réseau invisible, mais solide de nos échanges et de notre partenariat.

Naissance d'une communauté, nouvelles perspectives

Aujourd'hui, après avoir échangé à l'intérieur de cette équipe que j'ai constituée en premier lieu pour tirer parti des avancées dans les domaines de l'informatique, je suis convaincu du fait que la cartographie ne peut prétendre résoudre seule cet enjeu scientifique de la mise en intelligibilité du modèle de Mathis. Durant le travail de thèse, à l'université de Tours je ne sollicitais que les conseils d'un cartographe universitaire, Michel Mayaud, mais aujourd'hui cela m'apparaît réellement insuffisant. Ce modèle est tridimensionnel et mobilise des outils développés pour la visualisation scientifique, mais aussi pour le jeu vidéo.

Or ces corpus peuvent apporter des solutions, comme la transparence, les fonds noirs, les éclairages, qui ne sont pas habituellement mobilisées en cartographie, mais qui peuvent contribuer significativement à l'objectif de lisibilité. En devenant le travail d'une équipe pluri-disciplinaire, embryon d'une communauté d'utilisateurs et de développeurs, cette recherche est sortie du seul champ de la géographie. Les compétences multiples qu'elle nécessite montrent combien ses enjeux peuvent résonner dans d'autres domaines, et trouver leur utilité à des endroits insoupçonnés au départ.