

## Forum virtuel des lauréats d'Heidelberg 2020 - Dialogue : Tarjan / Knuth

DONALD E. KNUTH, ROBERT E. TARJAN

*Introduction : Nous allons entendre un autre moment fort de ce forum virtuel des lauréats d'Heidelberg. Les deux lauréats de cet échange, Donald Knuth et Robert Tarjan, discuteront de sujets basés sur des questions soumises auparavant par de jeunes chercheurs. Donald Knuth a reçu la récompense de l'ACM A.M. Turing en 1974 pour ses contributions majeures à l'analyse des algorithmes et sa conception de langages de programmation, et en particulier pour sa contribution à L'art de la programmation des ordinateurs, à travers sa série de livres très célèbre. Robert Tarjan a été récompensé par le prix Nevanlinna en 1983 et a reçu la récompense de l'ACM A.M. Turing en 1998, avec John Hopcroft, pour ses réalisations fondamentales dans la conception et l'analyse des algorithmes et des structures de données.*

Bob et Don, c'est à vous.

ROBERT TARJAN : Merci, Peter. Permettez-moi de souhaiter la bienvenue à tous ceux qui nous suivent en ligne, tous les jeunes chercheurs et tous ceux qui participent. Vous savez, tous deux nous commençons à avoir de la bouteille, mais Don, vous avez toujours été l'un des mes principaux héros, et c'est un peu intimidant de m'engager là-dedans avec vous. Et c'est un grand honneur pour moi d'avoir cette opportunité de converser avec vous. Vous savez, vous avez été un idole pour moi depuis que je suis entré à Stanford pour ma première année d'études.

Je pense que ce que nous allons essayer de faire ici est peut-être que je poserai à Don quelques questions et alors, il peut répondre, me poser quelques questions et nous allons essayer d'avoir ainsi une conversation intéressante qui va s'établir. J'ai beaucoup de questions des jeunes chercheurs. Veuillez excuser par avance le fait que nous ne pourrions vraisemblablement pas prendre toutes les questions : tant de questions, si peu de temps. Mais commençons ici. Don, ma première question est "Pouvez-vous nous en dire plus au sujet de votre T-shirt ?"

DONALD KNUTH : Comme c'est intelligent à vous de poser une telle question, bien que, ok, je ne sache pas si vous pouvez bien le voir, mais ça dit *Concretes*. Mais c'est un T-shirt spécial. Je ne sais pas, peut-être seulement deux ou trois ont été produits. C'était en 1989 quand notre livre *Concretes*<sup>1</sup> était tout nouveau. Et je le porte en l'honneur de Ron Graham, mon co-auteur, qui est décédé en juillet. Et c'est sa fille, Cheryl, qui avait confectionné ces T-shirts pour nous à ce moment-là.

R. T. : Cela a été une terrible perte pour notre communauté que son décès. Pouvez-vous nous dire...

D. K. : Vous avez mentionné Princeton et bien sûr, il utilisait le texte à Princeton cette année-là et je l'utilisais à Stanford.

R. T. : C'était un beau livre, *Mathématiques concrètes*. J'ai eu à enseigner un cours de premier cycle à partir de ce livre. Et je dois dire que c'était un défi parce qu'il est beau, mais il y a beaucoup

---

Traduction d'une video ici <https://www.youtube.com/watch?v=O5g4Zl8ppQA>.  
par Denise Vella-Chemla, 4.10.2020, travail en cours.

1. *Mathématiques concrètes*, Ronald Graham, Donald Knuth, Oren Patashnik, Addison-Wesley, 1988.

de contenu avancé dans ce livre.

D. K. : Et nous n'avions jamais imaginé à quel point ce serait difficile, mais on s'en doutait un peu.

R. T. : Ma seconde question, pouvez-vous nous en dire un peu plus à propos de votre parcours personnel et de la manière dont vous êtes venu à l'informatique et peut-être pourquoi la science des ordinateurs, et non pas les mathématiques, étant donné que je vous ai d'abord connu comme professeur de mathématiques à Caltech ?

D. K. : Oh, oui, eh bien, c'est vrai. Quand j'ai commencé, bien sûr, il n'y avait pas d'informatique puisque l'informatique... Je pense que le premier département d'informatique a démarré en 1965, Stanford était l'un des tout premiers.

Et donc, vous savez, j'ai obtenu mon... J'ai commencé à la faculté en 1956. C'est neuf ans avant que l'informatique n'existe. Et j'ai commencé avec une majeure en physique. Et alors, j'ai trouvé que les travaux dirigés étaient trop durs pour moi, je ne pouvais pas faire des soudures, par exemple. C'était terrible, tous ces voltages. Et j'avais, bon, je ne voudrais pas me lancer dans une histoire trop longue, mais ça m'effrayait de ne pas pouvoir voir ce que je faisais et je ne pouvais pas faire ça.

Alors pendant une année, j'ai suivi un cours qui m'a convaincu que je devrais vraiment changer de voie. Et alors, j'ai pris une majeure en mathématiques. Et nous étions cinq dans ce cas à ce moment-là. Et j'ai obtenu mon diplôme en maths en 1960. Ensuite, je suis allé à Caltech et j'ai étudié principalement les mathématiques combinatoires avec Marshall. Et alors, quelques raisons ont fait que Caltech a pris la décision de me garder comme professeur, du coup, je suis resté. J'ai eu de belles années à Caltech et même des rencontres, je ne sais pas, peut-être étiez-vous étudiant aux alentours du moment où je suis parti, ma dernière année là a été 1968 ou à peu près.

Je veux dire, l'été de 68, c'est l'année où j'ai dû arrêter pour faire mon service national. Mais en tout cas, à ce moment-là, j'ai réalisé que l'informatique était vraiment l'idée que je me faisais d'une carrière parce que j'avais vu que j'effectuais quelques services à ce moment-là pour le département de math de Caltech, mais j'assistais aussi à de très nombreux exposés à propos de mathématiques, où je m'asseyais au fond de l'amphi et où je me disais, et alors quoi ?

Donc j'allais suivre des exposés et j'échangeais beaucoup de correspondance à propos de l'informatique, ce qui était très excitant pour moi. Aussi je décidai que je ne me déplacerais qu'une seule fois dans ma vie, notamment pour être un professeur complet quelque part. Et j'ai obtenu... Il y avait quatre postes principaux entre lesquels je devais me décider. L'un était Stanford, l'autre avec Berkeley, et un autre était Harvard, tous en informatique. Et le quatrième c'était Caltech, où je resterai dans le domaine des mathématiques.

Et donc en tout cas, je suis venu à Stanford. Et ensuite, peu de temps après, *vous* êtes venu comme étudiant de première année. Et l'une des raisons pour lesquelles je suis allé à Stanford était que je pensais, lorsque j'étais à Caltech, que nous ne pourrions pas vraiment... nous faisons davantage en informatique. Et vous êtes venu dans mon bureau, et j'ai été votre professeur pour certains cours.

Et la chose suivante que j'ai prise, Stanford avait cet extraordinaire curriculum. Alors j'ai fait la liste de tous les cours que nous avons et vous avez dit, oh, vous avez déjà reçu ces cours d'un des visiteurs qui est venu à Caltech. Et c'est ainsi que je suis entré dans le domaine. Et de façon basique, je crois que c'est parce que j'ai réalisé, même lorsque j'étais en premier cycle, qu'il y avait quelque chose dans la manière dont mon cerveau avait évolué à ce moment-là, qui faisait que les ordinateurs résonnaient vraiment en moi. Et j'aimais vraiment tout, toutes ces connexions. Je veux juste... Je suis né pour être un geek et peut-être qu'à ce moment-là, j'avais à peu près 16 ans, j'étais...

R. T. : Alors, j'ai plusieurs questions, mais je vais juste vous en poser une et ensuite, ça sera votre tour. Quand l'idée du livre vous est-elle venue ? Quand avez-vous démarré ce projet ?

D. K. : Oui, j'étais en seconde année à la faculté à Caltech et c'était en janvier 1962. J'ai commencé à l'automne 1960 et mon livre préféré avait été publié par Addison-Wesley, quand j'étais en premier cycle, mon livre de calcul, mon livre de physique, d'autres livres, un certain nombre de choses diverses que j'aimais lire et un éditeur me prit à parti après le repas et me dit "Don, nous aimerions que vous écriviez un livre à propos de la façon dont on écrit un compilateur." et mon dieu, j'aurais toujours aimé en écrire un quand j'avais travaillé sur des publications pour le campus par exemple. Et alors, j'étais content à cette idée et je rentrais à la maison et sur une feuille de papier jaune que j'avais quelque part, j'écrivis les titres des douze chapitres que je pensais devoir être dans ce livre. Le chapitre 12 était à propos des compilateurs et les onze autres chapitres étaient une préparation pour les compilateurs et au jour d'aujourd'hui, j'en suis au chapitre 7 de cette liste que j'ai commencée en 1962.

R. T. : Bien, je suis sûr que nous reviendrons à ce sujet du livre mais peut-être maintenant, puis-je vous laisser poser quelques questions.

D. K. : Oui, très bien, avez-vous su un jour que vous étiez définitivement un geek, comment avez-vous attrapé le virus ?

R. T. : Je reviens un peu en arrière dans mon histoire personnelle. Flash back. Mon père dirigeait un hôpital psychiatrique en Californie et il s'intéressait à la recherche des raisons pour lesquelles il y a parfois des failles dans le développement d'un individu et il était assez connu. Linus Pauling qui était à Caltech à ce moment-là vint chez nous et ils menaient une recherche en commun et le Dr Pauling me laissa l'annuaire de Caltech et alors, j'avais cet intérêt scientifique déjà. Quand j'allai à l'école publique, c'était à cette époque où les écoles publiques étaient encore vraiment d'un niveau élevé, j'avais un professeur de math incroyable. C'est là que j'ai attrapé le virus pour étudier les mathématiques, je lisais les colonnes du Scientific American par Martin Gardner. J'ai eu aussi l'opportunité quand j'étais au lycée de faire des travaux de programmation. Ainsi, mes projets ont toujours été de faire des mathématiques. Je suis allé à Caltech en premier cycle universitaire mais malheureusement, je n'eus jamais cette chance de vous avoir comme professeur. Caltech à ce moment-là était plutôt orientée vers la physique, le département de math était un peu étrange mais merveilleux. De brillants théoriciens de la combinatoire, Herbert, Ryser, Marshall Hall, et donc je vécus une belle période. Je dois dire qu'être en premier cycle à Caltech a été probablement l'un des plus grands défis de ma vie. C'était extrêmement intense. Alors je me décidai pour la suite, je candidatai pour deux départements de math et deux départements d'informatique et je finis par

venir à Stanford en informatique, et je ne l'ai jamais regretté parce que cela m'a donné l'opportunité d'utiliser les mathématiques dans un sujet dans lequel on ne les trouvait pas habituellement, de façon concrète, sur les effets des algorithmes, et l'analyse des algorithmes et tout ça. Voilà la version courte de l'histoire.

D. K. : Bien et nous avons eu cette chance que John Hopkins bénéficie d'une année sabbatique, ce qui fait qu'il est venu en visite...

R. T. : C'était une excellente coïncidence oui, effectivement. C'étaient le début, je veux dire, Alan Kay était là. À cette époque, Stanford était un endroit très spécial. Alan Kay donna une conférence, déjà dans le cadre des HLF<sup>2</sup> et il dit quelque chose du style "Trouvez une grande communauté de recherche.". Stanford en ces temps-là, en informatique, était une grande communauté de recherche. Et bien sûr, il y avait l'investissement de personnes de Berkeley également : Dick<sup>3</sup> Karp et Waller, pour le premier cycle, c'était un endroit assez incroyable.

D. K. : Nous devrions rappeler à nos auditeurs que bien qu'on soit alors en 1970, c'étaient vraiment les années 60. (*R. T. rit*). Je veux dire par là comme je le rappelle que vous viviez à Berkeley, en centre-ville et vous faisiez le chemin chaque jour, et comme je m'en souviens un peu, je m'inquiétais beaucoup parce que vous prouviez des théorèmes en conduisant sur l'autoroute et j'étais effrayé à l'idée que vous soyez retrouvé dans une épave. (*R. T. rit*).

R. T. : Merci de votre sollicitude. Ça, c'est quand j'ai obtenu un poste de professeur assistant à Stanford. C'était après que j'aie obtenu mes diplômes.

D. K. : Oui, c'est ça, je me mélange un peu les pinceaux au niveau du temps depuis quelques années mais... Bon mais de toute façon, il se passait beaucoup de choses à cette époque, à l'extérieur des lycées aussi. Et je me rappelle que c'était une chouette époque. Je veux dire que les étudiants mettaient le feu aux immeubles dans les campus.

R. T. : Il y avait la guerre au Vietnam et il y avait des protestations contre la guerre et il y avait tout le mouvement hippie et c'était une période très intéressante. Beaucoup d'entre nous étions très idéalistes en quelque sorte. Peut-être un peu naïfs, ou un peu *trop* idéalistes.

D. K. : Oui, grâce à Dieu, je constate que les idées des gens sont aussi réalistes. Bien, maintenant, la chose dont je me rappelle le plus est que dans les années 70, vous avez révolutionné l'informatique, du moins de mon point de vue qui était d'essayer d'écrire un livre. Shannon et vous dans les années 70 étiez les deux personnes qui ont le plus contribué à la mise à jour de ma table des matières (*R. T. rit*) par rapport à ce que j'avais à faire, et la raison de cela était que, vous savez, vous faisiez des choses dont je n'avais absolument aucune idée en 1962 quand je mis au point ce plan pour les livres, et en particulier, c'était la première fois, ça semble évident aujourd'hui, peut-être, mais c'était si inhabituel de trouver quelque chose comme un algorithme profond, une propriété d'une toute nouvelle manière d'organiser l'information en informatique qui était... c'est loin maintenant, tout s'est mélangé, balayé par le fait qu'on pouvait vraiment prouver des théorèmes à propos de ces

---

2. HLF : Forum des lauréats d'Heidelberg.

3. Richard M. Karp

structures de données compliquées et avant ça, il y avait juste les structures de données que vous pouviez facilement expliquer à quelqu'un en dix minutes ou peut-être en une demi-heure mais tout à coup, vous êtes arrivés avec ces méthodes qui nécessitaient beaucoup de preuves et c'est même presque incroyable qu'elles marchaient. Je me rappelle de ma secrétaire Phyllis, elle disait que vous lui rendiez souvent visite et donc vous faisiez aussi de la recherche assis chez elle, j'imagine, encore en train de penser à ces trucs, mais ce que je veux dire, c'est pourriez-vous nous dire quelque chose à propos de l'origine de ces idées que vous avez conçues comme le fait d'avoir une structure profonde de données ?

R. T. : Eh bien, c'est une question à laquelle il est difficile de répondre : comment quelqu'un se rend-il compte de la façon dont il fait de la recherche. On essaie... on doit être intensivement curieux, on doit explorer un espace conceptuel, et le fait est que les ordinateurs deviennent de plus en plus rapides. La loi de Moore est un cadeau pour les théoriciens aussi bien que pour les expérimentateurs, elle offre la possibilité de penser aux choses à un haut niveau conceptuel et l'idée d'analyser les algorithmes d'un point de vue en quelque sorte un peu flou, en oubliant les facteurs constants, a vraiment ouvert le domaine et penser à la façon de vraiment démontrer la manière dont les temps peuvent être bornés qui n'avait vraiment pas été faite jusqu'à ce qu'on commence à le faire, je pense que c'était important parce que c'est en quelque sorte conducteur (de la recherche). Si vous avez comme but de faire un algorithme plus rapide alors vous êtes obligé de le déshabiller de tout ce qui n'est pas pertinent et donc d'identifier quelles sont les parties critiques qui sont impliquées lors de l'exécution et de les utiliser exactement comme il faut de telle façon que...

D. K. : Oui, ça c'était votre travail initial mais à cause de ce but que vous aviez d'obtenir vous savez, des temps linéaires ou juste cubiques ou quelque chose de ce genre, je pense, c'est surtout le défi du temps linéaire que vous avez réalisé qui vous a amené aux algorithmes au début, non ?

R. T. : Eh bien, comment ai-je vraiment commencé à travailler sur les algorithmes ? J'ai suivi un cours de programmation en Lisp donné par John McCarthy qui a lui aussi reçu la récompense A.M. Turing, malheureusement, et à nouveau, c'était dans ce grand environnement de Stanford, mais comme projet final, nous étions supposés écrire un programme Lisp. Une des possibilités consistait à écrire un programme Lisp pour tester la planarité des graphes. Je m'étais intéressé aux graphes planaires parce que j'étais intéressé par le problème des quatre couleurs, le problème qui est maintenant un théorème. J'essayais de le prouver moi-même alors que j'étais au lycée, en utilisant des méthodes de calcul mais je n'avais pas assez d'information et pas assez de puissance de calcul à utiliser en 1976 en utilisant exactement les techniques en question. Alors, le critère pour la planarité était le fameux critère de Kuratowski (un graphe est non planaire s'il contient un graphe complet sur cinq sommets ou un graphe complet biparti sur deux ensembles de trois sommets). Alors tous les autres essayaient d'implémenter le critère de Kuratowski mais j'ai trouvé un article de Shimon Even et Lempel et Cederbaum à ce moment-là qui donnait un algorithme qui construisait une représentation abstraite de l'intégration. Alors j'ai implémenté cet algorithme, et il s'est avéré en temps quadratique, ils ne l'avaient pas établi quant à eux mais le fait est là et j'ai réussi à vraiment bien l'utiliser pour notre projet. Alors j'ai pensé si on a pu le faire en temps quadratique, pourquoi pas plus vite ? Et John Hopcroft est venu et nous avons commencé à parler d'algorithmes de graphes et à explorer les possibilités de la recherche en profondeur d'abord et les choses amènent à d'autres choses. Quand vous avez un outil qui marche effectivement, vous l'essayez sur tous les problèmes

auxquels vous pensez. Mais revenons à toi, j'avance, revenons au cas ouest. Il me semble me rappeler d'une histoire célèbre où vous participiez à l'équipe de basket. Pouvez-vous nous en dire plus ?

D. K. : Eh bien, j'étais le capitaine et le teneur de marque et si quelqu'un veut voir ça, il y a une video d'une minute, il vous suffit de la google-youtuber, ça s'appelle *Le coach électronique*<sup>4</sup> et j'ai réfléchi pour que les statistiques au basket soient améliorées et j'ai mis au point une formule pour chaque joueur, qui tenait compte de la manière dont ils avaient contribué au match en cours, qui prenait en compte les essais de buts ratés, et les tentatives et les rebonds qu'ils avaient reçus, et des trucs comme ça, tout ça dans une grosse formule que j'ai oubliée mais en tout cas, je l'avais, ce n'était pas juste les points qui étaient comptés mais tout ce qui était fait et j'entrais ça sur cartes perforées à chaque fin de match et je calculais ces nombres et le coach semblait les apprécier.

R. T. : C'était en ces temps anciens où on programmait sur des machines IBM et où on devait entrer les trucs sur des cartes perforées dans des grandes boîtes énormes contenant des tas de cartes perforées...

D. K. : Et vous pourriez voir ça dans cette video et aussi, j'ai écrit un livre qui en parle, vraiment, je suis heureux d'avoir vécu assez longtemps pour pouvoir écrire un tel livre, il est intitulé "*Articles choisis sur le plaisir et les jeux*" et un des chapitres dans ce livre raconte toute l'histoire en incluant les articles de presse et la manière dont ça avait été mené, en montrant tout ça, dans le Newsweek magazine. (*D. K. rit.*)

R. T. : Donc on dirait que vous faisiez de l'analyse quantitative des sports trente ans avant que tous en fassent. Avez-vous eu la possibilité d'interagir avec des personnes qui en font aujourd'hui pour des équipes de sport professionnel ?

D. K. : Non, non, j'ai fait ça quand c'était facile et marrant mais j'étais un jeune-homme. Mais en tout cas, cela montre à nouveau que les ordinateurs ont toujours été partie prenante de ma vie, tout au long de toutes ces années...

R. T. : L'informatique (en anglais "Computer science") : on dit que tout domaine qui a le mot science dans son nom n'est en général pas une science. Alors je pourrais vous demander "l'informatique est-elle une science, une branche de l'ingénierie, une branche des mathématiques, un art ?", mais laissez-moi vous le demander de manière plus personnelle, spécialement parce que vous avez donné comme titre à l'un de vos célèbres livres *L'Art de la programmation des ordinateurs*. Vous vous voyez comme un artiste, un scientifique, un mathématicien, un ingénieur, un philosophe, une combinaison... ?

D. K. : Oui, ok, c'était le sujet de mon discours en 1974<sup>5</sup>. Et donc je ne peux faire mieux que de demander aux gens d'aller à cette source, mais pour résumer, j'ai regardé autour des termes d'art et de science, et j'ai trouvé, vous savez, beaucoup de livres qui avaient ces mots dans leur titre, j'en ai cité de nombreux ce jour-là et j'ai réalisé que le mot art est utilisé non seulement pour les Beaux-Arts mais également pour des choses qui sont artificielles et de façon basique, c'est un mot

---

4. <https://www.youtube.com/watch?v=dhh8Ao4yweQ>.

5. [https://amturing.acm.org/award\\_winnners/knuth\\_1013846.cfm](https://amturing.acm.org/award_winnners/knuth_1013846.cfm).

qui vient du mot grec  $\tau\epsilon\chi\nu\epsilon$ , en allemand *Kunst* et etc. Il signifie quelque chose qui est fait par des êtres humains par opposition à quelque chose déjà présent dans la nature. Et la science est l'étude de la connaissance et de l'organisation des choses, et donc, en un certain sens, je peux vous fournir une courte définition qui est que la science, c'est ce que l'on comprend suffisamment pour l'expliquer à un ordinateur tandis que l'art, c'est tout le reste. Et comme la science avance, nous en apprenons de plus en plus à propos d'un sujet quelconque que nous étudions, mais alors, comme nous en apprenons de plus en plus à son propos, notre cerveau conçoit et effectue quelques sauts en avant et ça, c'est l'art.

R. T. : Ainsi cela amène une question très intéressante parce que l'intelligence artificielle est née à nouveau récemment en tant qu'apprentissage profond par réseaux de neurones et quelques personnes sont ennuyées de ce qu'une singularité risque d'advenir lorsque les ordinateurs deviendront plus intelligents que nous. Quel rôle les humains ont-ils là dedans et devraient-ils vraiment s'inquiéter, que pensez-vous de cette nouvelle version de l'intelligence artificielle ?

D. K. : Oui, bien, je ne sais pas combien de temps il faudra pour qu'ils renomment notre département en département de l'apprentissage machine mais je parlerai plutôt de toutes les autres choses possibles que celle-là, mais je suis sérieusement inquiet du potentiel en termes d'armes "artificiellement intelligentes" spécialement. Cette video, bon, comment appelle-t-on cela, déjà... tant pis, c'est une video si importante mais elle est sortie de ma tête, Steve Russell l'a postée pour montrer que le temps n'est pas si éloigné dans le futur où nous pourrions avoir des petits drones qui viseraient nos ennemis et personne ne pourrait les arrêter et ça ne serait pas trop difficile que des terroristes s'en emparent, sans compter les gens qui n'aiment pas d'autres personnes dans leur propre gouvernement ou bien dans d'autres pays et donc...

R. T. : Et Don, ça ressemble aux problèmes qu'on a déjà avec la technologie. Persiste toujours le fait qu'il y a des bons usages et des mauvais usages et que c'est à nous en tant qu'êtres humains d'utiliser les technologies d'une bonne façon, c'est un grand défi.

D. K. : Oui nous devons comprendre que c'est vrai, ça c'est sûr.

R. T. : Bon, pensez-vous que nous, en tant qu'informaticiens théoriciens ou en tant que mathématiciens, contribuons à ce nouveau domaine de l'intelligence artificielle ? Devrions-nous y contribuer ? Quel est notre rôle ici ? Je sais que certains de mes collègues ont franchi le pas d'essayer... et un grand défi semble être que les réseaux de neurones résolvent des problèmes, font des choses, accomplissent des tâches, mais que personne n'a d'indices pour savoir comment ils procèdent. Il n'y a pas d'explication, ce qui est un peu anti-scientifique, n'est-ce pas ?

D. K. : C'est vrai, excusez-moi d'avoir dit Steve Russell, je voulais dire Stuart Russell, bien sûr, et il a exprimé les pensées les plus profondes sur la manière d'anticiper tout ce qui pourrait se produire. Mais la chose malheureuse est que ses solutions supposent toujours que les êtres humains sont rationnels. Et je commence à m'interroger de plus en plus à ce sujet chaque jour parce que les être humains ne sont pas des êtres rationnels. Et nous devons du coup trouver un moyen de sauver le monde avec son irrationalité.

Mais de toute façon, comme vous dites, les personnes comme vous et moi avons des choses que nous savons bien faire et nous ne sommes pas nécessairement doués pour tout faire. Et donc j'imagine que lors des années de vie qui me restent, j'utiliserai mon temps à faire ce que je peux faire plutôt que ce que j'ai fait, et dont je ne suis pas sûre que quiconque pourrait le faire.

R. T. : C'est aussi la conclusion à laquelle j'ai abouti. Nous avons peu de temps et utilisons donc les capacités qui sont les nôtres du mieux que nous le pouvons.

Voici une question liée : l'informatique, contrairement aux mathématiques, est encore un domaine très jeune parmi de nombreux domaines. Vous êtes entré dans ce domaine à son tout début et j'y suis venu plus ou moins une dizaine d'années après. Qu'est-ce que je veux dire par là ? Je veux dire, comment voyez-vous l'informatique évoluer dans les prochaines années ? Comment a-t-elle évolué durant votre vie ? Y-a-t-il des directions dans lesquelles vous aimeriez la voir aller ?

D. K. : Mais peut-être qu'avant de répondre à ces questions, j'aimerais bien revenir à vous. Le fait que l'informatique soit un sous-ensemble des mathématiques ou que les mathématiques soient un sous-ensemble de l'informatique n'est pas très clair, et certains jours, je pourrais dire l'un ou l'autre, mais vraiment, je crois qu'elles sont différentes. Et bien que j'ai travaillé dans ces deux domaines, je ne me considère plus comme un mathématicien maintenant. Mais il y a des jours où je pense, oh, aujourd'hui, je vais penser comme un mathématicien. Et parfois je peux résoudre un problème en y pensant avec mon costume de mathématicien pendant une journée, et puis après, je mets ma casquette d'informaticien et je travaille à ce problème selon un autre point de vue. Et je sens vraiment une différence selon que je suis dans l'un des modes de réflexion ou l'autre.

J'ai discuté de ça avec Bill Thurston, pourtant, et il ne pouvait pas voir de différence. Du coup, je ne sais pas. Mais selon moi, je pense que l'informatique et les mathématiques sont les deux sciences pour lesquelles les corpus de connaissances établis jusque-là ne sont pas basés sur la nature.

R. T. : Ils sont créés par des êtres humains.

D. K. : Nous avons réussi à imposer nos propres règles. Vous savez, nous concevons l'univers que nous allons étudier et les physiciens n'ont pas cette possibilité, à part les théoriciens des cordes peut-être<sup>6</sup>. Mais vous savez, les chimistes, les biologistes, se confrontent à la nature. Mais la conception mathématique est un domaine où nous étudions des concepts détachés de la nature, que nous créons. C'est vraiment cette idée : les choses sont-elles tout le temps là juste dehors ou pas ? Mais en tout cas, cela sépare l'informatique des autres domaines.

Et je vois cela, comme les années passent, je pense que les mathématiciens sont en train de la saisir, cette manière dont je comprends l'informatique. Et les informaticiens sont souvent plus intéressés par Wall Street que par la science. Comme vous le savez, beaucoup de nos étudiants sont partis vers des fonds de pensions ou des choses du même style plutôt que de faire progresser le domaine. Et donc lorsque dans les années 70, on se demandait si les universités survivraient et etc., il était clair pour moi que si Stanford devait être brûlée, on réussirait toujours à rassembler un petit groupe d'entre eux et nous irions quelque part, et nous voudrions parler d'informatique.

---

6. léger petit tacle.



Et je n'ai jamais pensé quelque chose comme oh, quel bon moyen d'avoir une vie facile ou de gagner un maximum d'argent, ou quelque chose d'avoisinant comme démarrer une boîte, avoir toutes ces stock-options en un rien de temps. Non, c'était la dernière de mes motivations. D'un autre côté, je connais d'autres personnes qui fournissaient leur meilleur travail parce qu'elles étaient excitées par des choses différentes des choses qui m'excitent moi. Je ne dis pas que mon chemin est le seul chemin, je pense.

R. T. : Mais laissez-moi revenir à vous et vous donner l'opportunité de me poser quelques questions.

D. K. : Oui. Que pensez-vous de la motivation qui vous anime ? Comme par exemple, je pense le fait que vous êtes en train de terminer un livre ?

R. T. : De commencer un livre ! Bien, ce projet très long et longtemps reporté, je ne prends pas d'engagement. Mais oui, dans ce processus, j'ai découvert la beauté de TeX. Je dois dire que j'ai attendu trop longtemps pour apprendre TeX. Nous verrons comme ça évolue. (*D. K. rit*). Mais, vous savez, j'ai eu le même sentiment que vous décrivez lorsque j'ai développé ces algorithmes dans les années 70 et 80. Le domaine n'est pas encore suffisamment stable pour essayer d'inclure toute l'information dans le livre. Mais au point où nous en sommes, là, finalement, c'est une des choses positives qui sont advenues à cause de l'épidémie, la pandémie.

J'ai beaucoup plus de temps parce que je ne suis pas sans arrêt dans un avion. De ce fait, j'ai vraiment commencé à écrire quelque chose et cela nécessite de longues plages de temps, évidemment, et je pense qu'il y a maintenant suffisamment de stabilité pour que cela devienne possible d'écrire ce livre.

D. K. : Alors laissez-moi vous demander... Est-il vrai que vous aviez commencé à écrire une monographie et que vous avez perdu tout le manuscrit dans une station de métro ?

R. T. : Il était dans une mallette que j'ai laissée dans une station de métro à Paris, oui, contenant beaucoup de matériel que j'avais écrit au stylo sur papier. Maintenant c'est sur ordinateur et la plupart de ce que nous écrivons est stocké dans le cloud, heureusement. Mais cela m'oblige à faire confiance à une plateforme particulière, par opposition à vous qui ne faites confiance qu'en votre environnement local. J'espère que votre maison est sûre, Don, parce que nous ne voudrions pas perdre tout ce trésor d'information.

D. K. : Bien, je pense qu'elle est sûre. Oui, je... Quand vous parliez lors de la préparation de dialogue, vous avez mentionné que vous aviez des avis à émettre sur les publications et la culture des conférences, et des choses relatives à ça. Pouvez-vous développer...

R. T. : Oui, oui, oui. C'est une différence, je pense, entre les différents champs disciplinaires. Et je voudrais inclure les mathématiques ici, aussi bien que l'informatique telle qu'elle a évolué. Il semblerait que maintenant, nous mettions tous nos efforts dans un rapide flot de publications pour des conférences. Et si l'on se place dans le domaine des mathématiques, peut-être que ça fonctionne pour les maths expérimentales, mais pour les théoriciens, cela m'étonne. Je suis de la vieille école

en quelque sorte. Je veux dire que je suis un mathématicien caduque, comme vous d'ailleurs.

Cela me surprend que nous fassions des progrès malgré le fait qu'il y a plein d'erreurs, il y a plein de publications à moitié cuites avec de grands résultats, mais non approfondies. Et cela me fend le cœur que les gens ne prennent pas le temps de revenir en arrière et de remplir les détails, et d'aller plus avant. Du coup, cela me semble une tendance inévitable de notre domaine, et ça devient encore pire avec l'émergence de plateformes comme arxiv, où les gens peuvent poster à peu près n'importe quoi, au mieux à moitié relues par des pairs (referees).

Donc, je me sens concerné par cela. Je pense qu'il est très important d'essayer d'obtenir de tout article qu'il paraisse dans un journal à comité de lecture (refereed), si possible. J'essaie d'encourager mes étudiants à faire cela, mais c'est un défi. L'époque est de plus en plus au "publish or perish" qu'elle ne l'était lorsque j'étais étudiant.

D. K. : J'imagine que c'est parce qu'il y a des milliers de chercheurs alors qu'il n'y en avait que des douzaines quand vous et moi étions jeunes mais, Bob, bon, j'en connais assez sur cette histoire pour savoir qu'il y a toujours eu des problèmes concernant le contrôle de la qualité des publications. Mais je me rappelle l'année passée, j'ai vraiment été en colère quand j'en ai entendu parler, vous savez, j'avais regardé un papier et je pense qu'il pourrait résoudre un problème dont j'avais pensé pendant des années que je n'en verrais pas la solution durant toute ma vie et je pensais que ce serait une solution brillante mais le problème nécessitait une généralisation du problème de parcours du cavalier (sur un échiquier) et le gars a reçu les rapports de referee les plus insultants possibles quand il a soumis l'article à un journal et je les ai montrés, vous savez... et surtout dans ces comités académiques de haut niveau de pairs pour le dire vite, personne ne se serait abaissé à écrire quelque chose comme la généralisation d'un bel outil, et donc, on n'a pas à prendre en compte les goûts, et je ne peux pas dire que mes goûts soient meilleurs que d'autres et je peux voir un article et penser ça c'est poubelle et puis en voir un autre et le trouver beau. Je n'ai pas d'algorithme, mais je n'utilise pas le machine learning<sup>7</sup>, pour résoudre leurs problèmes.

R. T. : C'est le revers de la médaille : je veux dire, de grands articles ont été rejetés par des reviewers au front bas et la grandeur n'émergera que plus tard, peut-être.

D. K. : Bien. Plus le... J'ai finalement trouvé un bon referee pour le type, mais vous savez, il travaillait pour un journal qui... vous savez... vivait les universités qui le chargeaient trop. Et alors il ne voulait pas publier dans ce journal. Il l'a donc laissé sur arxiv pour le moment. Vous savez, dans un journal comme le journal des algorithmes dont j'ai fait partie du comité de rédaction, j'ai cherché ce qui est fait par les éditeurs patients qui dans la plupart des cas utilisent gratuitement nos services pour faire tout le travail éditorial et de refereeing, mais qui ne s'intéressent à rien de plus qu'au titre et aux profits énormes qu'elles réalisent, dont le bureau académique a été acheté par quelqu'un qui a été acheté par quelqu'un qui lui-même etc. et finalement, les éditeurs font des arrangements avec les universités et astreignent les universités au secret de façon à ce que nous ne pourrions même pas retrouver quelle est la bibliothèque qui a finalement effectivement payé pour le journal et c'était mon dernier tirage et j'ai rapporté toutes ces choses à notre comité éditorial de notre journal sur les algorithmes et nous avons fait remonter notre participation à 100 % et nous

---

7. léger petit tacle.

avons démarré les transactions de l'ACM sur les algorithmes...

R. T. : Est-ce la solution alors : davantage de concours financier de la part de sociétés professionnelles et pas de sociétés lucratives (privées) ?

D. K. : Oui, il me semble que nous avons un certain contrôle là-dessus à travers les sociétés professionnelles. Je ne sais pas quelle est votre opinion... ?

R. T. : Je suis d'accord, je suis d'accord...

D. K. : Tim Gowers a...

R. T. : Je vais changer de sujet, désolé, poursuivez... Je vais un peu changer de sujet. Vous êtes non seulement un informaticien mais vous êtes également un organiste de talent ainsi qu'un compositeur. Pouvez-vous nous en dire un peu plus sur les projets que vous avez déjà menés et ceux que vous menez en ce moment dans ce domaine ?

D. K. : D'accord, donc de toute façon, vous étiez à la fête d'anniversaire de mes 80 ans, l'un des grands amis qui vinrent là.

R. T. : Et j'avais un tee-shirt qui aurait pu être celui-là.

D. K. : (*D. K. rit.*) Ok, j'ai maintenant 82 ans mais lors de cette célébration, nous sommes allés dans le nord de la Suède où se trouve un merveilleux orgue à tuyaux et quand j'avais entendu parler de cet orgue, je m'étais dit... J'avais souhaité depuis mes 60 ans écrire une sorte de composition majeure pour orgue à tuyaux. C'était un rêve que j'avais toutes ces années et que j'ai finalement réussi à réaliser, je ne sais pas, quand j'avais soixante-quinze ans, je m'étais dit, si tu veux réaliser ce rêve, il faudrait voir à peut-être commencer maintenant. Alors un jour où je visitais Vienne, je suis entré dans le meilleur magasin de musique de Vienne et j'ai acheté du papier à musique vierge dans le même magasin que celui dans lequel Beethoven achetait ses stocks de papier musique, et Brahms, et etc, et je me disais ça ne peut pas faire de mal et j'ai emporté ce papier avec moi et j'ai commencé à écrire ma pièce. Et j'ai travaillé dur à cette pièce pendant cinq ans et j'ai abouti à une œuvre très étrange dont je dois dire que je l'aime beaucoup... Je suis heureux qu'elle soit née comme ça. Et donc nous avons eu cette Première glorieuse. Vous pouvez la voir sur Google-Youtube postée par un groupe de gens qui ont fait la captation video, ils avaient du matériel dernier cri, quelques douzaines de caméras. Du coup, nous avons un enregistrement à 360° par deux caméras et de nombreux enregistrements audio, la meilleure équipe de mixage et tout ça. Nous avons donc plusieurs teraoctets de données de cette performance pour la Première. Et j'espère que des informaticiens pourront mener un projet de thèse sur la manière dont on pourrait mettre les choses en beauté grâce à la réalité virtuelle, ce qui permettrait aux auditeurs de sélectionner ce qu'ils veulent regarder pendant l'écoute parce que nous avons aussi tous ces bits de données sur arxiv à Stanford sous forme digitale et c'est accessible à tout chercheur qui le souhaite.

R. T. : Je dois dire que le voir en personne a été une expérience grandiose et ce serait bien d'avoir la possibilité de revivre cela.

Oui donc la prestation est divisée en vingt-deux parties chacune d'entre elles durant environ cinq minutes et vous pouvez les voir une par une si vous allez sur mon site web, vous pouvez trouver la playlist sur youtube<sup>8</sup>. Mais alors a aussi eu lieu une première canadienne et il y eut une très belle représentation à Waterloo, il y a deux ans maintenant, et des personnes filmèrent là une belle video qui vous permet de voir l'œuvre d'une autre manière. Et l'année passée à Brno<sup>9</sup> en République tchèque, un merveilleux enregistrement de la performance a été fait à nouveau. Donc maintenant il y a trois excellentes sources que quiconque le souhaite peut visionner. J'appelle ça de la musique à large bande parce que je réagissais à l'excès de musique moderne... Je ne sais pas. Ils commencent avec une idée de thème et ils tiennent ce thème jusqu'à ce que l'audience l'ait aussi et alors, ils passent une autre idée et ainsi de suite. Mais je voulais revenir à la manière dont Mozart réussit cela, qui fait que les idées viennent plus vite que nous ne réussissons à les saisir et nous sommes forcés d'écouter deux ou trois fois et nous saisissons davantage d'éléments à chaque écoute... Ainsi ce qu'ils ont fait est vraiment beau et je suis si heureux que cela devienne une sorte de musique du monde et peut-être que mon œuvre deviendra populaire et peut-être que ça sera un bide mais au moins, cela me satisfait d'avoir eu ce but tout au long de ma vie, c'est difficile à expliquer mais si vous m'en aviez parlé il y a deux ans avant que j'aie fini et si quelqu'un m'avait dit qu'il ne me restait plus que deux ans à vivre et que j'aie eu à choisir entre terminer cette œuvre musicale ou bien finir d'écrire un programme comme... J'aurais sûrement choisi la musique même si j'aurais plutôt dû choisir l'informatique parce que je n'ai pas vraiment le droit d'écrire de la musique.

R. T. : Je ne vois pas pourquoi vous n'en auriez pas le droit. Laissez-moi vous interroger dans l'intérêt des jeunes chercheurs. Avez-vous un conseil pour les personnes qui veulent venir à l'informatique telle qu'elle est aujourd'hui. Avez-vous des conseils pour les étudiants ou pour les mentors des étudiants ?

D. K. : Hier, quand la question a été posée à Leslie Lamport et à Tony Hoare, la réponse de Lamport a été si merveilleuse, il a dit "Écrire.", que faire ? "Écrire.". Et je crois que j'ai monopolisé la parole plus que vous ici mais j'en profite pour vous dire "Finissez ce livre sur lequel vous êtes en train de travailler." (*R. T. rit*) parce que toute ma vie, j'ai trouvé que je réalisais une sorte de combinaison convexe entre les mathématiques et l'écriture. Mais écrire était toujours très important et garder cette activité est important, c'est pour cette raison que j'écris tant de programmes informatiques aujourd'hui encore.

R. T. : Je dois certainement être d'accord avec ça, bien, bien, bien, réécrire. Mais c'est un défi difficile. Les idées sont sans valeur si vous ne pouvez pas les communiquer à d'autres personnes et le meilleur moyen de le faire et de les coucher sur du bon vieux papier, je dirais.

D. K. : Et l'autre chose qui m'est venue à l'esprit à travers ce dialogue écouté hier que je dirais d'une façon différente est ne soyez pas trop influencé par les trucs à la mode. N'écrivez pas un papier juste parce que vous devez écrire un papier ou parce que vous pensez que vous devez impressionner les gens à propos de quelque chose qui ne vous intéresse pas directement mais parce que vous cherchez à donner le change. C'est la pire raison pour écrire un papier ; le modèle auquel

---

8. <https://www.youtube.com/playlist?list=PLvixIGKr5sJffdfwecygYqhXsgz-EBCC8>.

9. <https://www.youtube.com/watch?v=wk7dEKMP68>

j'aime penser à ce propos est celui d'Euler dont les articles étaient toujours très impressionnants mais parce que ses actes provenaient du fait qu'il voulait dire aux gens ce qui l'impressionnait.

R. T. : Oui, je pense à Alan Kay qui a aussi présenté un exposé à ce forum, il avait aussi cette notion d'idées hors-la-loi qui sont écrasées... Vous devez suivre votre propre chemin en quelque sorte, vous devez trouver quel est votre propre chemin et le suivre. Les meilleurs étudiants que j'ai eus arrivaient ou repartaient avec leurs propres idées qu'ils avaient développées et vraiment, Pat Hanrahan plus tôt cette semaine l'a aussi dit, je ne donne jamais à mes étudiants de sujet de thèse, j'exige d'eux qu'ils trouvent leur sujet eux-mêmes, maintenant, c'est une sorte d'approche rigoureuse mais ça fait partie de ce dont il faut être capable pour faire une thèse, il s'agit d'apprendre à se poser les bonnes questions, c'est davantage le fait de se poser les bonnes questions plutôt que de trouver des réponses à des questions que d'autres ont posées.

D. K. : C'est ça, exactement ça, et en fait donc, il s'agit de poser les questions, c'est juste ce dont vous devez montrer que vous savez le faire comme il faut (*R. T. rit.*).

R. T. : Laissez-moi vous poser une question de plus, nous arrivons au bout de notre temps d'échange mais j'ai noté que selon wikipedia, et c'est une question de l'un des jeunes chercheurs, vous êtes renommé pour vos blagues scientifiques, je me demande si vous pouvez nous dire quelle est votre blague favorite ?

D. K. : Ok, alors (*D. K. montre l'un de ses livres ouvert à la bonne page.*). Jetez un œil à la bibliographie de *Mathématiques concrètes*, la référence 44, *T. Brown, Multivariable subpolynomial waffles which do not satisfy the lower regular q-property* pointe vers une collection de 250 articles sur la théorie des gaufres dédiée à R.S. Green pour son anniversaire, ses 23 ans... Et alors, j'ai une note en marge. Dans la marge, ça dit "De tels articles ne sont pas cités dans ce livre". (*R. T. rit.*) Et c'est pour cette raison que j'ai écrit *Mathématiques concrètes* et vous regardez l'index et vous voyez qui était T. Brown et il est nommé Trivial Brown, c'est rigolo de regarder les différentes traductions de *Mathématiques concrètes*.

R. T. : Il me semble me rappeler que votre première publication était dans un magazine inhabituel. Pouvez-vous nous rappeler quel magazine c'était ?

D. K. : Juste une seconde. (*D. K. se lève et va chercher le magazine en question.*) Ok, un de ces jours, essayez de mettre la main sur ce livre *Recueil d'articles sur le plaisir et les jeux*. Il parle non seulement de basket-ball mais il parle également de mes premières publications dans le magazine Mad, me voilà (*D. K. approche le magazine de la webcam pour qu'on le voit bien.*).

R. T. : Donc voici votre conclusion, Knuth, les jeunes chercheurs devraient retrouver votre premier article publié dans le magazine Mad. Tant de questions, si peu de temps, laissez-moi vous remercier, Don, pour un merveilleux dialogue et je suis ravi d'y avoir pris part et merci au HLF et à tous les organisateurs.

D. K. : Ok, j'en déduis que nous devons arrêter là, bye-bye.

*Conclusion : Merci du fond du cœur, merci beaucoup pour votre perspicacité et je suis sûr que votre discussion sera très inspirante pour les jeunes chercheuses et les jeunes chercheurs. Nous avons vraiment apprécié que tous deux, vous preniez tout votre temps. Prenez soin de vous et merci beaucoup.*

D. K. et R. T. : Merci Peter.