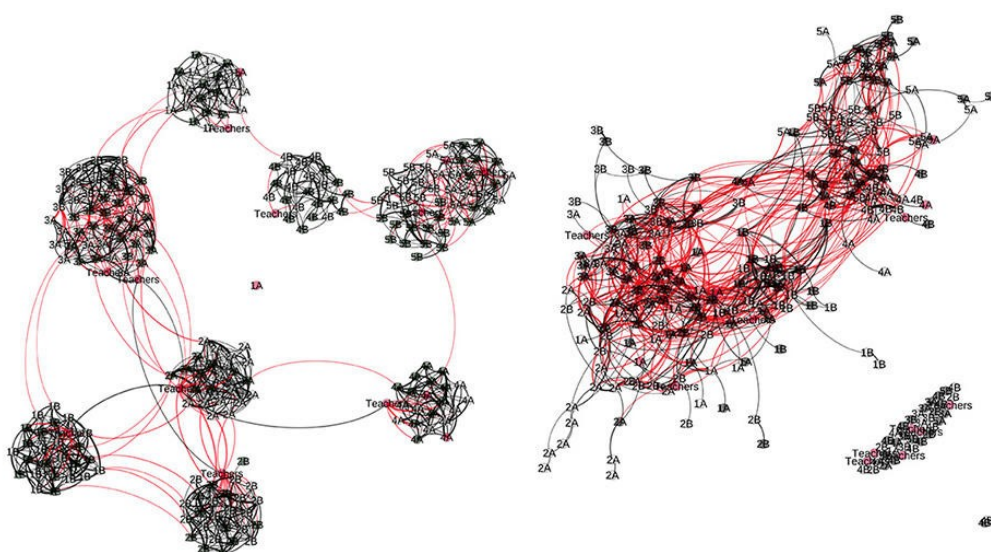


La découverte scientifique ... qui mérite le mérite ? (6 juillet 2020)



*La genèse d'une idée scientifique n'est jamais facile à retracer. En partant d'un exemple concret, [Jean Claude Derniame](#), nous fait parcourir un processus de découverte scientifique qui montre que ce n'est pas simple de dire qui est à l'origine de quoi. **Pauline Bolignano** et **Thierry Viéville**.*

Bonjour Jean-Claude, qui es-tu ?

Bonjour, je suis un ancien... ancien professeur d'informatique à l'Université de Nancy 1, puis à l'INPL et chercheur au CRIN, puis au LORIA, professeur émérite de l'Université de Lorraine, spécialiste de génie logiciel, plateformes de développement, modèles de procédés de développement de logiciel ou software process.

Tu vas parler du cheminement d'une idée nouvelle, laquelle ?

C'est le cheminement d'une idée (plusieurs fois) nouvelle à propos ... du cheminement dans un graphe. Un graphe est un objet mathématique composé d'un ensemble de points reliés entre eux. Il peut représenter des personnes qui se connaissent, un arbre généalogique, un réseau électrique ou encore un réseau routier, ou même la planification d'une tâche complexe, et bien d'autres. On s'en

sert pour exprimer des problèmes, comme trouver ses ancêtres, ou trouver le meilleur (le plus court) chemin pour aller à une destination.

Graphes montrant l'évolution des contacts entre élèves de classes différentes (en rouge); le matin et le midi.

Les problèmes de cheminement consistent à associer à un ensemble de chemins joignant un couple de points d'un graphe, une information, comme par exemple une valeur logique (existence d'un chemin), un nombre (distance entre deux points), ou un chemin (ex: le plus court ou le plus long entre deux points). Voir cet [article d'Interstices](#) pour en savoir plus.

Bien entendu, ce serait du gaspillage que de construire d'abord l'ensemble des chemins, qui peut être très vaste et occuper beaucoup de place mémoire, pour en déduire ensuite l'information cherchée, d'où notre réflexion en 1967.

Quelle est l'idée nouvelle ici ?

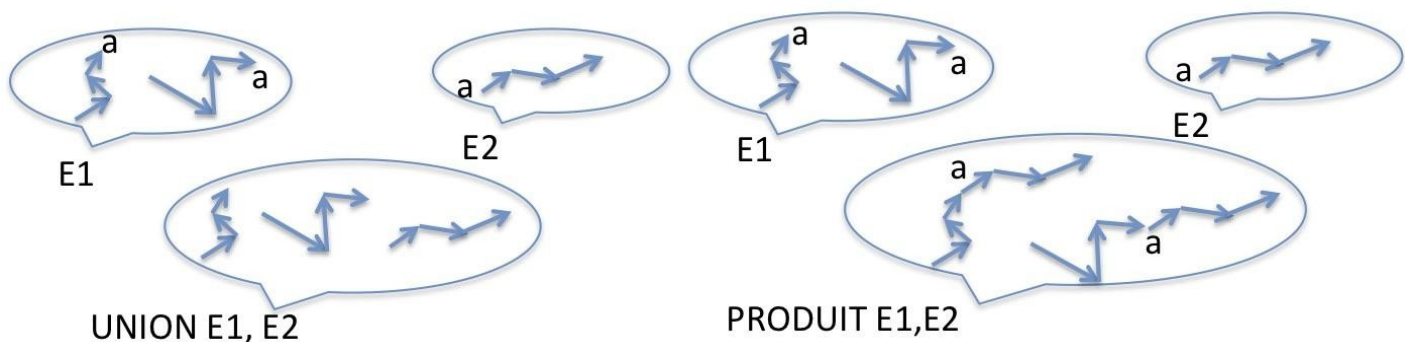


Illustration des opérations algébriques sur les chemins

L'idée originale des chercheurs de Nancy consiste à travailler sur les algorithmes et transformer celui qui construit l'ensemble de chemins en celui qui donne l'information [7 , 9] grâce à des transformations algébriques : pour obtenir un algorithme donnant une des informations (valeur logique, nombre entier, distance, probabilité, chemin vérifiant une condition, etc...), il suffit d'interpréter autrement les opérations usuelles qui correspondent à la réunion ou au produit d'ensembles de chemins.

L'algèbre mise au service de l'algorithmique alors ?

Plus précisément il s'agit de créer une transformation [réversible et continue](#) de l'ensemble des ensembles de chemins vers celui des informations, tous deux étant structurés de la même manière (on parle de [semi-anneaux unitaires](#)).

On a pu proposer une vingtaine d'algorithmes de construction d'ensemble de chemins et de nombreuses variantes qui permettent aussi de retrouver les algorithmes bien connus de [recherche du plus court chemin](#) comme ceux de Dantzig, Warshall, Ford et autres. Y figurent également des algorithmes plus performants utilisant une structure informatique correspondant à une pile d'objets.



Un exemple de problème difficile sur les graphes, rechercher un chemin hamiltonien fermé sur lui-même qui passe par tous les points une et une seule fois. Voir <https://interstices.info/le-defi-des-1001-graphes> pour détails © Inria / Photo C. Morel

Tout ça date d'avant internet ! Comment travailliez vous alors ?

Les ordinateurs sont rares alors et les échanges entre chercheurs sont beaucoup moins abondants qu'aujourd'hui. La recherche bibliographique se fait *sans moteur*, en lisant les livres papiers et les rares revues. Les chercheurs se rencontrent quelquefois et s'envoient des lettres manuscrites, sur papier. Le bouche à oreille est efficace mais ne traverse guère l'Atlantique.

En France, les échanges sont possibles mais limités, le plus souvent en français, grâce aux séminaires, congrès, ainsi qu'à la revue d'une association qui s'est appelée AFCAL, AFIRO, AFCET et précédant la [SIF](#) d'aujourd'hui.



Au début de l'année 1966, Claude Pair, qui venait de soutenir sa thèse d'Etat [5], me propose de traiter le sujet du cheminement dans un graphe au cours d'une thèse de troisième cycle. Le travail commun donnera lieu à cinq publications dont une communication de Claude [6] pour un congrès à Rome, un article de Claude dans la revue RIRO [8] et un livre chez Dunod, à paraître en 1968,

comme annoncé dans l'article ci-dessus, Le manuscrit transmis à Jacques Arzac, directeur de la Collection, a disparu de son bureau en mai 1968, ce que nous n'apprîmes que fin 1969. Nous n'étions pas encore à l'époque des photocopieuses à foison et nous n'en avons aucune sauvegarde. Il a fallu recommencer : la seconde version est parue en 1971 [9].

Cette idée va être la source d'un nombre important de publications, certaines allant plus loin que le travail nancéien, d'autres pas. La plupart ont été publiées en français, souvent dans la revue de [l'AFCEP](#), comme les travaux nancéiens (voir annexe).

Plus de trois ans de retard, à cause d'un manuscrit papier !

Oui et entre-temps, en 1970, la théorie des graphes est bien connue, particulièrement en France grâce entre autres à Claude Berge [3].

Comme expliqué précédemment, les échanges entre chercheur.ses étaient limités, ce qui peut expliquer, voire excuser, les redécouvertes et l'absence de citation, comme ce fut le cas à propos des travaux ci-dessus.

Que conclure de cette histoire, alors ?

Tout d'abord rappelons que ce cas est très loin d'être exceptionnel. L'informatique, tout comme les autres sciences n'a pas été créée dans les trois dernières années : cette histoire illustre aussi l'importance du travail bibliographique avant toute création scientifique, qui doit questionner les travaux ... y compris du millénaire précédent.

Et ce qui est formidable après-tout c'est que peu importe ces aléas et peu importe finalement d'attribuer le mérite à telle ou telle personne : l'importance est que la science avance, et que ce soit au service de l'humanité et pour le meilleur.



Note : cet article a pour origine le colloque organisé à Nancy le 14 juin 2019 en l'honneur de Claude Pair, un des fondateurs de la science informatique. Pierre Lescanne a découvert cette situation lors des recherches bibliographiques qu'il a faites à cette occasion [1]. Une version plus détaillée de cet article est à paraître [17].

Annexe : chronologie des publications sur ce sujet

- En 1968, P. Robert et J. Ferland proposent d'appliquer l'algorithme de Warshall au cas de la recherche de chemins optimaux en passant par des semi-anneaux de matrices et des applications pour passer de l'un à l'autre, sans traiter le cas général. Ils n'avaient pas vu notre article, ni nous le leur.

- Dans leur livre sur les algorithmes [10], Aho, Hopcroft et Ullman affirment « l'absence d'une approche générique pour les algorithmes de plus court chemin » (1974) et ne mentionnent pas l'intervention de C. Pair [7] à la conférence de Rome, conférence qu'ils connaissent pourtant puisqu'ils en citent une autre.
- En 1975, dans [10] M. Gondran précise : « On montre comment les problèmes de cheminement dans un graphe peuvent être résolus par des méthodes d'algèbre linéaire ». On y retrouve l'ensemble du travail nancéien, cité quatre fois pour les algorithmes et l'usage d'une pile, mais pas pour les transformations alors que c'est le sujet important de l'article de M. Gondran et du travail de Nancy.
- En 1995, le livre bien connu de Gondran et Minoux [11] reprend les propositions de [10], mais sans référence aux travaux de Nancy.
- En 1997, M.J. Macowicz soutient à l'INSA de Lyon une thèse intitulée "Approche générique des traitements de graphes" [12] Il reprend l'idée originale pour l'approfondir et introduire une double généralité celle des algorithmes et celle des "matroïdes", ce qui lui permet de construire une bibliothèque de solutions.
- En 2002, l'article de Mehryar Mohri "Semiring Frameworks and Algorithms for Shortest-Distance Problems" [13] est nettement plus choquant. Il s'appuie, pour annoncer une "nouvelle approche", sur la phrase du livre de Aho et Ulman, énoncée 28 ans auparavant, et citée ci-dessus. L'auteur redéfinit les semi-anneaux et fournit un nombre important de théorèmes connus. "Il faut séparer l'algèbre qui donne un cadre et les algorithmes qui s'en servent pour résoudre des problèmes dans les différents semi-anneaux, correspondant aux domaines d'application" : une paraphrase des propositions nancéiennes ! Tout cela n'est pas sans rappeler [7, 8, 10, 11]. On ne peut que recommander leur (re?)lecture à l'auteur !
- En 2002 [14] puis en 2008 [15], Gondran et Minoux reprennent leurs propositions pour les étendre aux "problèmes réels", c'est-à-dire concernant les chemins remplissant certaines conditions Ils introduisent une algèbre des endomorphismes et montrent que les algorithmes itératifs (Warshall, Bellman, Dijkstra et autres) peuvent être étendus dans cette algèbre. Puis ils établissent une liste des applications aux différents problèmes de cheminement. Cette liste reprend celle de Nancy, dont les travaux ne sont pas cités alors qu'ils sont très similaires, y compris concernant les conditions.

De même, bien avant les travaux de Nancy, en 1959, B Roy publie un algorithme [5] pour la fermeture transitive d'un graphe (tous les couples de points reliés par un chemin). Le même sera publié par Floyd, Bellman, Ford, Moore, Warshall et s'appelle aujourd'hui l'algorithme de Warshall.

Références:

- [1] P Lescanne [Claude Pair, pionnier de l'informatique](#). Blog binaire, LeMonde.fr, 2019.
- [2] C. Berge , Théorie des graphes et ses applications , Dunod, Paris, 1958.
- [3] S. Stigler, "Stigler's Law of Eponymy", dans Statistics on the Table : The History of Statistical Concepts and Methods, Cambridge, Massachusetts, Harvard University Press, p. 277-290, 1999.
- [4] Roy B. Transitivité et connexité , CRAS 249, pp. 216-218, 1959.
- [5] C. Pair Etude de la notion de pile, application à l'analyse syntaxique, Thèse de doctorat d'Etat, Nancy, Dec. 1965.

- [6] C. Pair On algorithms for path problems in finite graphs », in Rosentiehl (ed.), Theory of Graphs (international symposium), Rome, Gordon and Breach (New York), pp. 271-300, Jul. 1966.
- [7] C. Pair Mille et un algorithmes pour les problèmes de cheminement dans les graphes, (R.I.R.O.), B-3, pp 125_143, 1970.
- [8] Derniame J.C., Pair C., [Problèmes de cheminement dans les graphes](#), Dunod, 1971.
- [9] Aho A.V., Hopcroft J.E. et. Ullman, J.D The Design and Analysis of Computer Algorithms, Reading, Mass., AddisonWesley, ISBN 9780201000290 , 1974.
- [10] Gondran M. Algèbre linéaire et cheminement dans un graphe RAIRO Recherche opérationnelle, tome 9, n°VI, p. 77-99, 1975.
- [11] Gondran M. et Minoux M. Graphes et Algorithmes 3ème édition, Paris : Eyrolles, 1995.
- [12] Macowicz M.J. [Approche générique des traitements de graphes](#) Thèse INSA Lyon, Nov 1997.
- [13] Mehryar Mohri: [Semiring Frameworks and Algorithms for Shortest-Distance Problems](#) Journal of Automata, Languages and Combinatorics Vol 7 Issue 3, pp321, Jan 2002.
- [14] Gondran M. et Minoux M. Graphes, dioides et semi-anneaux Tec&Doc Ed ISBN 2743004894, 2002.
- [15] Gondran M. et Minoux M. Graphs, Dioids and semi-rings : New models and Algorithms Springer ISBN 0387754504, 2008.
- [16] Delignat-Lavaud A. et al. Algèbres tropicales et plus court chemin Quadrature. EDP Sciences, Num. 72, p. 22-28, 2009
- [17] Derniame J.C. A propos du cheminement dans les graphes, revue de la SIF “1024”, N° 16, 2020.