

Traduction d'une interview de

DONALD E. KNUTH

par

INNOVATIONS

sur

L'ART DE LA PROGRAMMATION DES ORDINATEURS

<http://www.informit.com/articles/article.aspx?p=1327952>

Pour célébrer la publication des fascicules 0-4 du Volume 4 de *L'Art de la programmation des ordinateurs*, nous présentons une interview de Donald Knuth datant de 1996. Cette interview avait été menée peu de temps après que Don ait gagné le Prix Kyoto, et alors qu'il préparait la publication de nouvelles éditions des Volumes 1, 2, et 3 de *L'Art de la programmation des ordinateurs*.

Cette interview a été publiée dans le journal d'Addison-Wesley, *Innovations*.

Donald Knuth est en train de mettre à jour la totalité des trois volumes de sa série, *L'Art de la programmation des ordinateurs*, un des travaux les plus connus en informatique. *Innovations* l'a interviewé pour en savoir plus à ce sujet.

INNOVATIONS : Que considérez-vous comme les développements les plus importants depuis que vous avez commencé *L'Art de la programmation des ordinateurs (TAOCP)*?

KNUTH : Les développements les plus importants ont vraisemblablement été les idées de la programmation structurée (dans les années 70) et la programmation littéraire (dans les années 80). Mais je suis un fan de tous les développements, pas seulement les plus importants ; et, bien sûr, nous connaissons maintenant un très grand nombre de nouvelles techniques, spécialement par rapport au Volume 4 [à venir]. Quand j'ai commencé à écrire *TAOCP* en 1962, presque aucune des idées maintenant dans le Volume 4 n'avait été découverte ; presque personne n'avait même pensé à écrire un livre à propos des algorithmes combinatoires. Mais durant les années 70, plus de la moitié des articles écrits en informatique traitaient de ce sujet.

INNOVATIONS : Comment ces développements se reflètent-ils dans ces nouvelles éditions ?

KNUTH : Je suis repassé sur chaque page et j'ai mis à jour le matériau, quand j'ai pensé que le sujet avait "convergé" vers une forme que les gens considéreraient comme importante pas seulement maintenant mais également dans 50 ou 100 ans. De tels changements apparaissent tout au long des livres, plus clairement dans le chapitre sur les nombres aléatoires. D'autre part, de nombreux sujets dans les Volumes 1, 2, et 3 continuent d'évoluer rapidement. Dans de tels cas, je n'ai pas fait de mise à jour majeure ; j'ai simplement ajouté

une petite icône à la page, signifiant “désolé, toujours en construction” ! Je ferai une mise à jour finale à ces livres quand j’aurai fini les Volumes 4 et 5 ; sinon, je devrais les réécrire à nouveau, et je n’aurais jamais fini. C’est plus important pour moi d’avoir le Volume 4 écrit que de garder les Volumes 1, 2 et 3 strictement à la page<sup>1</sup> à la minute.

Les nouvelles éditions contiennent des centaines de nouveaux exercices et de réponses aux exercices dont je sais qu’ils seront toujours instructifs ; j’ai noté ces choses dans mes propres exemplaires des livres depuis les années 70, et je les rends publiques maintenant.

INNOVATIONS : Pourquoi réviser les Volumes 1, 2, et 3 avant de publier le Volume 4 ?

KNUTH : Parce qu’ils n’ont pas été révisés depuis longtemps et que j’ai un mégaoctet de mises à jour dont je suis sûr que les gens aimeraient les connaître. Silvio Levy m’a permis de faire cela sans perdre trop de temps pour le Volume 4, parce qu’il fait le dur travail de convertir les vieux livres en TeX et de tout bien mettre ensemble. Un autre ami, Jeff Oldham, a transcrit toutes les illustrations au format METAPOST, de telle façon qu’elles vont être améliorées aussi.

Et il y a une autre raison significative : en relisant et améliorant les Volumes 1, 2, et 3 de cette manière, je suis capable de m’assurer que le Volume 4 s’adapte bien à ces volumes, malgré le fait que j’ai laissé de côté cette rédaction pendant 13 ans pour travailler sur TeX et METAFONT et *Mathématiques concrètes* et quelques autres livres qui devaient être écrits dans les années 80.

INNOVATIONS : Voyez-vous toujours cela comme un ensemble de sept volumes ?

KNUTH : Le Volume 4 sera découpé en trois sous-volumes : 4A, 4B, 4C. J’ai toujours considéré le sujet des Volumes 1-5 comme le “cœur de base” des méthodes informatiques pour les machines séquentielles. Ces volumes traitent des algorithmes qui sont utilisés pour des centaines d’applications différentes de toutes les branches de l’informatique. Du coup, après avoir terminé les Volumes 1-5, je pense sortir un seul volume version “résumé pour le lecteur”

---

1. *note de la traductrice* : en cohérence avec les développements courants.

qui résumera leurs points forts.

Inversement, j'ai toujours considéré les Volumes 6 et 7 comme des ramifications du cœur de base. Le Volume 6, sur la théorie des langages context-free, et le Volume 7, sur l'écriture des compilateurs, traitent de domaines très importants mais ils ne sont pas aussi centraux que les algorithmes dont je parle dans les Volumes 1-5.

Quand j'aurai fini d'écrire les volumes centraux - et s'il vous plaît, veuillez noter qu'il y en aura sept, puisque le Volume 4 se décomposera en les Volumes 4A, 4B, and 4C -, je reviendrai bien sûr aux Volumes 6 et 7, en supposant qu'ils auront toujours besoin d'être écrits. J'ai conservé beaucoup de bon matériau pour ces livres, et mes fichiers sont pleins de choses que je garde sous le coude pour les inclure dans ces livres un jour. Mais ça sera dans 15 ou 20 ans. Si je découvre que tout ce que je veux dire a déjà été dit par quelqu'un d'autre, alors je déclarerai ma série terminée et je serai heureux de déclarer le travail de toute ma vie terminé. Alors je partirai et j'écrirai la musique à laquelle j'ai rêvé pendant toutes ces années.

INNOVATIONS : Pouvez-vous nous dire le processus par lequel le Volume 4 sera finalement publié ?

KNUTH : Je publierai ces soi-disants fascicules, de 128 pages chacun environ, à peu près deux fois par an. Ce sera des versions "beta-test" du livre final ; ils représenteront mes meilleurs coups, mais je suis sûr que les lecteurs seront capables de m'aider à apporter de nombreuses améliorations à l'édition finale. Le sujet est si vaste que je ne peux pas espérer que tout soit juste à mon premier essai. Charles Dickens a fait une chose similaire avec ses romans : il a publié des fascicules contenant les chapitres 1 et 2 avant d'avoir la moindre idée de la manière dont ses histoires se termineraient. De cette manière, il pouvait obtenir le meilleur retour de ses lecteurs.

Je vois mon rôle comme celui de porte-parole de nombreuses personnes qui développent des programmes ; j'essaie de présenter leurs découvertes d'une manière uniforme telle qu'un programmeur-de-la-rue qui ne lit pas le jargon scientifique avancé soit capable de les comprendre. J'ai passé 35 années de ma vie à rassembler une base de données de matériau et notes à propos de ces sujets, et je pense que mon point de vue (bien que biaisé) sera utile à de nombreux lecteurs ; c'est pourquoi j'espère avoir des lecteurs qui participeront et c'est pour cette raison que j'ai adopté cette stratégie des fascicules en prélecture.

INNOVATIONS : Qu'est-ce qui vous a inspiré pour démarrer ce projet ?

KNUTH : Il n'y avait pas vraiment de guide fiable de la littérature en 1962. J'étais la seule personne à ma connaissance à avoir lu la plupart des choses présentes dans les journaux même si je n'avais pas découvert encore beaucoup de choses par moi-même ; et j'aime écrire. Du coup, je pensais que je pourrais rendre compte d'une manière plus équilibrée et moins biaisée que les personnes qui avaient fait les découvertes les plus importantes. Bien sûr, après que j'aie commencé, j'ai découvert quelques choses par moi-même, ce qui fait que mon avis est maintenant aussi biaisé que celui de n'importe qui. Mais vous m'avez demandé quelle était mon inspiration en 1962. Et la réponse est : il y avait un énorme besoin d'un livre tel que *L'Art de la programmation des ordinateurs*, mais toute personne qui était capable de l'écrire aurait un point de vue extrêmement partial !

INNOVATIONS : Quel est d'après vous le défi le plus grand que les programmeurs ont à affronter aujourd'hui ?

KNUTH : La chose la plus difficile consiste à aller se coucher chaque soir, quand il y a tant de choses urgentes qui nécessiteraient d'être faites. Un écart énorme existe entre ce que nous savons être possible avec les machines actuelles et ce que nous avons été capables de faire jusque là.

INNOVATIONS : Qui a eu la plus grande influence sur votre carrière d'informaticien ?

KNUTH : Bien sûr, j'ai été influencé par des géants du domaine comme Dijkstra, Flajolet, Karp, Schönhage, Tarjan, Yao, ainsi que par de grands mathématiciens comme de Bruijn. Mais l'informatique, comme toutes les sciences, grossit principalement par des milliers de petites étapes plutôt que par quelques pas de géants. Du coup, je suis convaincu que le Grand Edifice de l'Informatique est construit principalement sur les pierres de fondations auxquelles ont contribué des milliers de personnes qui ne seront probablement jamais des membres de l'Académie Nationale des Sciences. Ca a été un grand plaisir pour moi d'apprendre d'eux et d'essayer d'intégrer leurs merveilleuses découvertes à un ensemble cohérent. Certains grands informaticiens n'écrivent jamais de papiers ; j'apprends leur travail soit lors de conversations

soit en lisant leurs programmes. Si seulement quelques “grandes influences” avaient été derrière mes livres, j’aurais fini de les écrire il y a de nombreuses années.

INNOVATIONS : Que pensez-vous de la guerre des langages avec C++, Java, etc. ?

KNUTH : Eh bien, quoi de neuf ? Il y a eu de telles batailles depuis que j’ai appris à programmer comme jeune lycéen en 1957. Les langages vont et viennent plus vite que je ne peux écrire des livres. C’est pourquoi j’ai choisi d’expliquer les algorithmes en anglais, pas dans le langage du moment. Les lecteurs apprennent beaucoup en convertissant de l’anglais vers leur langage favori ; *L’Art de la programmation des ordinateurs* met en lumière les choses qui sont indépendantes des langages. Peu importe que les langages de programmation soit “tendance”, vous avez besoin d’avoir de bonnes idées pour les exprimer dans ces langages. Si vous voulez que vos algorithmes soient pré-écrits, bien, mais alors mes livres ne sont pas écrits pour vous.

Vraiment, je suis extrêmement content de voir que le développement des langages continue, pas seulement parce que les langages de programmation deviennent du coup de mieux en mieux de nombreuses manières, mais aussi parce qu’un tel travail fait dépenser énormément d’énergie à de nombreuses personnes - et donc les informaticiens n’écrivent pas les papiers que sinon, je devrais lire, et mes livres peuvent être terminés bien plus vite.

INNOVATIONS : A part écrire les nouvelles éditions de *L’Art de la programmation des ordinateurs*, à quoi utilisez-vous votre temps en ce moment ?

KNUTH : Je nage avec plaisir, je joue d’instruments à claviers, et j’accepte des prix.

INNOVATIONS : Quelle a été votre première réaction lorsque vous avez appris que vous étiez récipiendaire du Prix Kyoto ?

KNUTH : C’est un formidable climax pour ma carrière, même si je reste persuadé que je suis capable de faire un travail bien meilleur et un travail meilleur chaque année. Cela me rappelle qu’un jour, je commencerai à “redescendre”, du coup, je ferais mieux de terminer le Volume 4 bientôt.

Traduction d'une interview de

DONALD E. KNUTH

Histoire orale 332

menée par Philip L. Frana  
le 8 novembre 2001  
à Stanford, Californie

Institut Charles Babbage  
Département d'Histoire du traitement de l'information  
Université du Minnesota, Minneapolis  
Copyright 2001, Institut Charles Babbage

Résumé : Donald E. Knuth est professeur émérite d'Art de la programmation à l'Université Stanford. Dans cette histoire orale, Knuth évoque un certain nombre de sujets du développement logiciel qui incluent les brevets logiciels, la programmation structurée et la collaboration. L'histoire orale de Donald Knuth contient des éléments concernant l'écriture de L'art de la programmation ainsi que d'autres sujets comme son éducation et son héritage luthérien.

FRANA : Merci beaucoup Don d'avoir accepté cette interview. Je dois dire qu'après avoir lu toutes ces interviews qui évoquent des sujets dont un informaticien parle rarement, j'étais tenté de simplement vous poser des questions tirées aléatoirement des 328 histoires orales que nous avons dans notre collection.

KNUTH : Bonne idée.

FRANA : Mais je suis venu avec une liste de questions dont je n'avais pas la réponse. J'ai rencontré Edsger Dijkstra au cours de l'été, et vous et lui semblez être, je suppose avec juste une poignée d'autres personnes, parmi les plus anciens meneurs en informatique. Je remarque en particulier que vous étiez tous deux consultants chez Burroughs ?

KNUTH : C'est exact..

FRANA : Ou bien des boursiers Burroughs ? Étiez-vous membre ?

KNUTH : Non, non. Je n'étais qu'un consultant pour Burroughs. L'histoire, c'est que je suis allé à l'université de CalTech - j'ai commencé mes études supérieures en 1960 - et pendant cet été-là, j'ai écrit un compilateur pour Burroughs. Nous pouvons en parler davantage si vous voulez. C'était un compilateur Algol qui était destiné à leur batterie d'ordinateurs, le 205. Et quand j'ai eu terminé cela, j'ai trouvé qu'ils avaient un très bon groupe de personnes dans la section Pasadena de Burroughs. L'équipe s'appelait Division des données Electro. Et j'avais des bourses de la National Science Foundation et de la Woodrow Wilson Foundation. Mais les bourses étaient assujetties à cette restriction que vous ne pouviez rien faire sans être un étudiant diplômé ; tu ne pouvais pas faire de conseil ni avoir aucun autre revenu. Donc j'ai décroché les bourses et travaillé pour Burroughs en tant que consultant. C'est ma

première relation avec l'informatique alors que j'étais étudiant en mathématiques à Stanford. Et à Burroughs, j'ai eu une merveilleuse relation avec les gens et j'ai travaillé avec des groupes sur des logiciels et sur des matériels. Et je pense que je pourrais avoir rencontré Edsger pour la première fois quand il est venu en visite au début des années 60, environ 62 ou 63, peut-être. Et puis je l'ai rencontré plusieurs fois lors de voyages en Europe. Mais il était aussi chez Burroughs, je suppose, mais il avait aussi et surtout une chaire à Eindhoven.

FRANA : Avez-vous écrit une série de livres blancs comme Edsger ?

KNUTH : Non. Il a cette série EWD 1 qui contient 2500 ou je ne sais combien...

FRANA : Une infinité...

KNUTH : Oui. Et je les ai maintenant sur un CD, ce qui est génial.

FRANA : D'accord. Et ils sont désormais également accessibles sur le Web.

KNUTH : D'accord. Mais il ne met pas d'index dans ses livres. Alors, quand certains écrits sur l'informatique sont sortis, on a réimprimé tout un tas de ces EWD, je devais lire tout ça pour savoir ce qu'il disait à propos de moi. Je ne pouvais pas simplement regarder dans l'index et rechercher les pages. Je me demandais quelle était son opinion à mon égard, parce que c'est un critique assez fervent de ce qu'il aime et n'aime pas, et c'est sa grande force. J'ai tendance à être un peu plus insipide à mon avis. [*rires*]. Alors, j'ai rencontré Peter Naur en 1967. Je me souviens précisément que nous ne nous connaissions que par le biais de publications et correspondance pendant qu'il était rédacteur en chef du Algol Bulletin. Et c'est un autre homme de goûts et d'aversion très forts, et d'opinions fortes. Et c'était intéressant parce que je travaillais sur l'*Art de la programmation des ordinateurs*, et je l'ai en quelque sorte, à cette époque, considéré comme un assez bon plan pour un programme d'études en informatique - si l'informatique venait à s'imposer comme discipline. Je pensais que mon livre passait en revue les sujets de base qui devraient être inclus dans les travaux informatiques. Et Peter Naur et moi avons tous les deux été invités à Trondheim pour prendre la parole. L'Université de Trondheim nous a invités un jour alors qu'ils essayaient de

planifier le curriculum. C'était au printemps de 1967, et ils nous avaient invités tous les deux à aller là-haut et à parler pendant une heure de ce que nous pensions être un bon aperçu pour leurs élèves. Et il s'est avéré que Peter et moi avions indépendamment le même schéma. Nous sommes donc devenus amis.

FRANA : Avez-vous inclus un cours sur les structures de données à ce moment-là ?

KNUTH : Oui, oui. Il a publié ces choses dans un petit livret. C'était seulement une esquisse. Il n'a jamais développé des choses aux frontières comme j'ai essayé de le faire. Mais il a structuré le terrain de la même manière et il a eu ce joli mot, qu'il a introduit dans la langue danoise, *datologi*, un concept qui a été appelé "science informatique" par défaut en Amérique.

FRANA : Maintenant, vous opposez-vous à cette expression de "Science informatique", aussi fortement que le fait Edsger ?

KNUTH : J'aime ça, en fait. Une rose est une rose. Les mots prennent leur sens en ce qu'ils signifient, pas vraiment par l'étymologie. Je veux dire, considérez la "mathématique". Ce mot a probablement été très mal choisi, mais maintenant tout le monde sait ce que sont les mathématiques. Donc peu importe le terme que vous employez, dès que les gens commencent à comprendre ce que le terme signifie. Je m'oppose à certains égards à "informatique", parce que je pense que cela met l'accent sur les données sur lesquelles les algorithmes travaillent, plutôt que sur les processus. Il semble que l'information soit plus statique que dynamique. Mais alors quoi ? Je serais également satisfait de ce terme. Et pour la même raison, je ne pensais pas que "datologie" était le mot optimal. En Suède, ils ont inventé le mot "dator" pour un ordinateur. Et c'était, je pense, un choix brillant. Mais la plupart du temps, les mots ne sont pas optimaux et simplement, nous nous arrêtons d'y penser après un certain temps. Nous ne réalisons même pas ce qu'était la signification originale.

FRANA : Maintenant, le département de l'Université d'Austin au Texas s'appelle Sciences de l'ordinateur, au pluriel.

KNUTH : Oh, d'accord. Le Texas doit être plus grand. *[rires]*

KNUTH : Je pense que le mot apparaît au pluriel à quelques endroits. Au Wisconsin peut-être... Mais il est au singulier ici.

FRANA : Trouvez-vous cela étrange ?

KNUTH : Non. Je pense simplement que c'est une bizarrerie de l'histoire.

FRANA : Trouvez-vous que les gens en Amérique soient a-mathématiques en général ?

KNUTH : Eh bien, il semblerait que les choses se passent certainement comme ça. Vous prenez tout sujet particulier qui vous intéresse et vous essayez de voir si quelqu'un l'a appris dans un lycée américain, et vous serez consterné. Vous savez, Jesse Jackson pense que les étudiants ne savent rien de la science politique, et je suis sûr que les chimistes pensent que les étudiants ne connaissent pas la chimie, etc. Mais d'une manière ou d'une autre, ils l'apprennent quand ils le doivent plus tard. Certainement, je dirais que les étudiants ont maintenant des notions plus superficielles en mathématiques qu'auparavant. Nous devons faire des corrections à Stanford que nous n'avions pas à faire il y a trente ans.

FRANA : Gio [Wiederhold] m'a dit à peu près la même chose.

KNUTH : La chose la plus scandaleuse a été que le cours de Stanford en algèbre linéaire n'a pas pu atteindre la notion de valeurs propres parce que les élèves ne connaissaient pas les nombres complexes. Maintenant, chaque cours à Stanford qui prend l'algèbre linéaire comme condition préalable le fait parce qu'ils veulent que les étudiants connaissent les valeurs propres. Mais ici, à Stanford, avec l'une des normes d'admission les plus élevées de toutes les universités, nos étudiants ne connaissent pas les nombres complexes. Nous devons donc les leur enseigner seulement quand ils arrivent à l'université. Oui, le système est définitivement en panne.

FRANA : Votre formation en mathématiques au lycée était-elle particulièrement bonne, ou est-ce que vous avez passé beaucoup de temps à faire des problèmes ?

KNUTH : Non, ma formation en mathématiques au lycée n'était pas bonne. Mes professeurs ne pouvaient pas répondre à mes questions et j'ai donc décidé d'aller en physique. Je veux dire, j'avais joué avec les mathématiques au lycée. J'ai fait beaucoup de travail comme dessiner des graphiques et tracer des points, et j'ai utilisé  $\pi$  comme la base d'un système de numération, et j'ai exploré à quoi ressemblerait le monde si vous vouliez faire des logarithmes et si vous aviez un système de numération basé sur  $\pi$ . Et j'avais joué avec des trucs comme ça. Mais mes professeurs ne pouvaient pas répondre aux questions que j'avais. J'avais prouvé que  $1 = -1$  ; et ils ne pouvaient rien voir de mal à cela. Et moi, j'ai pensé, eh bien, si  $1 = -1$ , ce n'est pas si bon. Mais j'ai adoré mon professeur de physique, et j'ai décidé de me spécialiser en physique de ce fait. Il a fallu attendre de passer ma deuxième année au collège pour réaliser que les mathématiques étaient vraiment importantes pour moi. Et c'était en partie par égoïsme. J'ai aimé le fait qu'avec les mathématiques, vous pouvez savoir qu'une réponse est correcte. Avec la physique, vous ne saurez jamais. Vous pourrez passer toute votre vie sans savoir si quelque chose que vous avez fait est bien. Avec les mathématiques, vous pouvez obtenir ce réconfort. Et donc pour le genre de personne que je suis, c'était bien. Dans mon livre sur la science et la religion, je souligne que je ne me préoccupe pas de certains mystères ; cependant, j'aime savoir quelques choses certaines. C'est donc ce qui m'a attiré dans les mathématiques. Je ne pouvais pas imaginer comment un astronome pourrait être content de simplement théoriser sur ce qui se passait sur des étoiles très lointaines. Il ne pourrait jamais y aller, voilà.

FRANA : Avez-vous une réponse ? Les étudiants américains sont-ils différents aujourd'hui ? Dans l'une de vos interviews, vous discutez du problème de la créativité par rapport à l'absorption brute des connaissances.

KNUTH : Eh bien, cela en fait partie. Aujourd'hui, nous avons surtout une culture sonore solide, un certain manque d'attention et on essaye d'apprendre à passer les examens.

FRANA : Oui, je me suis soudain rendu compte que vous aviez écrit plusieurs fois que les mathématiques sont rassurantes. Mais dans votre conférence du prix de Kyoto en 1996, vous dites quelque chose comme, "La mathématique appartient à Dieu."

KNUTH : Eh bien, c'était dans un contexte différent. C'était dans un

contexte de brevets ou quelque chose comme ça.

FRANA : D'accord, d'accord.

KNUTH : J'ai dit que vous ne revendiqueriez pas la propriété du numéro dix. Mais j'ai en fait réfléchi à de telles choses quand les chiffres grandissent.

FRANA : Quelle est votre opinion sur le brevetage de logiciels ?

KNUTH : Je suis contre les brevets logiciels sur toute idée si évidente que vous vous attendriez à ce qu'un étudiant typique l'invente. On doit pouvoir peut-être me persuader qu'il est normal d'avoir un brevet sur quelque chose de vraiment profond, comme un algorithme de point intérieur ou quelque chose de ce genre. Mais, certainement si je devais écrire le système TEX dans l'environnement d'aujourd'hui, je ne commencerais jamais, car j'aurais trop d'inquiétude sur le fait d'obtenir l'autorisation d'utiliser des centaines d'idées. Bien sûr, heureusement, nous avons intégré la plupart des algorithmes dans les logiciels avant de prendre cette décision stupide du brevetage. Mais je pense que de toute façon, les programmeurs de logiciel devraient être payés pour les services, la personnalisation, l'adaptation des programmes, pour les connaissances qu'ils ont sur la façon de maintenir les choses. Mais pas pour les algorithmes, pas pour les méthodes utilisées. Considérez l'analogie que j'ai faite avec le bureau des brevets. J'ai écrit une lettre ouverte au Commissaire aux brevets. J'ai dit que les algorithmes sont comme les mots pour l'écrivain, ou la jurisprudence pour les avocats. Que deviendrait la loi si à chaque fois que les avocats utilisaient la jurisprudence, ils devaient facturer des frais à d'autres avocats pour avoir cité leur précédent. Ce serait, je pense, très analogue à ce que les gens veulent pour les logiciels.

FRANA : Mais obliger un historien à payer un centime quand il cite le travail de quelqu'un d'autre dans une note de bas de page...

KNUTH : Ou si vous ne le citez pas, cela vaut un centime.

FRANA : Avez-vous un peu suivi le mouvement du développement de logiciels à l'étranger ?

KNUTH : Non, je reviens tout juste de Munich et la Commission européenne

analyse en ce moment toute la question des brevets logiciels. Donc ils m'ont demandé ce que j'en pensais. Et j'ai dit : "Eh bien, j'espère que vous n'allez pas y aller." J'ai été satisfait de ce que j'ai lu sur la Grande-Bretagne. Je pense que leur attitude est assez saine. Mais je suis la question de près. Concernant cela, je ne suis pas un croisé comme Richard Stallman. J'ai découvert que mes talents résident dans l'écriture de livres sur la programmation. Je peux parler aux gens lors de cocktails et dire : "Oh, oui, j'aime ceci ou je n'aime pas cela, mais je ne sors pas et ne fais pas de discours à ce sujet et tout ç. Stallman m'a encouragé à écrire une lettre ouverte à la Commission des brevets, une fois après une longue conversation téléphonique. Je cédaï à contre-cœur. Il pensait que cela ferait un peu de bien. Je doute que ce soit le cas, mais de toute façon, ce qui est fait est fait.

FRANA : Maintenant au-delà de la formation brute, plusieurs informaticiens dont j'ai parlé ont décrit des expériences mystiques. Y-a-t-il une espèce de chance pour l'esprit préparé ? Est-ce vraiment de cela qu'il s'agit ?

KNUTH : Eh bien, ce serait probablement la meilleure explication d'un point de vue rationnel. Je veux dire Poincaré parle de ces choses, et bien d'autres personnes le font également, comme Hadamard par exemple. Et vous obtenez ce moment Eureka. En quelque sorte, tout d'un coup, vous savez que quelque chose fonctionne. Et c'est généralement le cas.

FRANA : La raison pour laquelle je demande cela, c'est que nous sommes assis dans cette salle ; évidemment, en audio, je ne peux pas décrire complètement la pièce, mais il y a un tapis à poils longs avec des motifs sur le sol, et vous avez des photos sur le mur.

KNUTH : C'est une sorte de pièce psychédélique.

FRANA : Oui, c'est multicolore. Il y a de très nombreuses ampoules, seize environ, rien qu'au plafond. Est-ce que cela vous inspire ?

KNUTH : Non, non. Nous n'avons pas beaucoup utilisé cette pièce en fait, mais nous voulions faire quelque chose de différent. Nous aimions l'idée d'avoir différents types d'espaces dans notre maison, pas seulement des chambres beiges. Et donc quand nous avons vu ces grands tapis en Norvège, nous sommes tombés amoureux d'eux et nous avons pensé : "Comment pouvons-

nous les utiliser à la maison ? “ Nous avons également expérimenté les panneaux de cuivre ici et des choses comme ça. Mais cette salle n’a jamais répondu à ces attentes. Les lumières allumées en question, on peut les rendre plus sombres ou plus lumineuses.

FRANA : Je pensais que c’était peut-être une salle d’idées.

KNUTH : Oui, eh bien, ce serait bien d’avoir une salle d’idées. Mais hier soir, j’ai eu une idée dans une autre pièce - pendant que je mettais la table de la salle à manger. C’était une idée stupide, mais je pourrais aussi bien vous la dire. Dans la partie de mon livre que j’écris en ce moment, l’un des exemples que j’utilise pour les algorithmes est un puzzle appelé “cryptarythme” où vous avez des mots, puis vous les ajoutez ensemble, puis vous substituez des chiffres pour les lettres, et ça marche. Alors que je mettais la table hier soir, je me suis dit que je devrais essayer “KNIFE+FORK+SPOON=DINNER”<sup>1</sup>. J’ai réalisé en un éclair que ces les mots ne comportent que dix lettres, parce que, vous savez, la lettre “K” est utilisée dans les deux “KNIFE” et “FORK” et ainsi de suite. Vous comptez donc et il n’y a que neuf lettres différentes entre “KNIFE” et “FORK” et “SPOON”, laissant de la place pour une lettre supplémentaire. Mais de toute façon, alors que je mettais les couverts sur la table, vous savez, je pensais aux cryptarythmes. Et donc je monte vers mon ordinateur et j’essaye. Malheureusement, “KNIFE + FORK + SPOON = SUPPER” n’a pas de solution. J’ai donc ajouté “SOUP”. Et alors, il y a exactement une solution ; c’est parfait ! Une autre variante, “KNIFE + FORK + SPOON = DINNER” avait deux solutions donc ce n’était pas si bon. J’ai pensé à ces cryptarythmes parce qu’ils enseignent des leçons intéressantes lorsque vous essayez différents algorithmes. Vous pouvez trouver une solution de la manière “brutale” où vous passez par toutes les permutations possibles des lettres par rapport aux chiffres aussi vite que vous le pouvez. Il y a trois millions et demi de permutations, mais si vous ne dépensez que cinq instructions machine sur chacune, il faut beaucoup moins qu’une seconde pour les essayer toutes. Sinon, vous pouvez être plus intelligent, et vous pouvez commencer à travailler de droite à gauche. Vous savez, d’abord les chiffres des unités, que vous devez vérifier, puis vous déterminez s’il y a une retenue, puis si le chiffre des dizaines va bien. Et en travaillant de droite à gauche, vous n’avez pas à passer par les 3,5 millions de permutations, vous n’aurez

---

1. COUTEAU + FOURCHETTE + CUILLÈRE = SOUPER.

peut-être qu'à passer par quelques milliers. Hier, j'avais joué avec d'autres idées ; dans la journée, j'ai écrit un programme pour une méthode de gauche à droite. Quelques choix à gauche sont impossibles : vous savez, vous ne pouvez pas faire de cette lettre un neuf parce que ce serait trop grand. C'était donc dans ma tête hier, ces cryptarythmes. J'en ai inventé quelques-uns qui sont vraiment amusants et qui seront dans mon prochain livre, vous pouvez le vérifier.

FRANA : D'accord. Ce type de résolution d'énigmes remonte à votre enfance. Vous êtes resté à la maison pendant quelques semaines au lieu d'aller à l'école. Il y avait un concours, non ?

KNUTH : Oui, quand j'étais en huitième année. Vous avez l'air d'avoir fait beaucoup de recherches sur moi. C'est impressionnant ! Je suis resté à la maison à l'époque parce qu'il y avait un concours parrainé par la Société Zeigler et ils avaient demandé : "Combien de mots pouvez-vous faire à partir des lettres du nom Zeigler Bar Geant ? J'ai réalisé que si je prenais un dictionnaire non abrégé, il y avait un assez bon moyen de le parcourir, sachant que j'allais seulement utiliser au plus trois mots, et des choses comme ça. Mais je n'aurais jamais à regarder la plupart des parties du dictionnaire. Par exemple, les mots n'avaient pas de C, donc je n'avais pas besoin de chercher dans les C et ainsi de suite. C'était un projet sur deux semaines. J'ai parcouru toutes les parties pertinentes du dictionnaire et j'ai obtenu une liste complète de mots. J'avais plus de deux fois plus de mots que les juges n'en avaient sur leur liste principale. Et j'ai oublié d'utiliser l'apostrophe.

FRANA : Avec l'apostrophe, vous en auriez trouvé encore plus.

KNUTH : Oui, à droite, pour des mots comme...

FRANA : Je veux revenir en arrière et vous poser des questions sur la programmation des langues. Vous avez mentionné que vous avez travaillé sur les compilateurs Algol pour Burroughs ?

KNUTH : Les compilateurs Algol, oui, c'est vrai.

FRANA : Pourquoi Algol 60 n'a-t-il jamais marché ?

KNUTH : Eh bien, FORTRAN était très fort. Les gens pensaient qu'ils devaient faire un gros investissement dans ce langage et ils ne se rendaient pas compte qu'ils allaient devoir changer leurs programmes encore et encore tout le temps. Mais ce n'était qu'une des raisons. La raison la plus importante était probablement que FORTRAN était plus achevé. Algol manquait d'un bon moyen d'obtenir une sortie agréable et lisible. Il n'a jamais fait partie de la norme. Il n'a jamais été considéré comme permettant une vraie programmation pour traiter les problèmes d'entrées / sorties. Et FORTRAN proposait quelque chose qui fonctionnait. Ce n'était pas élégant, mais ça existait. Et comme Algol n'a pas bien répondu à cela, je pense que ça a été l'un des principaux obstacles à l'époque. Donc Algol n'a jamais eu assez d'élan pour le porter.

FRANA : Algol 68 a-t-il insisté là-dessus ?

KNUTH : Algol 68 n'a pratiquement jamais été implémenté dans un bon compilateur. C'était un langage énorme. C'était trop compliqué d'y consacrer beaucoup de temps.

FRANA : Y avait-il un problème tel que "Trop de cuisiniers goûtent le bouillon ?"

KNUTH : Ils avaient un grand comité ; mais c'était vraiment Adriaan van Wijngaarden qui a géré les coups de feu sur Algol 68, ce n'était donc pas la raison. C'était un projet trop ambitieux, tout comme PL / I. Juste faire face à 300 pages de description du langage, je veux dire, vous ne pouvez pas le faire. Donc, Niklaus Wirth est venu avec Pascal, qui était alors très attrayant pour les gens qui voulaient un langage propre et qu'ils pourraient comprendre.

FRANA : J'entends beaucoup de gens se plaindre de la programmation structurée, et pourtant, beaucoup de gens pensent que c'est un sujet important.

KNUTH : La programmation structurée est importante, bien sûr. J'ai écrit un long paragraphe sur la programmation structurée. Ça s'appelait, "Programmation structurée avec Go To Statements", et dans cet article j'avais en quelque sorte cinquante co-auteurs, parce que j'ai incorporé un grand nombre de commentaires de personnes partout dans le monde à qui j'avais distribué le document avant sa publication. Et j'ai essayé de montrer les points forts

de la programmation structurée ainsi que ses points faibles. Le débat portait sur la question de la forme par rapport au fond. Beaucoup de gens pensaient que la programmation structurée signifiait simplement que vous avez limité votre programmation à ne pas utiliser certaines fonctionnalités. Et je détestais cela, juste la façon dont Hilbert détestait les mathématiques intuitionnistes, qui dit que vous ne pouvez pas utiliser le tiers exclus lorsque vous faites une preuve mathématique. Eh bien, je ne voulais pas être menotté avec des interdictions de toutes ces fonctionnalités dont personne n'avait jamais pu abuser, parce que l'idée circulait parmi les gens que telle ou telle instruction est à "considérer comme nuisible". Vous savez, Edsger a dit que le Go To doit être considéré comme nuisible ; et il est nocif, si vous en abusez. Mais j'ai fait un catalogue de toutes les erreurs que j'ai trouvées dans TEX, et 3 ou 4 % des erreurs étaient dues à une mauvaise utilisation d'instructions Go To, et 3 ou 4% des erreurs étaient dues à une mauvaise utilisation des variables globales, et 2-3-4 pour cent des autres étaient dus à une mauvaise utilisation des déclarations if / then, etc. Donc, si vous abolissez tout ce que je n'ai pas utilisé correctement à un moment donné du programme, vous devez retirer toutes les fonctionnalités du langage. Mon point de vue était que structurer la programmation était une merveilleuse révolution, car cela nous a appris à penser à un programme comme ayant une certaine structure et nous a donné quelques moyens intellectuellement gérables pour faire face à la complexité. Mais les gens attaquaient le style uniquement.

FRANA : Vous appeliez donc à l'élégance.

KNUTH : J'appelais à la compréhension et à la possibilité d'avoir un moyen de comprendre l'objectif, que les abolisseurs de Go To avaient tendance à oublier. Mais en réalité, une instruction Go To est analogue à une instruction d'affectation. Une affectation est une instruction qui donne à une variable une nouvelle valeur et une instruction Go To est une instruction qui donne au programme de contrôle une nouvelle valeur. Et ces deux concepts sont non triviaux et doivent être compris. Je pense que c'est Menabrea qui a demandé à Charles Babbage "Et si vous voulez aller à cette partie de votre programme?" et Babbage n'avait pas la moindre idée de ce dont parlait Menabrea. C'est donc un concept non trivial pour attribuer une nouvelle valeur au contrôle. Cela signifie logiquement que vous avez une certaine abstraction, qui correspond à ce que signifie être à ce point dans le contrôle. Si vous n'avez pas une bonne signification abstraite pour cela, alors vos instructions

Go To sont très susceptibles de vous causer des ennuis parce que vous allez peut-être dans des endroits où les abstractions entrent en collision les unes avec les autres. C'est pourquoi il était très dangereux de les utiliser sans discipline. Mais je trouve encore que dans certaines circonstances, lorsqu'il est utilisé correctement, un Go To est mieux qu'un simple truc. Tout simplement parce que lorsque quelqu'un considère quelque chose comme un péché mortel, cela ne me convainc pas. C'est comme le mouvement de croissance démographique zéro : l'objectif n'est pas vraiment d'avoir une croissance démographique nulle ; l'objectif est d'améliorer la qualité de la vie des personnes. Mais ils substituent un objectif quantitatif à l'objectif qualitatif, et c'est comme voir la programmation structurée uniquement comme un type et non comme un programme, ce qui est stupide, et je suis sûr que Edsger ne voulait pas le dire de cette façon du tout. Je dois cependant vous raconter une petite blague. En fait, j'ai donné une conférence à Eindhoven au début des années 70, et j'écrivais un algorithme au tableau ; c'était un algorithme pour la correspondance de motifs dans les chaînes de caractères. Quand je suis arrivé vers la fin, j'ai dit : "Oh, Edsger, est-il permis de dire "Allez dans cette pièce?"" Il a dit : "Je l'ai vu venir." *[rires]*

FRANA : J'ai négligé de vérifier cela avant de venir ici, mais étiez-vous aux conférences de Garmisch ou de Rome sur le génie logiciel ?

KNUTH : Non.

FRANA : Je n'ai pas encore vérifié l'index pour voir.

KNUTH : Non, j'ai arrêté d'aller aux conférences. C'était trop décourageant. La programmation informatique devient de plus en plus difficile car plus de choses sont découvertes. Je peux faire face à l'apprentissage d'une nouvelle technique par jour, mais je ne peux pas en apprendre dix à la fois en une journée. Les conférences sont donc déprimantes ; cela signifie que j'ai tellement beaucoup plus de travail à faire. Si je me cache la vérité, je suis beaucoup plus heureux.

FRANA : Je suis tout à fait d'accord avec vous. Souvent lorsque je vais à une conférence, je vois une présentation et puis je pars travailler par moi-même.

KNUTH : Eh bien, pour chaque journée passée à une conférence, j'ai besoin

de cinq ou six jours pour rattraper après. Bien sûr, c'est agréable de revoir de vieux amis, mais j'ai été là et j'ai fait cela au milieu des années 70.

FRANA : La notion d'ingénierie logicielle, était-ce une expression malheureuse ?

KNUTH : Beaucoup de gens aiment certainement cette expression et la trouvent inspirante. Je ne sais pas. Je n'ai jamais été enthousiasmé par l'idée de métriques logicielles, qui était l'un des piliers du génie logiciel. Parce que les gens pensaient que c'est d'une discipline d'ingénierie dont nous avons besoin pour mesurer les choses. Tu penses, "eh bien, tout ce qui fonctionne pour une branche de l'ingénierie va être utile pour les autres" et tout ce que nous devons faire, c'est de nous ressaisir et d'être plus disciplinés à ce sujet et puis les problèmes seront plus faciles. Mais je pense qu'il n'y a pas de voie royale vers la programmation. C'est l'une des plus grandes perspectives d'Edsger que de comparer la quantité d'effort intellectuel qui va dans les programmes informatiques, par rapport à d'autres types d'activités humaines. En physique, les choses échouent, mais elles échouent lentement ; elles échouent en douceur. Mais avec la logique, il n'y a pas de continuité ; ça va juste mal et tout est en désordre. C'est tout autre chose. Il y a beaucoup de grandes réalisations - vous savez, construire un énorme avion est une réalisation époustouflante, faire un film comme *Blanche-Neige et les Sept Nains* est une réalisation extraordinaire, toutes sortes de choses - envoyer des gens sur la lune - nécessitent une coopération massive de nombreuses personnes, etc. Pourtant, ces réalisations sont différentes de ce qui se passe lorsque vous avez dix millions de lignes de programme. Et donc le génie logiciel espère changer cela en faisant ces lignes de code beaucoup plus comme la physique, de sorte qu'elles échouent en douceur ou quelque chose comme ça et il y a toutes sortes de redondance. En fait, ça aide un peu, mais cela n'atteint pas l'objectif.

FRANA : Vous vous retrouvez avec un ensemble de problèmes différents ?

KNUTH : Vous repoussez le problème, oui, vous le repoussez simplement sur les genoux de quelqu'un d'autre. Ça ne vous donne pas le... C'est très tentant de penser que si nous enseignons à tout le monde comment utiliser correctement les déclarations, on sera en mesure de proposer des programmes qui font des choses subtiles. Eh bien non. Il faut réfléchir dur et il y a quelques

lignes - il y a une déclaration - si je devais facturer le programme TEX, il y a une déclaration qui est passée par douze révisions, et j'ai dû y réfléchir très dur un certain temps. Pour cette déclaration, je dirais : "D'accord, payez-moi pour celle-là." Mais je ne connais aucune technique de génie logiciel qui m'aurait amené à ce niveau sans une certaine angoisse. Voilà ce qui se cache dans mes commentaires. Il n'y a pas de boules magiques.

FRANA : Cela ressemble beaucoup à quelque chose que Duane Whitlow m'a dit à propos de SyncSort. Il y a cette seule ligne, dit-il, c'est vraiment la ligne qui m'a fait me poser le plus de questions, et la ligne sur laquelle j'ai dû travailler le plus.

KNUTH : Vous l'avez interviewé alors ?

FRANA : Il était en fait un des participants du Xerox PARC l'année dernière, cette conférence durant laquelle on a discuté de l'histoire de l'industrie des produits logiciels. Il a donné un papier.

KNUTH : Oh, d'accord. C'était donc l'un des brevets ? Oui, j'ai finalement découvert...

FRANA : Étiez-vous dans le public là-bas ?

KNUTH : Non, non, mais j'ai eu à le joindre. Je veux dire que j'essayais de découvrir ce que le L. représentait dans Duane L. Whitlow, et je suppose que c'est Leroy, de toute façon, puis j'ai voulu savoir s'il fallait mettre le R en majuscule. J'ai finalement pris contact avec lui, mais je ne l'ai jamais rencontré, non. Mais j'ai aimé l'idée de SyncSort, dont j'ai parlé dans le volume 3 il y a quelques années.

FRANA : Que pensez-vous de la "physique des logiciels" ?

KNUTH : Je ne sais pas ce que c'est.

FRANA : C'est une idée de Ken Kolence.

KNUTH : Je n'en sais rien. Mais je pense qu'il cherche un balles magique.

FRANA : Ça n'existe tout simplement pas ?

KNUTH : Non, ça pourrait exister, mais ça n'existe pas dans mon univers. Je sais ce que je suis bon dans mon domaine étroit. Je ne dis pas que tous dans le monde devraient être comme moi. Je sais seulement que tout ce qui procède comme je le fais est en bonne corrélation avec le fait de faire faire de bonnes choses aux ordinateurs. Mais il y a beaucoup des gens qui ne me ressemblent pas et qui n'aiment pas les analogies que j'aime. Et si j'essaie de leur expliquer quelque chose, ils diront : "Oh, c'est beaucoup plus facile si vous comprenez et faites cela en fonction de la loi de la thermodynamique ou quelque chose du même style. D'accord, mais cela entre par une oreille et sort par l'autre pour moi. Donc quand vous dites "physique du logiciel", ça me semble provenir de ce type qui a cette autre façon de voir le monde. Sa voie pourrait être meilleure que la mienne, mais ce n'est pas ma manière de voir, et je doute que je puisse y contribuer d'une manière ou d'une autre.

FRANA : Pour changer un peu de direction, et pardonnez-moi si je me trompe, mais j'ai lu ou entendu qu'à Stanford, pendant la guerre du Vietnam, vous avez rejoint les manifestants. Est-ce correct ?

KNUTH : Eh bien, un jour, Bob Floyd et moi nous sommes assis devant le bâtiment d'informatique, en nous joignant aux étudiants qui faisaient des piquets de grève. C'était quand Nixon avait envahi le Cambodge. Nous avons dit : "Eh bien, c'est une sorte de dernière goutte. Nous ne pouvons pas continuer à faire comme d'habitude." Bien qu'en fait, nous parlions entre nous d'algorithmes de tri. Et Bob et moi, en fait, inventions des réseaux de tri alors que nous étions assis là. Mais nous étions à l'extérieur du bâtiment parce que nous voulions être comptés dans les statistiques des gens qui disent telle ou telle chose, beaucoup de gens ont protesté aujourd'hui. Et les actions du gouvernement nous semblaient juste outrageuses. En général, je prends rarement position sur quoi que ce soit, mais je fais en sorte que lorsque j'agis, mon action exceptionnelle soit significative. Ce n'est pas comme si j'y allais à chaque souffle de vent.

FRANA : Vous avez également dénoncé SDI dans les années Reagan, n'est-ce pas ?

KNUTH : Je ne l'ai pas fait. Seulement en privé. Je ne pense pas avoir jamais

pris position publiquement à propos de ça.

FRANA : Ça doit être une conversation que j'ai eue avec quelqu'un à l'époque.

KNUTH : Je pense que toute personne qui savait quoi que ce soit sur les programmes de fiabilité était contre le SDI. Je n'étais pas exceptionnel à cet égard, c'était simplement un gâchis.

FRANA : Vous savez que Gio [Wiederhold] à Stanford a fait beaucoup de recherche sur les missiles ?

KNUTH : Je ne l'ai jamais su.

FRANA : Oh, tu ne le savais pas ? C'était son premier travail. Il a passé beaucoup d'années sur ces problèmes.

KNUTH : Je savais seulement qu'il était entré en médecine.

FRANA : Des fusées à combustible liquide, je suppose.

KNUTH : Oh, d'accord.

FRANA : Est-ce un problème ? Trouvez-vous cela troublant rétrospectivement, les recherches sur la guerre froide que les informaticiens ont faites ?

KNUTH : Eh bien, j'ai une expérience très limitée avec cela. J'ai passé un an travailler à l'IDA en cryptographie et toutes les personnes que j'ai rencontrées là-bas étaient engagées à fournir du bon travail. Je n'avais pas de retours sur ce que mes collègues là-bas faisaient. Je savais aussi qu'il n'était pas naturel pour moi de garder des secrets. J'étais le genre de personne qui veut être professeur et qui veut tout apprendre aux étudiants, alors qu'en travaillant pour eux, je n'étais pas autorisé à dire à ma femme ce sur quoi je travaillais. Tu sais, je ne lui en ai toujours pas parlé. Je n'aimais pas être dans cette situation. J'ai donc pensé que c'était une année de service national, et que je partirais - non pas parce que je n'aimais pas le travail, c'était juste parce que je savais que ma propre contribution serait meilleure dans quelque chose où je ne dois pas garder le secret.

FRANA : Eh bien, passons à quelque chose de plus amusant. Vous et John von Neumann, Leo Szilard et plusieurs autres personnes êtes tous des luthériens.

KNUTH : Attendez une minute. Je ne peux pas le croire. John von Neumann ? Es-tu ...

FRANA : John von Neumann est allé dans un lycée luthérien.

KNUTH : Non. Je pensais qu'il était... d'accord, il n'est pas juif ? Tu sais, j'ai rencontré son frère Nicholas.

FRANA : Non, il n'est pas luthérien, mais il était élève au lycée luthérien de Budapest.

KNUTH : Oh, je ne le savais pas.

FRANA : Et je me demande s'il y a quelque chose de luthérien dans la science informatique.

KNUTH : C'est une question à laquelle il est très difficile de répondre. Ce serait comme dire : oh, une certaine quantité de gens boivent du lait pasteurisé quand ils sont jeunes, je ne sais pas. Je doute qu'il y en ait. Luther défend l'idée d'une activité intellectuelle indépendante. Dans la religion, il voulait que sa tête et son cœur soient là et non... il ne voulait pas être détaché de la logique, puis juste devenir... juste dire qu'il mérite d'être sauvé parce qu'il peut croire le plus de choses impossibles. Il a dit... non... continuons d'interroger les choses. Et c'est sûr qu'il y a des corrélations. Mais je ne dirais pas que les luthériens sont en avance sur les presbytériens, ou les musulmans, ou quoi que ce soit.

FRANA : J'ai aussi été élève dans un lycée luthérien, et c'était aussi mon impression, que Luther était un érudit et que c'était une bonne chose.

KNUTH : Oui, je viens d'une tradition où l'on peut remettre en question les choses. Mais alors, vous avez aussi ceci, "J'ai la foi", et votre conscience, et ainsi de suite. Et c'est très bien. Mais je dirais que la façon principale dont

ma foi intervient dans mon travail scientifique est le modèle que Dieu sait ce que je pense. Donc je ne ressens pas de besoin d'intimité comme le font beaucoup de gens. Dans un certain sens, je ne pense même pas avoir de vie privée. Malheureusement, Edsger a eu de très mauvaises expériences avec la religion dès le début ; il est devenu très sensible à ce sujet par la négative.

FRANA : Nous n'en avons jamais parlé.

KNUTH : Eh bien, bien. Il a insulté un de mes étudiants une fois parce que le gars parlait de programmation et Edsger a dit : "Vous êtes catholique ?"

FRANA : Wow. Avait-il raison ?

KNUTH : Oui, mais bien sûr qu'il l'était, le gars était français. Mais Edsger pensait qu'il y avait quelque chose de catholique dans sa façon de programmer, ce qui n'avait aucun sens. Quand j'ai écrit le livre 3 : 16, j'ai découvert à ma grande surprise que certaines personnes avaient des sentiments vraiment amers à l'égard de l'Eglise à cause de quelque chose qui leur était arrivé avec leurs parents, ou autre chose. Et c'était un aspect que je n'avais tout simplement pas connu auparavant. Plusieurs dizaines de personnes avec des antécédents différents se sont portés volontaires pour lire le premier projet de ce livre. J'avais donc des athées, qui écrivaient des lettres de dix pages, faisaient des commentaires sur le travail, car ils étaient également intéressés par les idées, mais ils m'ont également écrit des éléments de leur histoire et j'apprenais d'eux. Et Edsger a définitivement réagi contre la religion ; contre la religion organisée de toute façon. Mais je vais essayer de vous expliquer de quelle manière mon éducation religieuse a vraiment interagi avec ma vie scientifique. Et je pense que ce n'était pas parce que j'ai eu les meilleurs professeurs de sciences, ou des choses comme ça. Mon éducation religieuse m'a donné le sentiment de faire partie d'un mouvement mené par Dieu de l'univers ; cela a affecté les modèles que j'ai de ma propre vie d'une manière qui a probablement eu un certain effet. Je doute que cela me rende meilleur programmeur, ou pire programmeur. Cela affecte simplement quel type de programmeur je suis ; vous savez, je ne pense pas que je serais apte à faire un excellent travail en cryptographie parce que je ne suis pas assez sournois pour comprendre les attaques que quelqu'un pourrait faire, et aussi parce que je ne suis pas si convaincu que ça que j'ai besoin de secret.

FRANA : Vous acceptez la bonté fondamentale de la plupart des êtres humains ?

KNUTH : Eh bien, oui.

FRANA : Vous avez de l'espoir ou de la foi, je suppose.

KNUTH : Je peux comprendre la nécessité d'un faible niveau de sécurité, mais je ne peux pas être très facilement convaincu que la cryptographie forte est importante. Et peut-être que je pourrais, peut-être que je ne pourrais pas, mais de toute façon, à cause de ma nature basique, je ne pense pas que je suis apte à être une personne de haut niveau dans ce genre de travail.

FRANA : Maintenant, la raison pour laquelle je vous ai posé des questions sur Luther et l'informatique est qu'il y a une longue histoire des métiers de l'imprimerie dans la foi luthérienne. C'est l'histoire de la manière dont ils ont communiqué la Réforme aux gens.

KNUTH : Oui, c'est vrai.

FRANA : Cela a-t-il eu un impact sur votre décision de faire de la typographie numérique ?

KNUTH : Cela aurait pu être implicite parce que mon père travaillait beaucoup avec le domaine de l'impression.

FRANA : Oh, il l'a fait ?

KNUTH : Il a fait beaucoup de tels travaux pour toutes les églises autour de Milwaukee. Mon père avait une machine de miméographie à la maison et il faisait les programmes pour des événements spéciaux et ce genre de choses.

FRANA : Vous voulez dire des programmes de type dépliants, pas des programmes informatiques ?

KNUTH : Oui. C'est vrai. Je dois faire attention. Vous avez raison. Et des programmes musicaux, surtout pour les chœurs, et des choses comme ça ; il passait beaucoup de temps en fabrication à la main de matériaux à faible

coût pour chœurs. Et ce n'était pas de la haute technologie du tout que ces travaux d'impression. C'était à peu près le genre de travaux que vous faites quasiment à perte. C'était une mission pour lui ; ce n'était pas un moyen de gagner de l'argent. Il faisait ce travail mais il n'en a pas fait de profit. Il l'a fait comme service. En réalité, il a appelé ça "service", Erv's Service. Son nom était Ervin.

FRANA : Comment était votre père ? Je n'ai jamais lu aucun récit le concernant, si ce n'est qu'il était organiste.

KNUTH : Oh, c'était un bon cuisinier, un professeur charismatique, un directeur de chœur, et il avait un bon sens de l'humour. Il faisait tout avec beaucoup de responsabilité et a travaillé dur pour faire beaucoup de choses différentes. Il était trésorier du lycée luthérien, et il payait les professeurs de sa poche si l'argent du budget n'était pas là. Et il prenait cette responsabilité très au sérieux. Il s'est mis au service de la population locale, ou des gens du monde. Je ne fais pas autant pour mes propres amis qu'il a pu le faire. Il a tout fait pour ses amis. Mais il y a des gens en Russie, en Pologne et en Chine qui m'écrivent tout le temps en me remerciant pour ce que j'ai fait. Et ma vie est complètement différente de celle de mon père, parce qu'il était le genre de personne qui n'a jamais voulu se faire un nom. Il était très heureux de savoir qu'il y avait une centaine de personnes, des amis proches, dont il améliorait leur vie et c'est tout. Mais moi, je reçois de la gloire pour des choses qui ne prennent pas plus de temps, mais qui se trouvent juste être connectées d'une autre façon.

FRANA : La région de Palo Alto, cependant, n'est pas comme Milwaukee non plus.

KNUTH : Non. C'était le genre de gars qui fait vibrer l'Amérique. Il était vraiment l'un des rouages bien huilé qui fait fonctionner les choses. Tout ce qui devait être fait, il le faisait. Et ma maman est très similaire.

FRANA : Elle est toujours en vie ?

KNUTH : Elle a 89 ans maintenant.

FRANA : Votre père a-t-il aussi vécu jusqu'à un âge avancé ?

KNUTH : Non. Je pense qu'à son décès, il était plus jeune que moi maintenant, 63 peut-être, je pense, 62. Il est décédé très soudainement. Mais ma maman n'est toujours pas à la retraite. Elle travaille dans l'immobilier au centre-ville de Milwaukee. Et tous les deux faisaient toujours du bénévolat et diverses choses. Pas le genre de chose qui est acclamée. L'éducation luthérienne était vraiment l'objectif principal de mon père dans la vie. Et il avait été au collège à River Forest à Chicago, puis est devenu professeur en école élémentaire à Milwaukee, puis il est allé au lycée là-bas. Il considérait l'éducation comme une mission qui pouvait être accomplie dans une atmosphère aimante.

FRANA : Oui. Maintenant, vous avez choisi de compartimenter votre foi luthérienne, du moins au début. Était-ce par choix ?

KNUTH : Je ne comprends pas ce que vous voulez dire.

FRANA : Vous étiez "luthérien" le dimanche matin.

KNUTH : Oh, dans ce livre, j'ai dit...

FRANA : Je pense que c'est le mot que vous avez utilisé, "compartimenté".

KNUTH : Eh bien, j'ai utilisé le mot quand quelqu'un m'a posé une question concernant Bill Clinton. Mais j'ai dit cela parce que c'était juste, vous savez, que c'était un mot à la mode. Je dirais que quand j'étais jeune, j'étais à peu près moi-même à tous égards. J'étais une machine à faire des tests. J'ai appris les sujets afin que je puisse passer des examens. Mais je n'étais que dans des choses quantitatives ; quant à ce qui concerne les questions d'élégance, de beauté, et de grande littérature, et de telles choses, je ne connaissais pas tout ça... j'étais... comment diriez-vous cela ? J'ai été défié par le développement dans ces domaines jusqu'à ce que j'aie peut-être 30 ans. Et puis j'ai commencé à lire de grands livres, et à comprendre et vraiment apprécier la bonne musique. Avant ça, je savais faire plaisir à mon professeur et je pouvais fournir la bonne formulation, mais je n'avais pas cette âme. Mais quelque chose m'est arrivé alors que j'étais plus âgé.

FRANA : Qu'est-il arrivé ?

KNUTH : Je n'en ai aucune idée. Peut-être que j'étais trop occupé ou quelque chose comme ça. En tous cas, dans tous les aspects de ma vie, j'ai essayé d'obéir aux règles. Et je pense que j'ai toujours eu un complexe d'infériorité. À certains égards, je dirais bien, peut-être, que je dois prouver que je peux le faire. Au fond de moi, je savais que j'étais beaucoup plus intelligent que les gens ne le pensaient, mais j'essayais toujours de faire mes preuves, et je ne faisais pas des trucs parce que je voulais les faire, je les faisais parce que j'étais censé les faire. Non pas que je détestais faire le travail ; j'étais simplement respectueux. Et donc s'il était temps d'étudier les mathématiques, j'étudiais les mathématiques. Ainsi, j'agissais donc plutôt de façon mécanique. Et c'est plus tard que j'ai commencé à voir la partie plus émotionnelle de la vie. Qui sait pourquoi ? C'est probablement ma femme qui m'a donné ça.

FRANA : Où l'avez-vous rencontrée ?

KNUTH : Nous étions tous les deux étudiants. J'étais à Case et elle était à Reserve, et je sortais avec sa colocataire et nous sortions parfois ensemble. Et j'ai découvert qu'elle était une personne plutôt sympa. Alors je suis allé lui parler un jour de certains problèmes que je rencontrais avec sa colocataire. Et elle a donné de si belles réponses que j'ai décidé que je l'aimais mieux.

FRANA : La plus vieille histoire du monde. Sortez avec la colocataire et trouvez l'autre plus attrayante.

KNUTH : Oui. Elle avait un an de retard sur moi à l'école. Mais nous avons passé beaucoup de temps dans les bibliothèques à étudier ensemble parce que nous avons constaté qu'il y avait beaucoup de sujets dont nous aimions parler.

FRANA : Je voudrais vous poser quelques autres questions sur la technologie numérique avant de nous éloigner trop de cela. Il y a cette tentative de commentaire que vous faites dans l'un de vos livres, qu'une bonne typographie aide à écrire de bons programmes, ou de meilleurs programmes. Qu'est-ce que vous entendez par là ?

KNUTH : Je ne sais pas si j'ai dit cela au sujet des programmes... [*marque une pause*] Mais certainement, l'une des idées globales de la programmation structurée est que vous devez être capable de comprendre un ensemble

compliqué : “Quel est le programme.” Vous avez donc besoin de quelques aides pour aboutir à cette compréhension, et la typographie fait partie de ces aides. Avec une bonne typographie, vous pouvez percevoir la structure, au lieu d’imaginer le texte comme une chaîne chaotique de caractères. C’est beaucoup mieux lorsque ces caractères sont disposés sur une page d’une manière raisonnable. Donc, la typographie est en partie l’arrangement de ces choses, vous savez, comme l’indentation par exemple. Des choses qui sont soulignées ou des choses qui sont, vous savez, en petits caractères ou en italique. Et sans cette typographie, l’impact est négatif sur la façon dont je peux percevoir ce qui se passe.

FRANA : Dont je peux percevoir l’intégralité d’un document.

KNUTH : Mais je ne dis pas que la typographie soit une solution miracle. Je dis simplement que cela aide beaucoup. J’ai travaillé, en fait, avec le Journal de l’ACM dans les années 60, en partie pour aider à améliorer leurs normes de composition des programmes informatiques parce que c’était une nouveauté. Ils n’avaient pas été confrontés à cela avant. Et donc j’ai dit : “Pensons sérieusement à la bonne typographie pour les programmes, pour la compréhension des idées, pour faire passer le message que le programme signifie”. Dans ce nouveau domaine, nous devons rechercher des présentations adéquates.

FRANA : Voici une question beaucoup plus précise : j’en sais beaucoup plus sur l’algorithme de Dijkstra que j’en connais sur de nombreux autres algorithmes, parce que nous avons eu une discussion approfondie à ce sujet. Mais est-ce que votre algorithme est similaire à celui permettant de trouver le plus court chemin entre la partie la plus haute et la partie la plus basse d’un paragraphe ?

KNUTH : C’est pareil. La façon dont j’ai utilisé la méthode équivaut à l’Algorithme de Dijkstra, sauf que je dois construire le graphe au fur et à mesure. Je convertis le paragraphe en un problème de graphe, mais je découvre certaines parties du graphe, au fur et à mesure de ma lecture, pour faire court. C’est son algorithme, mais je gagne du temps en ne montrant pas les choses qui pourraient le ralentir. Par exemple, il est inutile d’explorer ce qui se passerait si vous arrêtiez le paragraphe en cassant une ligne après le premier mot. Droite. Je ne cherche donc que les points d’arrêt réalisables. Et connaître quels sont les points d’arrêt réalisables en appliquant l’algorithme

de Dijkstra, et comme je l'applique, je sais que certaines choses ne sont pas réalisables, donc je ne les considère pas. Il s'agit donc d'une extension de la méthode de Dijkstra. Mais vous pouvez également le voir comme ce qu'ils appellent la programmation dynamique, car discrète : la programmation dynamique est essentiellement identique à la recherche du plus court chemin. Donc de nombreux points de vue se résument au même problème sous-jacent.

FRANA : D'accord. Il y a quelques années, dans une interview, vous avez dit que la science des ordinateurs, comme la plupart des autres sciences, se développe principalement par beaucoup de petites étapes plutôt que par des bonds essentiels, principaux.

KNUTH : Ah bon, j'ai dit ça ? Oui bien. *[rire]*

FRANA : Je pense que vous avez utilisé le mot "principaux" comme qualificatif. Y a-t-il eu quelques bonds essentiels ?

KNUTH : Oui, l'idée d'une programmation structurée est un pas de géant, mais ceux-ci sont rares. Et donc regardez ce soir pendant la session des questions / réponses. Quelqu'un va dire : "Quels sont d'après vous les cinq algorithmes les plus importants, vous savez, ou quelque chose de similaire. Je déteste ce genre de question, parce que ce n'est pas vraiment la façon dont la science se développe. L'important n'est pas quels sont les cinq premiers ; parce que ce sont les cinq derniers. C'est juste qu'il y en a toujours cinq de plus. Et toute la structure se modifie par petites étapes. Malheureusement, je ne peux pas expliquer cela à un membre du Congrès qui va financer la NSF. Nous devons dire aux membres du Congrès que nous avons ce grand projet, et que nous nous sommes fixés tels objectifs, et tout ça. Mais vraiment, si vous prenez juste chaque science et que vous dites : "Faites ce que vous pensez être intéressant", alors vous obtenez la meilleure science qui soit.

FRANA : Donc, vous en savez un peu plus que la plupart des scientifiques sur l'Histoire des sciences, je suppose.

KNUTH : Sur certaines parties.

FRANA : Voyez-vous cela comme un processus cumulatif ? Sommes-nous tous debout sur les épaules de géants ? Ou existe-t-il des paradigmes kuh-

niens ?

KNUTH : Je pense que nous apprenons mieux en étudiant le passé et en voyant comment d'autres personnes ont trouvé leurs idées, et en apprenant le processus d'apprentissage, par osmose, après avoir vu tous ces exemples. Et certainement que la chose la plus frappante pour moi est que les êtres humains sont capables de revenir à leur histoire et de voir ce que les humains précédents ont fait et sont également capables de modifier leurs actions en fonction de cela. Les animaux font cela très lentement. Et donc c'est la clé pour moi, que de regarder des sources de matériaux et de voir comment étaient les idées quand elles étaient brutes. Je n'aurais pas travaillé aussi efficacement si je n'avais pas lu beaucoup de sources des nombreux siècles précédents. Si c'était nécessaire, je demandais à un ami "aidez-moi avec le chinois, le japonais ou le hongrois, ou quoi que ce soit", mais je regardais toujours des écrits des temps anciens qui étaient liés à ce que je faisais à un moment donné. Parce que pour moi, la façon dont les humains ont évolué est centrale à l'histoire. C'est peut-être juste parce que je suis égoïste et que je veux que des gens lisent mes trucs à l'avenir, donc je lis les trucs des autres pour payer ma dette.

FRANA : Eh bien, vous savez très bien, cependant, que le passé peut être un endroit étrange. En astronomie, par exemple, nous avons l'univers géocentrique.

KNUTH : Vous devez vous mettre dans l'esprit des anciens. En 1972, pendant deux semaines, j'écrivais un article sur les algorithmes babyloniens, et je me suis entouré de textes babyloniens. Je me suis immergé suffisamment, en lisant autant de tablettes que possible, de façon à être capable de dire : "Oh, oui, ceci est inhabituel", ou bien "celle-ci est du même auteur que celle-là" en regardant telle ou telle tablette. Et je pouvais commencer à essayer d'entrer dans l'esprit de ces auteurs. Ils avaient une certaine façon d'exprimer les choses. Ils n'utilisaient pas l'algèbre, mais ils avaient un équivalent. J'essayais donc d'apprendre ce que signifiaient leurs symboles et d'interpréter leur langue. C'est cette raison qui empêche beaucoup de gens de lire les sources : ils ne veulent pas ou ne peuvent pas réapprendre certaines notations. Cela signifie que, comme avec la musique, vous devez soit décider que vous êtes capable d'apprendre une autre notation ou bien que vous êtes capable de la convertir en votre propre truc. Avec les mathématiques, je peux

généralement le faire sans trop d'effort. Mais ça nécessite quelques heures d'adaptation. Avec un peu d'expérience, cela deviendrait plus facile pour vous aussi. La musique, je pense, serait plus difficile. C'est certain car il y a en musique quelques notations qui sont si illogiques qu'elles ne peuvent être apprises qu'après de nombreuses années de formation.

FRANA : Vous avez fait plusieurs fois le commentaire que peut-être 1 personne sur 50 a l'esprit du "scientifique de l'ordinateur".

KNUTH : Oui.

FRANA : Je me demande si un grand nombre de ces personnes sont des bibliothécaires professionnels ? *[rires]* Il y a là une certaine étrangeté. Mais pouvez-vous mettre en évidence ce qu'est l'esprit de l'informaticien...

KNUTH : C'est différent ?

FRANA : Quelles sont ses caractéristiques ?

KNUTH : Deux choses : la première est la capacité de gérer une structure non uniforme, où vous avez le cas un, le cas deux, le cas trois, le cas quatre. Par exemple, quand vous avez un modèle de quelque chose dont le premier composant est un entier, le composant suivant est un booléen, et le composant suivant est un nombre réel, ou quelque chose dont vous savez que sa structure est non uniforme. Gérer couramment ces types d'entités est critique en informatique, ce qui n'est pas typique dans d'autres branches des mathématiques. Et l'autre capacité caractéristique est de changer rapidement de niveau, de regarder quelque chose à grande échelle et la regarder à petite échelle, et avec beaucoup de niveaux de granularités entre les deux, en passant d'un niveau d'abstraction à un autre. Vous savez que, lorsque vous ajoutez un nombre à un certain nombre, ce que vous obtenez est réellement plus proche de l'objectif global. Ces compétences, être en mesure de gérer les objets non uniformes et de voir à travers les choses du niveau supérieur vers le bas niveau, sont des compétences très essentielles à la programmation informatique, il me semble. Mais peut-être que je me trompe parce que j'en suis trop proche.

FRANA : C'est la chose la plus difficile à comprendre que ce qui te caractérise vraiment au plus profond.

KNUTH : Oui.

FRANA : J'avais une question complémentaire tout à l'heure mais je l'ai maintenant perdue.

KNUTH : Est-ce à propos des 2 % ? Je pense que nous devons réaliser qu'il y a des gens que nous ne sommes pas en mesure de bien comprendre à 98 %, et ils ne sont pas en mesure de nous comprendre très bien. Mais nous pouvons construire des ponts. Nous pouvons nous faire des amis parmi ceux qui sont plus proches de nous, et obtenir un réseau de personnes qui rassemblent les choses. Je suis sûr que je ne peux pas écrire le bon manuel d'utilisation pour ma mère ; mais je pourrais collaborer avec quelqu'un qui pourrait le faire de la bonne façon. Certaines personnes ont cette capacité de changer pour penser différemment. Mais c'est seulement vrai dans une petite mesure. Voici un exemple qui a fait l'objet d'une récente discussion en Allemagne : et si l'informatique quantique prenait le dessus ? Et qu'est-ce qui se passerait si tout à coup, les gens pouvaient fabriquer ces choses, qui nécessitent une manière complètement différente d'écrire des programmes ? Eh bien, il se pourrait très bien que je ne sois absolument pas bon en informatique quantique et que je ne sois pas capable de changer. (Et il serait facile pour moi d'écrire l'*Art de la programmation des ordinateurs* si personne ne faisait des programmes à l'ancienne, donc je n'aurais pas à suivre la littérature). Mais j'ai une certaine façon de broyer des trucs pour lesquels je suis bon, et ce n'est pas seulement que je les ai étudiés au collège ; c'est que j'ai cette façon excentrique de penser.

FRANA : Comme la façon dont certaines personnes ont du mal à comprendre l'architecture client / serveur. Les vieux gars du mainframe qui, me disent-ils, ne comprennent tout simplement pas cela.

KNUTH : Oui. Je peux comprendre. C'est comme votre gars des logiciels de physique. Mais vous savez, ils doivent y parvenir d'une autre manière ou d'une autre, alors laissons-les être contents et faire ça à leur manière. Et peut-être que la nouvelle façon de faire sera mieux, mais je ne pourrai jamais procéder ainsi parce que je suis différent. Je pense qu'en informatique, il n'y a aucune voie étroite. C'est assez différent de nombreux autres domaines, car nous sommes sélectionnés par nos compétences, par notre profil de capacités, pas par notre mission de calcul. Les gens vont en médecine avec de nombreux

types de compétences ; leur carrière est basée sur l'objectif de sauver des vies, rendre la vie plus saine, peu importe. Mais ma carrière est différente. Il y a ce domaine dans lequel je suis bon et d'autres personnes sont heureuses que je sois bon dans ce domaine, donc je vais le faire. Mais je ne fais pas avancer une cause, comme la médecine.

FRANA : Maintenant, pensez-vous qu'il y a davantage - je déteste ce mot - mais davantage de science "normale" en cours en informatique ? Je veux dire, l'informatique quantique, qui sait si ça va marcher, c'est encore dans le futur.

KNUTH : Eh bien, il y a toutes sortes de collaborations en cours. Et le fait est que, comme les domaines deviennent plus spécialisés, je pense que la tendance va être que les gens se définiront davantage en ayant deux sous-sous-spécialités. Autrement dit, je pense que je l'ai déjà dit, il y aura des personnes qui parviennent à être bons dans un domaine : cela pourrait être l'informatique, et dans un autre domaine : cela pourrait être la chimie.

FRANA : Donc, chacun sera défini par ses deux sous-spécialités ?

KNUTH : Oui, c'est vrai, et cela fera une sorte de toile de disciplines. Et ça va être difficile pour le contrôle de la qualité car il n'y aura pas beaucoup de personnes ayant les deux mêmes sous-spécialités qui pourront faire passer des examens les autres. Il sera plus difficile de faire partie des comités à ce moment-là. Mais ça semble inévitable que le monde va devoir aller dans cette voie où les gens auront deux champs de compétence, une combinaison de capacités qui les rendra uniques ; ils se rendront compte que c'est ce pourquoi ils sont nés, car ils peuvent aider à combler cette lacune. Et il y a tellement de choses différentes à combler en science. Je trouve qu'il y a de nombreuses parties de la science qui pourraient m'intéresser d'un point de vue extérieur, mais je ne sens jamais ce que je pourrais y faire moi-même. Et il y a d'autres parties, où je sens que c'est ma mission de le faire, et j'en fais partie. Nous revenons toujours à Dijkstra parce qu'il est l'une des personnes les plus universelles que je connaisse. Sur presque tous les sujets dont nous parlons, il en connaîtrait un rayon incroyable.

FRANA : Mais si vous me le permettez, je dois dire que vous existez dans l'autre monde, parmi les 98 autres pour cent d'entre nous, bien mieux que lui.

KNUTH : Eh bien, il est intéressant que vous disiez cela. Les écrits de Dijkstra peuvent être plus spécialisés, mais pas ses conversations informelles.

FRANA : Vous semblez être capable de faire ce saut.

KNUTH : Eh bien, je ne suis pas sûr. En tant qu'étudiant, j'ai découvert que tout ce que j'étais à cette époque, me semblait-il, était un mélange de mathématiques et d'écriture. Une fois que j'avais ces compétences, je les appliquais simplement dans différentes proportions.

FRANA : Vous avez dit dans votre conférence pour l'obtention du prix Turing que "la science est ce que nous comprenons suffisamment bien pour l'expliquer à l'ordinateur, et que l'art, c'est tout le reste".

KNUTH : Oui, oui.

FRANA : Mais alors pourquoi appeler votre série de livres "*L'art de programmer les ordinateurs*" ?

KNUTH : Parce que nous ne le comprenons pas, nous ne l'avons pas rendu automatique. Nous n'avons pas encore eu d'algorithme pour écrire les programmes. Nous essayons de convertir la programmation en science, mais comme nous le faisons alors, l'art va de l'avant. Au fur et à mesure que la science progresse, l'art reste peut-être encore un peu en avance. Et puis je crois aussi que je décris l'art de la programmation informatique à cause de son élégance, de sa beauté, de son esthétique.

FRANA : Donc, vous y voyez vraiment à la fois une science et un art ?

KNUTH : Il y a de l'art, au sens des beaux-arts, et puis il y a de l'art dans le sens de l'artificiel, pas dans la nature. Dans ma conférence pour le prix Turing, j'ai essayé de méditer sur la raison pour laquelle je l'appelle l'art de la programmation informatique, et qu'est-ce que cela signifie. Je suis allé à la bibliothèque et j'ai trouvé cinquante livres qui avaient à la fois les mots art et science dans leurs titres. Et j'ai regardé le mot art dans l'histoire pour savoir comment il a été utilisé. Et je suis arrivé à la conclusion que la bonne façon de le comprendre est que l'art devient science quand nous atteignons un niveau auquel nous n'avons pas besoin de penser à ce sujet, nous pouvons

le programmer. Et c'est le plus grand mystère, du moins en science maintenant, de comprendre ce que signifie savoir quelque chose, avoir la cognition. C'est un mystère que de comprendre ce qu'est la conscience, mais si nous savions ce qu'était la conscience alors ma définition ne fonctionnerait pas. Je dis en quelque sorte qu'une fois que nous nous serons écartés de cette nécessité d'avoir un cerveau pour le comprendre, une fois que l'ordinateur le comprendra, cela deviendra alors une science.

FRANA : Ce ne serait pas très amusant si nous comprenions vraiment la conscience, ne trouvez-vous pas ?

KNUTH : Eh bien, qui sait ? *[rires]*

FRANA : Je pense que nous pourrions peut-être passer à un niveau de conscience différent.

KNUTH : Oui, c'est vrai, peut-être que nous pourrions encore avancer.

FRANA : Je ne sais pas si vous avez lu L'homme de Turing de Jay David Bolter et sa critique de la vision cybernétique de la société. Sommes-nous devenus nos machines ?

KNUTH : Ce genre de choses, le plus que j'y aie jamais pensé est dans mon livre, dans les conférences du MIT. La perspicacité que j'ai obtenue en étudiant le jeu de la vie était aussi proche qu'il est possible de comprendre certains de ces problèmes. Et d'autres personnes sont en avance sur moi sur ces choses. Mais tout ça mérite d'être exploré. Encore une fois, c'est comme l'astronomie, vous ne pouvez jamais y aller. Je suis donc très heureux d'avoir la plupart de mes questions telles que je sais que j'ai les réponses.

FRANA : Mais vous ne voyez pas que la société est devenue numérique ?

KNUTH : Certes, le monde a changé beaucoup plus rapidement à certains égards que j'ai jamais pensé que ce serait le cas, et les ordinateurs sont devenus beaucoup plus pertinents pour le monde que je ne l'aurais cru possible. C'est encore un oxymore pour parler comme "un célèbre informaticien", pourtant je pense que nous recevons trop d'attention ; trop de crédit pour certains trucs par rapport aux autres sciences. Mais cela s'arrêtera.

FRANA : C'est une question terriblement injuste, mais j'étais dans la Vallée il y a à un an, puis à nouveau cette année. Et à en juger par le nombre de devantures de magasins vides, les choses ont vraiment changé ici depuis la dernière fois l'année passée. Qu'est-il arrivé ?

KNUTH : Eh bien, l'année dernière a certainement été le sommet du boom. Mais si vous regardez en Iowa, ou n'importe où, vous constaterez qu'il y a beaucoup de chiffre d'affaires partout où vous allez et l'économie continue de se réinventer tout le temps. Il y a des cycles. Il y en a donc eu un, depuis longtemps, et maintenant l'économie mondiale va se réajuster. Les futurs historiens pourraient penser que l'année dernière était le moment où le boom était à son apogée. En d'autres termes, il y avait une telle pénurie de main-d'œuvre qualifiée, où tout ce que vous vouliez, vous aviez plus d'idées de choses à faire que les gens n'avaient de temps pour les faire. Donc, en quelque sorte, ce genre de système s'entretient lui-même.

FRANA : Mais alors nous avons manqué d'idées ?

KNUTH : Non. Non. Vous devez arriver au point où vous devez évaluer qui sont les gens de qualité, plutôt que ceux qui sont juste là pour la balade. Mais je suis écrivain et je ne connais pas grand chose à l'argent.

FRANA : Je sais que c'est une question terriblement injuste. Ils disent qu'il y a eu huit cycles d'explosion depuis la Seconde Guerre mondiale dans cette seule industrie, et c'en est juste un autre. Mais il y a des gens qui disent que c'est vraiment différent, et nous avons construit quelque chose au cours des années 90 qui était une sorte de schéma pyramidal.

KNUTH : Non. Je ne pense pas ça. Le monde est différent en quelque sorte, c'est-à-dire vous ne reviendrez pas à l'époque pré-internet. Nous devons être capable de décider combien et comment les gens vont payer pour ce nouveau monde où certaines choses sont possibles qui ne l'avaient jamais été auparavant. Alors maintenant, nous devons penser à ce qui est un moyen équitable de compenser cela, et ce que nous pouvons gérer, et comment le faire. Personne n'a de meilleur moyen de décider que par essai et erreur. C'est un peu comme à l'intérieur de notre corps, il y a toutes sortes de cellules qui en attaquent tout le temps d'autres ou qui les combattent, et cela semble être la

meilleure façon de faire face à des changements complexes. C'est chaotique, ces corpuscules vont ensuite combattre d'autres trucs et c'est une guerre là-dedans, et ce n'est pas d'appliquer simplement l'algorithme de Dijkstra pour trouver le chemin le plus court. Vous êtes en compétition.

FRANA : Nous rétablissons l'équilibre et retrouvons l'homéostasie ?

KNUTH : Oui, quelque chose comme ça. Mais le fait est qu'il y a un grand potentiel, qui prendra des années de travail, qui n'est pas réalisé par les machines que nous avons maintenant. Et il est difficile de faire ces travaux et cela demande beaucoup de travail. Mais je ne dirai jamais que c'est une idée stupide que de faire ce travail et que nous devrions tous nous arrêter de travailler là-dessus car personne ne va l'acheter. Ce serait la chose la plus stupide possible. Toutes ces compétences que les gens ont ici sont vitales et, en fait, nous allons avoir besoin de millions de personnes supplémentaires, et ma règle des 2 % prédit qu'il n'y en aura pas assez. Il va toujours y avoir une pénurie de compétences informatiques, et nous sommes loin d'exploiter les ordinateurs actuels pour tout ce qu'ils pourraient faire pour nous.

FRANA : Maintenant, je dois vérifier ici, mais avez-vous supervisé vingt-huit Ph.D. ?

KNUTH : Oui.

FRANA : Je sais que Stanford fournit des capitaux de démarrage aux étudiants qui ont des idées. Mais l'un de vos élèves a-t-il obtenu ce genre d'aide pour commencer et sont-ils pour la plupart des universitaires aujourd'hui ou sont-ils partis travailler dans l'industrie privée ?

KNUTH : Je pense qu'ils sont à peu près à moitié entre l'industrie et l'académie. Je crois que mon étudiant brésilien a fait une sorte de création d'entreprise. J'ai perdu le contact avec un ou deux d'entre eux, mais je pense que dans l'industrie, ils ont principalement travaillé dans des laboratoires de recherche - ne fondant rien eux-mêmes, mais en faisant partie d'une équipe que quelqu'un d'autre gère. À l'Université ils ont présidé certains départements et des choses comme ça, mais ce n'est pas la même chose que le démarrage de Yahoo! Mais je dirais que ces vingt-huit élèves étaient vingt-huit jeunes gens complètement différents. Cela prouve mon idée que les informaticiens

savent comment traiter différents cas.

FRANA : C'est un bel exemple du monde réel. Je comprends que les gens sont imprévisibles ainsi. Certains d'entre eux sont-ils devenus vos plus proches confidents ?

KNUTH : Nous sommes proches de différentes manières. Je dirais que j'ai perdu de vue certains d'entre eux, mais avec d'autres, nous nous entraïdons lorsque notre ordinateur tombe en panne, ou bien nous travaillons ensemble sur des projets éditoriaux, ou quoi que ce soit.

FRANA : Juste pour répéter la question, avec l'informatique dans son ensemble, ou le milieu universitaire dans son ensemble, pouvez-vous nommer les personnes qui sont vos plus proches confidents. Les gens que vous pensez pouvoir appeler pour faire rebondir une idée ?

KNUTH : Ma femme. De plus, comme j'écris des ébauches, quelles que soient les personnes expertes dans la section sur laquelle je travaille, je leur envoie toujours du matériel pour vérifier. Par exemple, la semaine dernière, j'ai rejeté une idée du professeur Carla Sauvage en Caroline du Nord. Je ne l'ai rencontrée qu'une seule fois et je ne l'appellerais pas ma confidente la plus proche ; mais d'une certaine manière, sur le sujet sur lequel je travaille maintenant, c'est un domaine dans lequel elle a de nombreuses publications. Et donc j'ai dit, "Carla, qu'est-ce que vous pensez de ce problème ? Je viens de travailler dessus pendant quatre heures. Je n'arrive pas à le résoudre, mais je ne veux pas le mettre à la poubelle, donc je ne pourrai même pas avoir le temps de le mettre dans mon livre." Puis elle a dit : " Hé Don, c'est un beau problème et je pense que je peux le faire.". Le lendemain, elle m'envoie une réponse et je regarde la réponse et j'ai dit : "Oui, il suffit de patcher de cette façon et maintenant je pense que c'est correct, et je vais le mettre dans mon livre, c'est un problème élégant et beau.". C'est juste un exemple de la façon dont je travaille maintenant. Donc vous voyez, je travaille par lots. Chaque six semaines, je suis dans une sous-culture différente de l'informatique et j'écris une partie différente des matériaux pour *L'art de la programmation informatique*. Et au cours de ces six semaines, j'ai un ensemble différent de confidents les plus proches.

FRANA : Je vous comprends. Vous avez donc vraiment un ensemble très

large de collaborateurs ?

KNUTH : Oui. C'est fantastique de voir combien de personnes m'ont aidé dans cette tâche. Et puis j'ai mis de nouveaux trucs sur Internet, et en une semaine, j'ai reçu une centaine de lettres. Un garçon de quatorze ans en Allemagne a récemment souligné que j'ai mal orthographié Nuremberg. (J'ai écrit Nuremburg.). Je reçois énormément d'appels à l'aide.

FRANA : Et c'est l'une des raisons pour lesquelles vous n'utilisez pas davantage le courrier électronique ?

KNUTH : Oh, je ne ferais jamais rien.

FRANA : De cette façon, vous pouvez toujours envoyer autant de messages que vous le souhaitez.

KNUTH : Je peux utiliser le Web, où les personnes intéressées peuvent trouver ceci ou cela. Je ne les leur envoie pas, mais ils les trouvent s'ils les recherchent. Mais avec Carla, je lui ai envoyé le message parce que je savais qu'elle était experte dans ce sujet et qu'elle ne serait pas gênée d'être interrompue.

FRANA : Ceci est la dernière question que j'ai, mais il peut y avoir d'autres choses que vous souhaiteriez ajouter à cette interview. Et peut-être que je trouverai les réponses ce soir au Xerox PARC : Comment est-ce d'être le porte-parole en chef de l'informatique ?

KNUTH : Je ne sais pas si je le suis.

FRANA : D'autres l'ont dit.

KNUTH : Je peux être un écrivain, qui essaie d'organiser les idées des autres en une sorte de structure plus cohérente pour qu'il soit plus facile de mettre les choses ensemble. Je peux voir que je peux être considéré comme un universitaire qui fait de son mieux pour vérifier les sources de matériel, afin que les gens obtiennent du crédit là où il est dû. Et pour vérifier les faits, non seulement pour abstraire quelque chose, mais pour voir quelles étaient les méthodes qui ont aidé à cette abstraction et pour combler les trous si néces-

saire. Je considère mon rôle comme étant celui de quelqu'un qui est capable de comprendre les motivations et les logiques d'un groupe de spécialistes et de les résumer dans une certaine mesure afin que les gens dans d'autres parties du domaine puissent les utiliser. J'essaye d'écouter les théoriciens et de sélectionner ce qu'ils ont fait d'important pour le programmeur de la rue ; j'élimine le jargon technique lorsque cela est possible. Mais je n'ai jamais été bon dans tout type de rôle qui serait de faire de la politique ou de conseiller les gens sur les stratégies, ou sur quoi faire. J'ai toujours été le meilleur pour raffiner des choses qui sont là et mettre de l'ordre dans le chaos. Je soulève parfois de nouvelles idées qui pourraient stimuler les gens, mais pas vraiment d'une manière à contrôler le débit. La seule fois où j'ai défendu quelque chose avec force, c'était quand j'ai inventé la notion de programmation littéraire ; mais je le fais toujours avec la mise en garde que cela fonctionne pour moi, mais que je ne sais pas si cela fonctionnerait pour quelqu'un d'autre. Quand je travaille avec un système que j'ai créé moi-même, je peux toujours le changer si je le souhaite. Mais tous ceux qui travaillent avec mon système doivent travailler avec ce que je leur donne. Je ne suis donc pas en mesure de juger mes propres affaires de manière impartiale. De toute façon, je me suis toujours senti mal lorsque quelqu'un me dit : "Don, pourriez-vous prévoir le futur" ou "Don, veuillez voter pour ou contre quelque chose.". Mais je me suis toujours senti à l'aise avec, "Don, pouvez-vous écrire un exposé à ce sujet, ou pouvez-vous vérifier ces faits?". C'est ce que je pense faire assez bien. Maintenant, bien sûr, il y a des gens qui pensent que mes livres sont complètement impossibles à comprendre. Je peux accepter ça. Quand j'étais étudiant, j'écoutais les autres étudiants et ils disaient : "Oh, voici un livre de Williams sur les probabilités, il est vraiment difficile à comprendre ". Et donc je ne croyais jamais que je serais en mesure de comprendre un mot de ce qu'il avait dit et je ne lirais pas ses livres jusqu'à une dizaine d'années plus tard. Enfin quand j'ai eu le courage de les ouvrir, j'ai trouvé un exposé merveilleux. Mais quand même, je ne peux pas dire que mes livres sont faciles à comprendre. Tout ce que je peux dire, c'est qu'ils sont beaucoup plus faciles à comprendre que ce avec quoi j'ai travaillé. Je me suis rapproché d'une présentation simple, mais je n'y suis peut-être pas parvenu jusqu'au bout. J'essaie d'éviter le jargon sauf quand il est nécessaire. Je n'ai donc pas encore utilisé le mot "abjection" dans *L'Art*. Je pourrais, mais pourquoi ? Un jour si j'en ai besoin, je le ferai, mais je n'utilise pas de terminologie effrayante. Je connais des gens qui pensent que des mots comme ça sont hyper-mathématiques. Donc je fais bouillir des trucs et j'utilise le niveau de mathématiques que je dois, le cas

échéant, mais j'essaie de traduire à partir des différentes sous-cultures que mes sources sont dans un autre langage. J'ai reçu hier une lettre d'un mec, il a dit qu'il ne savait pas ce que je voulais dire quand j'ai dit "parité". Et donc j'ai réalisé, vous savez, je pensais que tout le monde savait que la parité signifiait la distinction entre pair ou impair. Mais non, ce gars ne le savait pas et il était motivé, vraiment, alors je l'ai aidé. Mais ce que j'essaie de dire, c'est que l'écriture technique, c'est ce que je fais bien. Mais porte-parole de l'informatique ? Je suis plutôt un porte-parole pour les informaticiens...

FRANA : Plutôt que pour l'informatique.

KNUTH : Oui, essayer de régurgiter les choses que mes collègues ont faites d'une manière qui les rend plus mémorisables ou plus faciles à assembler. Donc ça signifie que je dois lire des trucs à partir de nombreuses sources - comme tous ces dossiers que je vous ai montrés à l'étage - et certains viennent de physiciens, et certains viennent d'ingénieurs électriciens, certains proviennent du travail en IA, certains proviennent de la théorie de la complexité, etc. Et j'apprends leurs mots à la mode, mais je ne les utilise pas moi-même, sauf si je le dois. C'est ce que je fais le mieux.

FRANA : Espérons que nous nous retrouvions plus de dix mille jours dans le futur, avez-vous pensé à une épitaphe appropriée ?

KNUTH : Épitaphe. Non. Non. Je suis toujours en vie. *[rires]* C'est intéressant, les gens qui ont écrit leur propre épitaphe. Non, je laisserai quelqu'un d'autre faire ça. Mais peut-être que ça devrait être un cryptarithme.

Traduction d'une interview de

DONALD E. KNUTH

par

ANDREW BINSTOCK

25 avril 2008

Journal numérique Informat

<http://www.informat.com/articles/article.aspx?p=1193856>

Andrew Binstock et Donald Knuth<sup>1</sup> discutent du succès de l'open source, du problème de l'architecture multi-cœur, du manque désappointant d'intérêt pour la programmation littéraire, de la menace du code réutilisable, et de cette légende urbaine sur le fait de gagner un concours de programmation avec une seule compilation.

ANDREW BINSTOCK : Vous êtes un des pères de la révolution de l'open-source, même si l'on ne vous annonce pas comme tel. Vous avez affirmé précédemment que vous avez libéré TeX comme open-source à cause du problème des implémentations propriétaires en ce moment, et pour inviter à ce que le code soit corrigé, ces deux points étant des facteurs-clefs des projets open-source actuels. Avez-vous été surpris par le succès de l'open-source depuis ce moment ?

KNUTH : Le succès du code open-source est peut-être la seule chose qui ne m'ait pas surpris dans le domaine informatique durant les quelques dernières décennies. Mais il n'a pas encore atteint son plein potentiel ; je crois que les programmes open-source commenceront à être complètement dominants lorsque l'économie ira de plus en plus des produits vers les services, et lorsque de plus en plus de volontaires réussiront à améliorer le code.

Par exemple, un code open-source peut produire des milliers d'exécutables, parfaitement adaptés aux configurations des utilisateurs individuels, alors qu'un logiciel commercial existe en général seulement en quelques versions. Un exécutable binaire générique doit inclure des choses comme ces instructions "sync" inefficaces qui sont complètement inappropriées pour la plupart des installations ; un tel gaspillage est supprimé lorsque le code source est hautement configurable. Cela devrait être un énorme atout pour l'open-source.

Je pense également que quelques programmes, comme Adobe Photoshop, seront toujours de qualité supérieure à leurs compétiteurs comme TheGimp pour quelques raisons, je ne sais franchement pas pourquoi ! Je souhaite payer un bon argent pour du vraiment bon logiciel, si je crois qu'il a été produit par les meilleurs programmeurs.

---

1. Donald Knuth est entre autres l'auteur de *L'Art de la programmation des ordinateurs*, Volume 4, Fascicule 0 : Introduction aux algorithmes combinatoires et aux fonctions booléennes, livre qui vient d'être publié.

Rappelez-vous cependant, que mon opinion sur les questions économiques est profondément suspecte, puisque je suis juste un enseignant et un scientifique. Je ne comprends quasiment rien aux lois du marché.

ANDREW : Une histoire raconte que vous avez participé à un concours de programmation à Stanford (je crois) et que vous avez soumis le programme qui a gagné correctement après une seule compilation. Est-ce vrai ? Dans cette veine, les développeurs d’aujourd’hui construisent fréquemment leurs programmes en écrivant des petits incréments de code, suivi d’une compilation immédiate et la création et l’exécution d’unités de tests. Quel est votre sentiment par rapport à cette approche du développement de logiciels ?

KNUTH : L’histoire que vous avez entendue est typique des légendes qui sont basées sur seulement un petit noyau de vérité. Voici ce qui s’est réellement passé : John McCarthy a décidé en 1971 d’avoir une journée mémoire consacrée à une course de programmation. Tous les concurrents sauf moi travaillaient à son Laboratoire d’IA là-haut dans les collines au-dessus de Stanford, en utilisant le système de temps partagé WAITS ; j’étais en bas sur le campus principal, où le seul ordinateur que je pouvais utiliser était un mainframe dans lequel je devais mettre des cartes et les soumettre à la compilation en mode batch. Je programmais en ALGOL W (le langage de Wirth, le prédécesseur de Pascal). Mon programme n’a pas marché du premier coup, mais par chance, j’ai pu utiliser l’excellent système de debugging d’Ed Satterthwaite pour ALGOL W, du coup, je n’ai eu besoin que de deux exécutions. Pendant ce temps, les types qui utilisaient WAITS ne pouvaient pas obtenir assez de cycles machine parce que leur machine était complètement surchargée (je pense que celui qui est arrivé deuxième, en utilisant cette approche “moderne”, a terminé une heure environ après que j’ai soumis le programme gagnant avec des méthodes à l’ancienne). Ce n’était pas un concours très fair-play.

Quant à votre véritable question, l’idée d’une compilation immédiate et de “tests unitaires”, je n’y fais appel que rarement, quand je cherche mon chemin dans un environnement totalement inconnu et que j’ai besoin d’avoir un retour sur ce qui marche et ce qui ne marche pas. Sinon, beaucoup de temps est gaspillé à des activités que je n’aurais jamais nécessitées ou même auxquelles je n’aurais jamais pensé. “On ne doit se moquer de rien”.

ANDREW : Un des problèmes émergents pour les développeurs, spécialement les développeurs côté client, est de changer leur manière d'écrire les programmes en terme de *thread* (fil d'exécution). Ce problème, amené par l'arrivée de PC multi-cœurs peu chers, nécessitera sûrement que de nombreux algorithmes soient réécrits pour un matériel à architecture parallèle, ou du moins pour être viable sur un tel matériel. Jusque là, la plupart du travail que vous avez publié pour le Volume 4 de *L'Art de la programmation des ordinateurs (TAOCP)* ne semble pas prendre en compte cette dimension. Avez-vous l'intention d'attaquer des problèmes de programmation concurrente et parallèle dans des travaux à venir, spécialement dans la mesure où cela semble être particulièrement adapté pour les problèmes combinatoires sur lesquels vous travaillez en ce moment ?

KNUTH : Le domaine des algorithmes combinatoires est si vaste que j'aurai de la chance si je réussis à compresser ses aspects séquentiels dans trois ou quatre volumes, et je ne pense pas que les méthodes séquentielles seront sans importance. Inversement, la demi-vie des techniques parallèles est très courte, parce que le matériel (hardware) change rapidement et chaque nouvelle machine nécessite une approche un peu différente. Du coup, j'ai décidé il y a longtemps que je collerais à ce que je connais le mieux. Les autres personnes comprennent les machines parallèles bien mieux que je ne le fais ; les programmeurs devraient les écouter, plutôt que moi, pour être guidés dans tout ce qui a trait à la simultanéité.

ANDREW : Les vendeurs de processeurs multi-cœurs ont exprimé de la frustration face à la difficulté d'amener les développeurs à ce modèle. Comme professeur, que pensez-vous de cette transition et comment la faire advenir ? Est-ce une question d'outils propres, tels qu'un meilleur support natif de la concurrence dans les langages, ou de modèles d'exécution ? Ou y a-t-il d'autres solutions ?

KNUTH : Je ne veux pas descendre complètement votre question. Je pourrais plutôt flamber un peu à propos de mon mécontentement personnel par rapport à la tendance actuelle vers l'architecture multi-cœurs. Pour moi, c'est plus ou moins comme si les concepteurs d'hardware étaient à cours d'idées, et qu'ils essayaient de rejeter la faute de la prochaine disparition de la loi de Moore sur les programmeurs en nous donnant des machines qui fonctionnent

plus vite seulement sur quelques benchmarks clefs ! Je ne serais pas surpris du tout si l'idée complète du parallélisme finissait par être un flop, pire que l'approche "Itanium" qui était supposée être si terrible, jusqu'à ce qu'on réalise que les compilateurs qu'elle nécessitait étaient complètement impossibles à écrire.

Laissez-moi le dire autrement : durant les 50 dernières années, j'ai écrit bien plus d'un millier de programmes, la plupart d'entre eux de taille substantielle. Je ne peux même pas penser à cinq de ces programmes, qui auraient été améliorés de façon notable par le parallélisme et le multi-threading. De façon certaine, par exemple, les processeurs multiples ne sont d'aucune utilité pour TeX. Mon collègue Kunle Olukotun note que, si l'usage de TeX devenait un goulot d'étranglement, de manière que les personnes aient des douzaines de processeurs et aient vraiment besoin d'augmenter leur vitesse de composition de manière terrible, une version de TeX pourrait être développée qui utilise la "spéculation" pour composer une douzaine de chapitres simultanément : chaque chapitre pourrait être composé sous la condition que les chapitres précédents ne feraient rien d'étrange qui dérangerait la logique par défaut. Si cette supposition n'était pas respectée, on pourrait revenir à la méthode normale de faire les chapitres un par un ; mais dans la majorité des cas, quand seule une composition normale est utilisée, le processus aurait plutôt été 12 fois plus rapide. Les personnes qui sont préoccupées par la vitesse pourraient adapter leur comportement et utiliser TeX d'une manière disciplinée..

Combien de programmeurs connaissez-vous qui sont enthousiastes à propos de ces machines qui nous sont promises dans le futur ? Je n'ai entendu que des griefs de la part des personnes du logiciel, bien que les types du hardware dans notre département m'assurent que j'ai tort.

Je sais que d'importantes applications existent pour le parallélisme, telles que le graphisme, le cassage de code, la reconnaissance d'images, la simulation de processus physiques et biologiques, etc. Mais toutes ces applications nécessitent un code dédié et des techniques spécifiques, qui devront changer substantiellement toutes les quelques années.

Même si j'en sais assez à propos de ces méthodes pour écrire à leur propos dans TAOCP, mon temps serait largement gaspillé, parce que très vite, il

n'y aurait plus de raison pour personne de lire les parties du livre en question. (De façon similaire, en préparant la troisième édition du Volume 3, j'ai programmé de virer la plupart du matériau concernant le tri de cassettes magnétiques. Ce matériau a été un jour le sujet le plus chaud de tout le domaine logiciel, mais maintenant, cela gaspille du papier à l'impression).

La machine que j'utilise aujourd'hui a des processeurs duaux. J'ai l'habitude de les utiliser tous les deux seulement quand je lance deux travaux indépendants en même temps ; c'est chouette, mais ça arrive seulement quelques minutes par semaine. Si j'avais quatre processeurs, ou huit, ou plus, je continuerais de ne pas faire mieux, en considérant le genre de travail que je fais même si j'utilise un ordinateur chaque jour pendant la plus grande partie de la journée. Du coup, pourquoi devrais-je être si content du futur que les vendeurs de matériel promettent ? Ils pensent à une bulle magique qui viendra grâce à ses multi-processeurs améliorer mon type de travail ; je pense que c'est un rêve creux (Non, ça n'est pas la bonne métaphore ! Les "pipelines" travaillent vraiment pour moi, mais pas les threads (les fils d'exécution). Peut-être que le mot que je veux, c'est "bulles").

Du point de vue opposé, je remercie du fait que la navigation sur le web sera probablement accélérée par les multi-cœurs. J'ai parlé de mon travail technique, pourtant, pas de récréation. J'admets aussi que je n'ai pas eu beaucoup de brillantes idées à propos de ce que je souhaiterais que les concepteurs de matériel fournissent plutôt que des processeurs multi-cœurs, maintenant qu'ils ont commencé à casser un mur par rapport au calcul séquentiel (mais ma conception de MMIX contient quelques idées sur ce qui améliorerait substantiellement la performance actuelle des programmes qui me concernent davantage... au coût de l'incompatibilité avec les programmes x86).

ANDREW : L'un de quelques-uns de vos projets qui n'ont pas été suivis par beaucoup de monde est la programmation littéraire. Quelles sont vos idées sur ce fait que la programmation littéraire n'ait pas trop marché ? Et y a-t-il quelque-chose que rétrospectivement vous auriez fait autrement à propos de la programmation littéraire ?

KNUTH : La programmation littéraire est une chose très personnelle. Je pense que ça pourrait être terrible, mais c'est vraisemblablement dû au fait que je suis une très étrange personne. Elle a des dizaines de milliers de fans,

mais pas des millions.

De mon expérience, du logiciel créé par la programmation littéraire s'est avéré être significativement meilleur que du logiciel développé par des méthodes plus traditionnelles. Déjà quand le programme est ok, je lui donne une note de C (ou peut-être C++), mais pas F ; de ce fait, les méthodes traditionnelles restent avec nous. Parce qu'elles sont comprises par une vaste communauté de programmeurs, la plupart des gens n'ont pas une grosse incitation à changer, de la même façon que je ne suis pas très motivé par le fait d'apprendre l'Espéranto, même si ce serait préférable de l'apprendre plutôt que d'apprendre l'anglais et l'allemand et le français et le russe (à permutation près).

Jon Bentley s'est probablement frappé la tête quand un jour on lui a demandé pourquoi la programmation littéraire ne s'était pas étendue au monde entier comme une tempête. Il a observé qu'un petit pourcentage de la population mondiale programme bien, et qu'un petit pourcentage de la population écrit bien ; apparemment, je demande à tous d'appartenir aux deux sous-ensembles.

Toujours pour moi, la programmation littéraire est certainement la chose la plus importante qui est sortie du projet TeX. Pas seulement parce qu'elle me rend capable d'écrire et maintenir les programmes plus vite et de façon plus fiable que ça n'avait jamais été le cas auparavant, et parce qu'une des plus grandes sources de joie depuis les années 80 a vraiment été de temps en temps indispensable. Quelques-uns de mes plus importants programmes, comme le méta-simulateur MMIX, n'aurait pas pu être écrit avec n'importe quelle autre méthodologie dont j'ai jamais entendu parler. La complexité était simplement trop intimidante pour mon cerveau limité pour que je puisse l'attaquer autrement qu'avec la programmation littéraire ; sans ce paradigme, l'entreprise complète aurait échoué misérablement.

Si les gens découvrent de bonnes manières d'utiliser les machines multithreads qui sont tendance en ce moment, je m'attendrais à ce que cette découverte provienne de personnes qui utilisent régulièrement la programmation littéraire. La programmation littéraire est ce dont vous avez besoin pour vous élever au-dessus du niveau ordinaire de réussite. Mais je ne crois pas que l'on puisse obliger quiconque à quoi que ce soit. Si la programmation

littéraire n'est pas votre style, s'il vous plaît, oubliez-la et faites ce que vous voulez. Si personne d'autre que moi ne l'aime, laissons la mourir.

De façon positive, j'ai été content d'apprendre que les conventions du CWEB sont presque des équipements standards sans logiciels préinstallés comme des Makefiles, quand j'obtiens des Linux sur l'étagère actuellement.

ANDREW : Dans le Fascicule 1 du Volume 1, vous avez réintroduit le calculateur MMIX, qui est la mise-à-jour 64-bits de la vénérable machine MIX que les étudiants en informatique ont été amenés à connaître depuis de nombreuses années. Vous avez précédemment décrit MMIX en grands détails dans MMIXware. J'ai lu des parties de ces deux livres, mais ne peux dire si le Fascicule met à jour ou modifie ce qui était dans MMIXware, ou bien si c'est un pur synopsis. Pourriez-vous clarifier ?

KNUTH : Le Volume 1 Fascicule 1 est une introduction pour le programmeur, qui inclut des exercices instructifs et ce genre de choses. Le livre MMIXware est un manuel de référence détaillé, quelque-chose de succinct et aride, plus un bouquet de programmes littéraires qui décrivent le prototype logiciel pour les gens qui travailleront au-dessus de lui. Les deux livres définissent le même ordinateur (une fois que les erreurs de MMIXware seront corrigées à partir de la version de mon site web). Pour la plupart des lecteurs de TAOCP, le premier fascicule contient tout ce dont ils auront un jour besoin ou qu'ils souhaitent savoir à propos de MMIX.

Je voudrais noter aussi, cependant, que MMIX n'est pas une seule machine ; c'est une architecture avec presque toutes les variétés sans limitation d'implémentations, dépendant des différents choix d'unités fonctionnelles, des différentes configurations pipelines, des différentes approches du problème des instructions multiples, des différentes manières d'effectuer la prédiction de branchements, des différents tailles de cache, des différentes stratégies de remplacement du cache, des différentes vitesses des bus, etc. Quelques instructions et/ou registres peuvent être émulés par du logiciel sur des versions "moins chères" du matériel. Et etc. C'est un lit de test, tout étant simulable avec mon méta-simulateur, même si des versions avancées ne pourront être effectivement construites pendant 5 ans encore à compter d'aujourd'hui (et alors, nous pourrons demander des avancées supplémentaires juste en faisant avancer les specs du méta-simulateur d'un cran).

Supposons que vous souhaitiez savoir si cinq unités séparées de multiplicateur et/ou trois branchements d'instructions possibles vont augmenter la vitesse d'un programme MMIX. Ou peut-être si le cache des instructions ou des données devrait être agrandi ou rapetissé ou plus associatif. Alors vous avez juste à déclencher le méta-simulateur et à regarder ce qui se passe.

ANDREW : Comme je suppose que vous n'utilisez pas d'unités de test avec MMIXAL, pourriez-vous me dire les étapes par lesquelles vous passez pour être sûr que votre code est correct parmi ces variétés de conditions et d'entrées ? Si vous avez une procédure spécifique de travail autour de la vérification, pourriez-vous la décrire ?

KNUTH : La plupart des exemples de code en langage-machine dans TAOCP apparaissent dans les Volumes 1-3 ; pour l'instant, nous nous occupons du Volume 4, un tel niveau de détails de bas niveau est largement non nécessaire, et nous pouvons travailler de façon fiable à un haut niveau d'abstraction. Du coup, je n'ai eu besoin d'écrire seulement qu'une douzaine ou à peu près de programmes MMIX pendant que je préparais les parties en ouverture du Volume 4, et il n'y a rien de substantiel dans ces jolis petits programmes jouets. Pour les petites choses comme ça, j'utilise juste des méthodes de vérification informelles, basées sur la théorie que j'ai écrite pour le livre, conjointement avec l'assembleur de MMIXAL et le simulateur MMIX qui sont déjà disponibles sur le net (et décrits en grand détail dans le livre MMIXware).

Ce simulateur inclut des outils de débogage comme ceux que j'ai trouvés très utiles dans le système d'Ed Satterthwaite pour ALGOL W, mentionné plus tôt. Je me sens toujours en confiance après avoir testé un programme avec ces outils.

ANDREW : Malgré sa formulation il y a de nombreuses années, Te $\chi$  continue de prospérer, principalement comme fondation de LaTe $\chi$ . Puisque Te $\chi$  a effectivement été gelé à votre demande, y a-t-il des fonctionnalités que vous voudriez changer ou ajouter, si vous en aviez le temps et la bande passante ? Dans un tel cas, quels seraient les items principaux que vous ajouteriez ou changeriez ?

KNUTH : Je crois que des changements à Te $\chi$  causeraient plus de mal que

de bien. Les autres personnes qui veulent d'autres fonctionnalités créent leur propre système, et j'ai toujours encouragé le développement plus avant, mis à part le fait que les personnes devaient donner à leurs programmes un autre nom que celui de mon programme. Je veux avoir la responsabilité permanente de Te $\chi$  et Metafont, et pour les détails pratiques qui affectent des documents qui s'appuient sur mon travail, comme les dimensions précises des caractères dans les polices des ordinateurs modernes.

ANDREW : Un des aspects peu discuté du développement de logiciel concerne la manière dont on conçoit le travail sur le logiciel dans un domaine complètement nouveau. Vous vous êtes trouvé face à cette question quand vous avez entrepris Te $\chi$  : aucun travail n'existait pour vous comme code source, et c'était un domaine dans lequel vous n'étiez pas un expert. Comment avez-vous démarré la conception, et combien de temps cela a-t-il pris avant que vous ne vous sentiez à votre aise et n'entriez dans la partie programmation ?

KNUTH : C'est une autre bonne question ! J'ai discuté de la réponse en grand détail au Chapitre 10 de mon livre *Programmation littéraire*, ainsi qu'aux Chapitres 1 et 2 de mon livre *Typographie digitale*. Je pense que toute personne réellement intéressée par ces sujets apprécierait de lire ces chapitres (voir aussi les Chapitres 24 et 25 de *Typographie digitale* pour compléter les premier et second brouillons de ma conception initiale de Te $\chi$  en 1977).

ANDREW : Les livres sur Te $\chi$  et le programme lui-même montre clairement la nécessité de limiter l'usage de la mémoire, un problème important pour les systèmes dans ce domaine. Aujourd'hui, la question de l'utilisation de la mémoire dans les programmes a davantage à voir avec les tailles des caches. En tant que personne ayant conçu un processeur de façon logicielle, les questions sensibles au cache et les algorithmes oublieux du cache ont sûrement dû passer sur vos écrans radar. Est-ce que le rôle des caches des processeurs sur la conception des algorithmes est un sujet que vous allez couvrir, même indirectement, dans votre travail à venir ?

KNUTH : J'ai mentionné précédemment que MMIX fournit un lit de test pour de nombreuses sortes de cache. Et c'est une machine implémentée de façon logicielle, de telle manière que nous pouvons réaliser des expériences qui seront répétables même dans une centaine d'années à compter d'aujourd'hui. Certainement que les prochaines éditions des Volumes 1-3 discuteront

du comportement de quelques algorithmes de base par rapport aux différents paramètres de cache.

Dans le Volume 4 jusque là, je compte environ une douzaine de références à la mémoire cache et aux approches ne posant pas de problèmes de cache (sans mentionner une “memo cache,” qui est une idée différente mais en lien dans le logiciel).

ANDREW : Quel ensemble d’outils utilisez-vous aujourd’hui pour écrire TAOCP ? Utilisez-vous TeX ? LaTeX ? CWEB ? un éditeur de texte ? Et qu’utilisez-vous pour coder ?

KNUTH : Mon style de travail général consiste à tout écrire d’abord au crayon sur un papier, assis à côté d’une grosse poubelle. Après ça, j’utilise Emacs pour entrer le texte dans ma machine, en utilisant les conventions (balises) de TeX. J’utilise *tex*, *dvips*, et *gv* pour voir les résultats, qui apparaissent sur mon écran presque instantanément de nos jours. Je vérifie mes maths avec Mathematica.

Je programme tous les algorithmes dont je discute (de manière à les comprendre complètement) en utilisant CWEB, qui marche de manière splendide avec le débogueur GDB. Je réalise les illustrations avec MetaPost (ou, dans de rares cas, sur un Mac avec Adobe Photoshop ou Illustrator). J’ai quelques outils faits maison, comme mon propre vérificateur orthographique pour TeX et CWEB dans Emacs. J’ai dessiné ma propre font bitmap, qui est utilisée par Emacs, parce que je hais l’apparence de l’apostrophe ASCII et les guillemets gauche sont devenus des symboles indépendants qui ne se ressemblent pas. J’ai des modes spéciaux dans Emacs pour m’aider à classer les dizaines de milliers de papiers et notes dans mes fichiers, et des raccourcis clavier particuliers dans Emacs qui font que l’écriture de livre ressemble un peu au jeu sur un orgue. Je préfère *rxvt* à *xterm* pour l’entrée au terminal. Depuis décembre dernier, j’ai utilisé un système de backup des fichiers appelé *backupfs*, qui satisfait mon besoin d’archiver chaque état quotidien des fichiers d’une manière merveilleuse.

Selon les répertoires courants sur ma machine, j’ai écrit 68 programmes CWEB différents jusqu’à aujourd’hui, cette année. Il y en avait 100 en 2007, 90 en 2006, 100 en 2005, 90 en 2004, etc. De plus, CWEB a une fonctionnalité

très pratique, le mécanisme “change fichier”, avec laquelle je peux rapidement créer de multiples versions et variations sur un thème ; jusqu’à aujourd’hui en 2008, j’ai fait 73 variations de ces 68 thèmes (quelques-unes des variations sont plutôt courtes, seulement quelques octets ; d’autres pèsent 5 kilo-octets ou plus. Quelques-uns des programmes CWEB sont assez substantiels, comme le package BDD<sup>2</sup> de 55 pages que j’ai terminé en janvier). Ainsi, vous pouvez voir combien la programmation littéraire est importante dans ma vie.

J’utilise actuellement un système Ubuntu Linux, sur un pc portable, je n’ai pas de connexion internet. Je transfère occasionnellement des fichiers de cette machine à mon Mac que j’utilise pour le réseau, le surf sur la toile et les graphismes, via des lecteurs de mémoire flash ; mais je ne confie mes bijoux de famille qu’à Linux. Incidemment, avec Linux, je préfère beaucoup le clavier que je peux obtenir avec le classique FVWM aux environnements GNOME et KDE que les autres personnes semblent apprécier davantage. A chacun l’environnement qui lui convient.

ANDREW : Vous expliquez dans la préface du Fascicule 0 du Volume 4 de TAOCP que le Volume 4 comprendra sûrement trois volumes et peut-être davantage. Il est clair dans ce texte que vous appréciez vraiment d’écrire sur ce sujet. Ceci étant donné, quelle est la confiance que vous accordez à la note, postée à ce sujet sur le site consacré au TAOCP, que le Volume 5 verra le jour environ en 2015 ?

KNUTH : Si vous vérifiez sur la Machine Repars-en-arrière<sup>3</sup> les incarnations précédentes de cette page web, vous verrez que le nombre 2015 n’a pas toujours été constant.

Vous corrigerez sûrement que j’ai une machine à écrire à boule qui écrit tout ce matériau, parce que je continue à courir après des faits fascinants, qui peuvent simplement être omis, même si plus de la moitié de mes notes n’iront pas en finale.

Les estimations précises des durées sont impossible, parce que je ne peux pas dire, avant d’avoir avancé profondément sur une section, combien de matériau dans mes fichiers va être vraiment fondamental et combien ne va pas être intéressant pour mon livre ou bien va être trop avancé. Beaucoup de

---

2. Base de Données

3. WayBack Machine.

la littérature récente consiste en une mise à niveau académique et est d'un intérêt limité pour moi ; les auteurs, de nos jours, introduisent souvent des méthodes ésotériques qui dépassent les techniques plus simples seulement lorsque la taille du problème excède le nombre de protons dans l'univers. De tels algorithmes ne seraient jamais importants dans une application réelle du programme. J'ai lu des centaines de tels papiers pour voir s'ils pourraient contenir certaines pépites pour les programmeurs, mais la plupart d'entre eux sont liquidés sans en obtenir grand chose.

Du point de vue de la planification, tout ce que je sais aujourd'hui, c'est que je dois digérer une énorme quantité du matériau que j'ai collecté et mémorisé pendant 45 ans. Je gagne un temps important en travaillant en mode batch : je ne lis pas les papiers en profondeur jusqu'à ce que j'en aie trouvé une douzaine d'autres sur le même sujet durant la même semaine. Quand je suis finalement prêt à lire ce que j'ai collecté à propos d'un sujet, il peut se trouver que je peux zoomer parce que la plupart du matériau est éminemment oubliable pour atteindre mes objectifs. D'un autre côté, je peux découvrir que c'est fondamental et consacrer des semaines d'étude au sujet ; et alors, je mets à jour mon site web et je note que le nombre 2015 est plus près de l'infini.

ANDREW : Fin 2006, on vous a diagnostiqué un cancer de la prostate. Comment allez-vous aujourd'hui ?

KNUTH : Naturellement, le cancer est un problème sérieux. J'ai des médecins très compétents. En ce moment, je me sens en aussi bonne santé que toujours, modulo le fait que j'ai 70 ans. Les mots viennent aussi librement quand j'écris TAOCP et quand j'écris des programmes littéraires qui précèdent les brouillons de TAOCP. Je me réveille le matin avec des idées qui me plaisent, et quelques-unes de ces idées me plaisent aussi plus tard dans la journée quand je les ai entrées dans mon ordinateur.

D'un autre côté, je me mets volontairement entre les mains de Dieu par rapport au temps qu'il me reste pour être encore capable de faire des choses avant que le cancer ou une maladie cardio-vasculaire ou la sénilité ou quoi que ce soit d'autre ne frappe. Si je devais mourir de façon inattendue demain, je n'aurais aucune raison de me plaindre, parce que ma vie a été incroyablement bénie. Inversement, tant que je suis capable d'écrire à propos de l'informatique, j'essaie de faire de mon mieux pour organiser et exposer au sujet des

dizaines de milliers de papiers techniques que j'ai accumulés et sur lesquels j'ai écrit des notes depuis 1962.

ANDREW : Sur votre site web, vous mentionnez que le service des Archives personnelles a récemment filmé une série de vidéos dans lesquelles vous revenez sur votre vie passée. Dans le morceau 93, "Conseil aux jeunes gens", vous expliquez que les personnes ne devraient jamais faire quelque-chose uniquement parce que c'est à la mode. Comme nous le savons tous trop bien, le développement logiciel est sujet aux modes comme toute autre discipline. Pouvez-vous donner des exemples qui sont actuellement en vogue, mais que les développeurs ne devraient pas adopter simplement parce qu'ils sont populaires en ce moment ou parce que c'est la manière dont ils se font actuellement ? Voudriez-vous identifier des exemples importants, en dehors du développement de logiciel ?

KNUTH : Hmm. Cette question est presque contradictoire, parce que je suis en train de conseiller aux jeunes gens de s'écouter eux-mêmes plutôt que d'écouter les autres, et je suis un des autres. Presque toute biographie de toute personne que vous pourriez imiter dira qu'il ou elle a fait beaucoup de choses contre la "sagesse conventionnelle" de l'époque.

De plus, j'ai horreur de rabaisser vos questions même si je déteste également offenser les sensibilités des autres personnes dans la mesure où la méthodologie du logiciel a toujours été proche de la religion. Avec l'avertissement qu'il n'y a pas de raison que quiconque se préoccupe des opinions d'un informaticien/mathématicien comme moi à propos du développement logiciel, laissez-moi juste dire que presque tout ce que j'ai entendu associé avec le terme "programmation extrême" semble être exactement le mauvais chemin à ne pas prendre... à une exception près. L'exception est l'idée de travailler en équipe et de lire le code des autres. Cette idée est cruciale, et elle pourrait même effacer à elle seule tous les aspects terribles de la programmation extrême qui m'alarment.

Je dois également confesser un fort biais contre la mode du code réutilisable. Pour moi, le "code rééritable" est bien, bien mieux que n'importe quelle boîte noire ou boîte à outils. Je pourrais continuer là-dessus encore et encore. Si vous êtes totalement convaincu que le code réutilisable est merveilleux, il est peu probable que je sois capable de vous faire changer d'avis, mais vous ne

me convaincrez jamais que le code réutilisable n'est pas principalement une menace.

Voici une question que vous auriez pu souhaiter poser : pourquoi votre nouveau livre s'appelle-t-il Volume 4 Fascicule 0, plutôt que Volume 4 Fascicule 1 ? La réponse est que les programmeurs de logiciels comprendront que je n'étais pas prêt à commencer l'écriture du Volume 4 de TAOCP à son réel point de démarrage, parce que nous savons que l'initialisation d'un programme ne peut pas être écrite tant que le programme n'a pas pris forme. Ainsi, j'ai commencé en 2005 avec le Volume 4 Fascicule 2, après quoi sont venus les Fascicules 3 et 4 (pensez à Star Wars, qui a commencé à l'Episode 4.)

Finalement, j'étais en disposition psychologique pour écrire les parties du début, mais j'ai rapidement réalisé que les sections introductives avaient besoin de contenir davantage de matériau que ne pouvait en contenir un seul fascicule. Alors, me rappelant la consigne de Dijkstra qui dit que le comptage devrait commencer à 0, j'ai décidé de démarrer le Volume 4 avec un Fascicule 0. Vous chercherez le Volume 4 Fascicule 1 plus tard dans l'année.

---

*Andrew Binstock est analyste principal à Pacific Data Works. Il écrit des articles pour SD Times et contribue comme éditeur senior à InfoWorld magazine.*

Traduction d'un All Questions Answered (AQA)

par

DONALD KNUTH

à

GOOGLE, 24 MARS 2011

BILL : C'est un grand plaisir pour moi que d'accueillir Don Knuth en visite chez Google aujourd'hui. Don et moi étions juste en train de discuter, nous nous sommes rencontrés au milieu des années 70, et Don, vous savez, est un homme très jeune, je suis un très vieil homme, mais il semble que cela fait longtemps. Mais Don a fait un certain nombre de choses.

Il a reçu un nombre faramineux de récompenses. Il est difficile d'en dire assez le concernant. Je pense que beaucoup de personnes le considèrent comme, vous savez, l'informaticien vivant le plus important. Et je... il a voulu venir aujourd'hui et avoir une sorte de séance libre de Questions & Réponses et je pense que du coup, vous êtes venus armés de nombreuses questions.

Je pense qu'il est possible qu'il dédicace un livre ou deux après cette séance. Je comprends qu'un certain nombre d'entre vous aient pu amener de telles choses, mais on fera ça après. Mais avant ça, laissez moi souhaiter la bienvenue à Don Knuth.

KNUTH : Salut à tous. Ok, merci, Bill. Oui. Je ne suis pas sûr de pouvoir rencontrer Lady Gaga. Mais en tous cas, quand j'enseignais à Stanford, notre dernier jour de classe était réservé à toutes les questions auxquelles il fallait répondre. Et je disais à tous qu'ils pouvaient quitter la classe s'ils le souhaitent, mais que s'il y avait une question qu'ils voulaient me poser, comme ils avaient payé leurs frais d'inscription et tout ça, c'était le moment de le faire. Et ils pouvaient poser des questions sur n'importe quel sujet, excepté la religion, la politique ou leur examen final.

Maintenant, il y a deux ans, il y a environ deux ans chez Google, j'ai donné une conférence qui est lié à... qui a quelque-chose à voir avec la religion. Et la politique est en quelque sorte déprimante, mais si vous voulez poser des questions sur n'importe quoi, je... vous savez, je ferai encore tout mon possible mais il est vraisemblable que je donne de meilleures réponses sur les sujets que je connais bien. Et je comprends que quelques personnes ont soumis leurs questions et alors elles vont choisir les meilleurs d'entre elles pour voter ou n'importe quoi mais admettons, voyons, vous savez, j'espère que les questions ne sont pas des questions fréquemment posées.

Ok. Actuellement en tête, ok, bon, dois-je mentionner le nom de la personne qui a posé la question ? Est-ce que cela se voit sur votre table ? Qu'importe.

Ok, donc, allons-y “Quel est le théorème le plus contre-intuitif et quel est celui que vous trouvez le plus beau?”. Ok. Bon, donc ce genre de classement des choses selon un critère à une seule dimension, je suis content de... Non, avant tout, nous projetons les choses selon l’aspect contre-intuitif, et selon l’aspect beauté. Ok, je veux dire, quelque part, si vous demandez à un parent lequel de ses enfants il préfère ou un truc comme ça. Ok, contre-intuitif... Est-ce que quelque-chose m’est intuitif? Du coup, je devine... allant vers de plus en plus de dimensions, notre intuition semble être de pire en pire. Je comprends George Dantzig qui a dit un jour que notre intuition des dimensions ne vaut rien. Je n’utilise pas ce genre de langage moi-même mais cependant, je pense que les choses que nous faisons dans les espaces en grande dimension et quelques-unes de ces méthodes maintenant qui gèrent plusieurs degrés de liberté, en quelque sorte, nous pouvons les projeter sur quelque-chose que nous pouvons contrôler, ces choses donc, sont vraisemblablement les plus beaux théorèmes en informatique, mon Dieu...

C’est toujours la chose que j’ai apprise le plus récemment, je crois, que je préfère, mais elle a beaucoup de concurrentes. Et alors, il y a ce lien entre l’informatique et les mathématiques qu’il est difficile de décrire. Du coup, voyons, maintenant... je vais essayer de construire ce que je trouve très beau parce que l’année passée, j’ai joué avec une structure de données appelée ZDD qui n’est pas son meilleur nom mais qui est le meilleur nom que j’ai trouvé pour représenter des familles d’ensembles. Et les familles d’ensembles couvrent de très, très nombreuses applications de toute sorte, et c’est... et j’ai joué avec... vous savez, j’ai commencé par penser que j’aurais juste à en parler dans une seule page du Volume 4 et un an après, j’avais presque 100 pages d’introduction à leur sujet et j’étais encore en train d’apprendre davantage de choses à propos de ces ZDD. Je pense qu’elles sont une très belle construction qui mérite d’être étudiée beaucoup plus et explorée, et bientôt, les gens trouveront plus de raisons de les utiliser. Maintenant voyons, dois-je alterner entre ces questions écrites et des questions de l’audience? Ok, du coup, prenons quelqu’un qui a une question en bas.

**BILL** : La rumeur court qu’il y a un extraordinaire orgue à tuyaux pas loin de l’endroit où vous habitez. Y-a-t-il quelqu’un d’autre (que vous), un autre organiste, qui a joué de cet orgue, et quel est votre morceau préféré qui a été joué sur cet orgue?

KNUTH : Ok. Bon, yeah, j'ai... si vous regardez dans *L'Art de la programmation des ordinateurs* Volume 3, index sous... Est-ce que tout le monde a entendu la question ? C'est à propos des orgues à tuyaux. Si vous cherchez dans l'index du Volume 3, sous "Royalties, utilisation", ça vous amènera à une photo qui représente un orgue à tuyaux. Et du coup, après que nous ayons vendu quelques exemplaires du Volume 1, 2 et 3, j'ai pu satisfaire mon rêve et acheter un vraiment bel instrument, chez moi. Et je sais qu'Alan Kay a lui aussi un grand orgue dans sa maison en Californie du sud. Mon père était organiste et j'ai pris quelques leçons quand j'avais 13 ans pour apprendre à jouer de l'orgue.

Et alors, j'ai été appelé quand j'étais à Pasadena en tant qu'étudiant, j'étais... brutalement, l'organiste de l'église à laquelle j'allais a eu un décollement de rétine et ils m'ont appelé un samedi et m'ont dit "Don, avez-vous vraiment pris des leçons d'orgue pendant un an quand vous étiez adolescent ? Pouvez-vous le remplacer ?". Et j'ai alors appris toute la merveilleuse littérature qui avait été écrite pour orgues à tuyaux et j'ai trouvé quelques personnes à Pasadena qui avaient un orgue chez eux. Du coup, c'est devenu mon rêve et j'ai été capable de le réaliser au milieu des années 70. Et j'ai cherché... je pensais que peut-être, je pourrais trouver quelqu'un au Danemark qui en fabriquerait un pour moi parce qu'ils avaient de si beaux instruments. Mais c'est devenu impraticable parce que je ne pouvais pas... ils ne pouvaient pas me donner un prix fixe pour cet orgue.

Et du coup, finalement, j'ai trouvé un très bon constructeur à... près d'UCLA et ils fabriquent 4 orgues par an et celui qui est chez moi est un bijou. Du coup, nous avons parfois des personnes de l'Association de Organistes qui viennent faire des récitals sur cet orgue. Et alors, comme si vous... si vous êtes organiste, venez me voir après et vous pourrez venir et l'essayer. Les étudiants de Stanford l'ont utilisé pour s'entraîner mais il n'y a pas tant d'étudiants organistes de nos jours qu'il y en avait avant.

BILL : Merci. Je viendrai vous voir après.

KNUTH : Oui. Maintenant, la question suivante ici : "De quels problèmes pensez-vous que Google ou l'industrie en général devraient les attaquer mais ne le font pas ?" Ok. Ainsi Google... ok, bien, je vais juste... une autre grande question. Je vais vous en donner une. Dans Google maps, un clic arrière... une

facilité que je peux obtenir des coordonnées GPS, je peux cliquer sur Google maps et alors, j'ai un moyen de trouver les coordonnées GPS. Cela marchait l'année passée jusqu'à novembre mais ça ne marche plus maintenant. Et si vous googlez des coordonnées GPS dans Google maps, vous trouverez beaucoup d'autres utilisateurs furieux qui ont raté cette fonctionnalité, du coup, ok.

Une autre question... J'en prendrai une autre à l'écran. "La plupart des fruits mûrs de l'informatique ont déjà été cueillis et disséqués en détail. En voyez vous un que, de façon surprenante, personne n'essaierait de cueillir?". Ok. Ainsi, voyez-vous, c'est... c'est vrai qu'il y a de nombreuses choses qui ont été disséquées en détail mais il semble toujours... même en informatique, il semble que les gens suivent toujours les mêmes routes. Et cela m'amuse de voir le nombre de fruits mûrs qui apparaissent dans ma conscience, et également en informatique et en mathématiques, qui étaient là tout autour, vous savez, depuis des centaines d'années ou plus. Les problèmes qui sont très... juste par exemple, l'année passée, je... Voyons... Comment ça s'est passé?... J'étais en train de finir le Volume 8 de mes Œuvres complètes, en tout 8, et je devais donner une fiche à ces livres parce que je dois admettre que j'adore ça plus que je ne peux l'expliquer.

Mais il avait été décidé il y a de nombreuses années, plus de 20 ans en arrière, que les papiers qui avaient été écrits seraient publiés sous forme d'archives avec tous les bugs enlevés et en ajoutant de l'information supplémentaire à propos des développements depuis que les papiers avaient été écrits et qu'ils seraient publiés en étant divisés en huit domaines. Le premier sujet, la programmation littéraire, et le second sujet étaient généraux, l'informatique en général pour les non-spécialistes et le troisième livre avait pour sujet la typographie et tout ça. Bon, le huitième livre, le huitième de ces huit-là, c'étaient des papiers sur les jeux et distractions, et je l'avais gardé pour le dessert. C'était celui... vous savez, comme, j'ai connu ça, vous savez, celui que vous gardez pour la fin, cela me permettait de passer à travers tous les autres livres. Et alors, quand j'aurais eu écrit tout ça... finalement, je fermerais la porte sur ces papiers que j'avais écrits. Depuis ce temps, je n'ai plus écrit d'articles. J'ai *L'Art de la programmation des ordinateurs* mais je n'en ai plus écrits... sauf 17 que j'ai ajoutés, il y a 17 chapitres dans ce livre d'articles qui n'avaient jamais été publiés.

Et deux de ces chapitres que j'ai écrits l'année passée pourraient, sur des sujets dont vous pourriez dire que ce sont des sujets qui amènent peu de fruits, des choses qui, vous savez... la recherche en était là... dans l'un des cas, il s'agissait des promenades de cavaliers. J'ai appelé ce chapitre "Les longues et maigres promenades des cavaliers". Et j'ai étudié le nombre de manières dont on pouvait se promener sur un damier de trois colonnes et lignes. Et il s'est avéré que c'était un problème vraiment intéressant, un réel défi. Cela m'a appris beaucoup de mathématiques de m'attaquer à ce problème. J'ai pu obtenir le... je ne peux pas vous dire le nombre exact qu'on obtient finalement. Et je peux vous dire les nombres asymptotiques et les classer de différentes manières qui me surprennent. On aurait dit que c'étaient des fruits inintéressants parce que vous n'avez pas besoin de tant de... je veux dire, les gens ont pensé à ce problème depuis 200 ans.

De plus, il y avait un autre problème ouvert appelé les promenades des cavaliers celtiques qui est un problème similaire à celui des promenades de cavaliers mais il est particulièrement beau parce qu'ils n'ont presque jamais trois lignes qui se touchent les unes les autres et du coup, vous pouvez réaliser de très beaux nœuds celtiques à partir des formes en tous cas. Un autre exemple qui est sorti là... et qui n'avait pas été demandé il y a deux semaines, Ron Goem m'a parlé du problème suivant : prenez un entier, écrivez-le en binaire, du coup vous obtenez une séquence quelconque de 0 et de 1. Vous pouvez toujours le couper, couper la chaîne en deux sous-chaînes de façon à ce que la somme des... considérez chaque sous-chaîne comme un nombre binaire. La somme de ces nombres binaires est une puissance de 2.

Ce n'est pas facile mais en quelque sorte, ça tire vers le bas, je dirais. Vous savez, essayez mais ne pensez pas à ce problème avant d'aller dormir parce que j'étais juste... je lisais l'information... comment ça s'appelle? apprendre aux toilettes? Ca vous apprend comment avoir une bonne nuit de sommeil. Donc en tous cas, de façon surprenante, il y a encore de nombreux fruits mûrs et continuez à poser des questions. Ce n'est pas... ce n'est vraiment pas comme si tout avait été complètement exploré. Oui?

BILL : Plus tôt, vous parliez des coordonnées GPS ou... désolé...

KNUTH : Oui.

BILL : ...à propos des [indistinct] dans Google Maps ? Il y a une fonctionnalité dans le Lab qui vous permet d'avoir ça au curseur de souris non ?

KNUTH : Il y a quoi ?

BILL : Vous pouvez activer une fonctionnalité du Labs.

KNUTH : Une fonctionnalité du Labs ?

BILL : Oui, si vous configurez les paramètres.

KNUTH : Ok. Bon, dites-moi ce qu'il en est de la manière dont... parce que habituellement, à travers mes cartes, j'avais l'habitude d'obtenir un fournisseur de position mais ils ont stoppé cette fonctionnalité [indistinct], ils utilisent un code java pendant ma navigation.

BILL : Bon, oui, je ne suis pas trop familier avec ce que vous utilisez mais si vous voulez seulement les coordonnées GPS, vous pouvez toujours les obtenir.

KNUTH : Vous savez, je peux faire cela facilement avec Google Earth. Mais avec Google Maps, je veux pouvoir le faire facilement. Et j'ai cherché... personne n'a publié cette solution.

BILL : Bon, vous pouvez les obtenir avec le curseur de souris.

KNUTH : On peut les obtenir avec ça ?

BILL : C'est juste le curseur de la souris.

KNUTH : Un curseur de souris ?

BILL : Oui. Il y a un plug-in pour ça.

KNUTH : Oh, plug in.

BILL : Ou un plug-in dans Labs.

KNUTH : Un plug-in dans Labs. Ok. Très bien.

Bon, je vous remercie. Avec l'augmentation de la puissance des processeurs et l'adoption de langages de haut niveau indépendants des machines, il y a une perception commune qui est que d'être près du hardware n'a plus aucune importance. Quel impact cela a-t-il sur le domaine d'étude ? Je n'aime pas... Je ne suis pas d'accord avec cette idée que cela n'a plus d'importance. Cela n'a plus d'importance pour de nombreuses personnes mais c'est juste relatif.

Et les nombres absolus probablement ont de l'importance... Je veux dire, nous pouvons encore utiliser une puissance de plus en plus grande. Il y a tous les problèmes pour lesquels on veut augmenter l'enveloppe et faire mieux et du coup, si vous ne faites que... pour beaucoup de problèmes, il n'y a pas cet enjeu... dans la plus grosse partie du temps que j'emploie à faire quelque-chose, si ça va mettre... vous savez... mettre une microseconde plutôt que 10 secondes. Du coup, ça n'a pas d'importance, vous savez, et alors j'écris des programmes vraiment inefficaces pour résoudre certains problèmes mais [indistinct] quand je... quand j'étudiais ces problèmes de promenades de cavaliers, je devais trouver l'inverse d'une matrice de polynômes de taille 700 sur 700 et du coup, je devais penser à ça et je devais savoir un peu mieux de quoi il retournait. Et si des personnes... imaginez une génération entière grandissant avec cette philosophie que vous n'avez pas besoin de vous préoccuper... que vous n'avez pas besoin de connaître quoi que ce soit aux problèmes matériels, alors les programmes qu'ils vont écrire vont être vraiment mauvais. Et alors, bien sûr, il va y avoir pas mal de fruits à ramasser pour les personnes qui voudront faire des améliorations. Ok, question suivante.

“La programmation littéraire n'a jamais vraiment décollé bien qu'il y ait quelques langages de scripts qui aient un peu amélioré la lisibilité des programmes. Qu'est-ce qui a gêné l'adoption de la programmation littéraire d'après vous ?” Oui. C'est une question à laquelle, bien sûr, j'essaie de répondre mais la programmation littéraire est si chère à mon cœur que mon point de vue à son sujet est complètement biaisé et du coup, je... vous devez le prendre en compte par rapport à ce que je dis.

A nouveau, dans les nombres absolus, vous avez des dizaines de milliers de personnes qui utilisent la programmation littéraire. Mais là encore, c'est probablement moins de 1 % des gens probablement. Et... mais j'ai au moins un

programme que j'ai écrit qui était si compliqué que j'ai totalement cru que je ne serais jamais capable de le terminer si je n'avais pas eu la programmation littéraire pour organiser mes pensées et réussir à le faire. C'est le méta-simulateur pour mon ordinateur MIX. J'ai eu cette machine-à-risque que vous pouvez configurer facilement d'un très grand nombre de façons.

Vous pourriez dire... Vous pouvez dire pour chaque instruction... et vous pouvez imaginer... vous pouvez simuler comment ce serait si vous aviez un processeur avec beaucoup plus de choses que celles que vous savez construire à ce moment-là. Mais en tout cas, j'ai écrit ce simulateur et ça a été le plus grand challenge que j'ai jamais affronté en programmation, je pense. Et avec la programmation littéraire, j'ai été capable de le terminer en une année mais sans la programmation littéraire, je pense que j'aurais totalement échoué. Donc la programmation littéraire... pour moi, n'est pas seulement belle ; elle est en quelque sorte essentielle. Elle est aussi belle parce que j'écris une moyenne d'un programme par jour. Quelques-uns sont plus longs que d'autres, d'autres sont plutôt courts. Mais avec cette méthode de la programmation littéraire, cela marche vraiment pour moi et cela me rend heureux. Maintenant, d'un autre côté, vous savez, moins de 100 % du monde l'aime. C'est parce que la manière dont... vous savez, je lis beaucoup de code et il y a une généralité qui est que un grand nombre des meilleurs codes que je vois adhèrent à un certain ensemble de conventions qui sont plutôt bien.

Il n'y a rien qui soit plus proche du bien que ne l'est la programmation littéraire, une fois encore, ils sont aussi bons qu'ils sont adéquats. Et ainsi... et ils sont compris par une grande communauté et du coup, les gens peuvent... vous savez, les gens connaissent ce style et c'est une langue franche. Pour moi, leur dire "Jetez ça et mettez-vous à la programmation littéraire", c'est pareil que de dire "Bon, vous savez, mettons-nous à l'Esperanto plutôt qu'à l'anglais", ou à une autre langue qui pourrait être même mieux que l'Esperanto, vous savez. Leur dire ça ne serait pas très logique. L'anglais est encore assez bon, et je ne vais pas changer de langue puisque je parle anglais. Du coup, vous savez, pourquoi devrais-je dire à des gens de changer un style de programmation qu'ils utilisent tous et qui est suffisamment bon ? Du coup, Jon Bentley pourrait s'arracher les cheveux parce que les gens qui aiment le plus la programmation littéraire sont des personnes qui aiment aussi... semblent être des personnes qui aiment aussi écrire, vous savez, des blogueurs et des enseignants. Parce que quand vous écrivez un programme littéraire, vous êtes

comme face à une classe, vous écrivez pour une audience humaine plutôt que pour un ordinateur pour qu'ils comprennent ce que vous essayez d'expliquer à un autre programmeur. Du coup, il y a un certain pourcentage mondial qui est bon pour programmer et vous devez être dans cette intersection des deux pour vraiment augmenter votre niveau de programmation.

Du coup, c'est peut-être pour ça que ça n'a pas vraiment décollé. En plus, vous savez, si Google faisait un test "nous allons écrire le programme du test en programmation littéraire", ça rendrait peut-être en fait Google encore meilleur qu'il ne l'est actuellement. Mais en tous cas, je ne vais pas changer et je pense que de nombreuses personnes comprennent... Je peux pointer de très gros programmes et il y a des personnes qui comprennent mieux ces programmes que d'autres, que les autres programmes de leur domaine. C'est mon point de vue sur cela. Une chose de plus, cependant, mon livre sur les jeux et casse-têtes, le dernier chapitre... ok, je ne sais pas combien de personnes le savent, mais ma première publication était dans MAD Magazine et vous savez, quand j'ai... quand j'étais jeune homme au lycée, je... cet article est sorti et tout ça, ce chapitre un... de mes papiers sur les jeux et casse-têtes. Le dernier chapitre est aussi... est aussi fou et c'est un petit discours que j'avais donné l'été dernier quand j'avais promis que... les gens me demandaient le futur de la technique et je disais "Bon, j'ai décidé que tout ce que j'avais fait sur ce projet était une erreur et alors, j'ai démarré ça... j'ai démarré secrètement cette boîte et j'ai ce nouveau produit qui sort qui ne va pas seulement permettre de faire de la conception en trois dimensions mais c'est aussi... vous savez, ça inclut la manufacture à la demande. Et ça inclut aussi des choses comme des moteurs de recherches et du réseau social, et vous savez, il résoud aussi les équations différentielles. Et, vous savez, il est entièrement écrit par des dessins".

Et bien sûr, nous avons abandonné la programmation littéraire parce que, comme tout le monde le sait "la documentation des programmes, c'est la plaie". Ok ? Du coup, ça a été le paragraphe le plus dur à écrire pour moi. Mais je pensais que je devrais utiliser une sorte de fin de livre pour en avoir un. Vous savez, j'ai commencé à MAD magazine et je devais avoir quelque chose qui serait en quelque sorte ma dernière publication. Ok. Jeff ?

JEFF : Monsieur, utilisez-vous call/cc sur ce programme ?

KNUTH : Est-ce que j'utilise des morceaux de call... ?

JEFF : Call/cc sur vos programmes organigrammes ?

KNUTH : Oh.

JEFF : Très bien. Voici ma question. C'est une question de recherche de masse. Ce matin, j'ai utilisé une recherche sociale pour trouver le nom d'une technique stupide appelée "appariement de score par propension". Et du coup, parfois, je sais qu'il y a des concepts mathématiques qui existent mais je ne sais pas quel est leur nom et je voudrais le trouver. La recherche des séquences d'entiers est un bon exemple d'une technique de recherche qui me permet de trouver, vous savez, de trouver...

KNUTH : Oui. Le manuel *The Online Encyclopedia of Integer Sequences* (OEIS), vous pouvez trouver votre chemin dans la littérature si vous pouvez...

JEFF : Exact.

KNUTH : ... si vous pouvez calculer les six premiers termes d'une séquence, vous trouvez s'il y a quelqu'un qui s'est déjà intéressé à ça.

JEFF : Exact.

KNUTH : Oui.

JEFF : Du coup c'est... c'est une bonne solution. Mais ça ne résoud pas tous les problèmes. Du coup, comment faites-vous... quand vous savez qu'il y a eu un concept mathématique sur lequel vous avez trébuché mais dont vous ne connaissez pas le nom...

KNUTH : Oui.

JEFF : ... comment trouvez-vous le nom de ce concept pour ne pas avoir à tout réinventer ?

KNUTH : Ok. Bon, la réponse à la question, c'est que j'ai 73 ans maintenant et que j'ai développé un réseau d'un tas d'amis et vous savez, du coup,

je...

BILL : Recherche sociale alors.

KNUTH : Oui, exact. [indistinct]. Du coup, je sais à qui demander, vous savez, mais si c'est un champ complètement nouveau, alors je n'ai pas vraiment de bonne méthode personnellement. Mais, je... de temps en temps... vous savez, il y a certaines questions que je pose à Ira Gessel ou autres, Richard Stanley, ou vous savez, Jeff Almonds, etc. Et vous savez, par chance, je peux descendre dans le hall de Stanford et obtenir les réponses à la plupart des questions et nous nous retrouvons pour manger chaque semaine. Du coup, c'est ça ma solution. Mais ça n'est pas une solution algorithmique du tout.

JEFF : Oui. Vous ne mettez pas très bien à l'échelle.

KNUTH : Je ne quoi ?

JEFF : Vous ne mettez pas à l'échelle.

KNUTH : Je ne... bon...

JEFF : Je ne peux pas faire la même chose, vous savez...

KNUTH : Eh bien, en fait, ce serait terrible. Je veux dire, s'il y avait... Mettons-nous face à l'idée. S'il y avait 10 personnes comme moi au monde, nous n'aurions pas le temps de lire les livres des autres. Ok. "Combien de preuves de  $P \neq NP$  avez-vous vues ? Quelle est votre opinion là-dessus,  $P=NP$  ou  $P \neq NP$  ? Quand pensez-vous que la question va être résolue ?" Oh, mec. Ok. Bon, j'en ai eu une la semaine passée... et un gars m'a envoyé un code Java qui semble prouver que  $P=NP$  et je suis presque sûr qu'il trouve un nombre de cliques maximales, et je suis presque sûr qu'il génère les données à partir d'un ensemble de problèmes pour lequel vous pourriez trouver le nombre maximal de cliques en temps polynomial, vous savez,  $n^3$  étapes en moyenne. Du coup, ça donne l'impression que  $P=NP$  en cela puisque le nombre de cliques maximales est un problème NP-complet. D'un autre côté, vous savez, vous devez être capable de résoudre tous les problèmes en un nombre d'étapes maximal polynomial pour obtenir que  $P=NP$ . Néanmoins, son algorithme pourrait être vraiment intéressant sur des problèmes pra-

tiques.

Et du coup, je l'ai enregistré pour lire son code quand je serai parvenu au point où je serai en train d'écrire les techniques pour les cliques maximales. Ok, maintenant, j'ai passé beaucoup de temps dans ma vie à tester des preuves que  $P=NP$  et  $P \neq NP$  et il y a quelques années, j'ai dépassé le seuil du nombre de preuves à lire dans une vie. Et alors, je ne le ferai plus jamais.

Mais néanmoins, il y a une chose assez sérieuse que beaucoup de gens ont vu pendant six mois et il s'est avéré qu'on n'avait pas un panorama du domaine et que les idées ne devaient pas être rejetées d'emblée. Maintenant j'ai aussi lu des preuves sur la quadrature du cercle, dans ma jeunesse. Ok. Maintenant, j'ai cette opinion... A ma surprise, j'ai trouvé que j'avais déjà donné cette opinion il y a 15 ans mais j'ai peur que par rapport à cette question, quelqu'un finisse par prouver que  $P=NP$  peut être dans 50 ans. Et la preuve va être quelque chose comme ça :  $P=NP$  parce qu'il y a seulement un nombre fini de raisons qu'il ne puisse pas l'être. En d'autres mots, une preuve qui ne nous donnerait pas d'algorithme, qui prouve seulement, vous savez, qu'il existe un exposant tel que... mais un algorithme que nous ne connaissons jamais, c'est juste... dehors. Et du coup alors, c'était la mauvaise question à poser... même à moi. Maintenant, nous avons déjà eu des cas comme ça. Il y a des théorèmes profonds en théorie des graphes qui disent que certains types de graphes, que vous souhaitez tester, peuvent être testés en temps polynomial, mais personne ne connaît les algorithmes. Nous savons juste qu'il y a seulement un nombre fini de cas à tester mais nous ne savons pas quels sont les cas en question. Nous savons juste que ce n'est pas infini. Et, vous savez, il y a des gens [indistinct] qui décrivent quelques-uns des paradoxes qui découlent de ça. Du coup, il me semble de plus en plus que le nombre d'algorithmes va devenir de plus en plus grand, immense, et montrer qu'aucun de ces algorithmes est en un temps polynomial, peut être très long.

BILL : Bonjour. Je ne sais pas si cela touche davantage la philosophie mais croyez-vous que la programmation est plus un comportement émergent des maths ou bien est-ce une entité propre qui s'avère juste être bien décrite par les maths ?

KNUTH : Ok. La connexion entre la programmation et les maths... l'émer-

gence des mathématiques. Mon sentiment personnel à ce propos est le suivant : les mathématiques et l'informatique sont deux sciences non-naturelles, elles sont faites par les hommes. Nous devons décrire les règles et la manière dont l'univers fonctionne n'affecte pas ces règles ; nous créons notre propre univers et nous décidons, vous savez, nous pouvons concevoir nos modèles informatiques et nous pouvons écrire les axiomes pour un problème mathématique. Alors que les physiciens et les chimistes et les biologistes et etc. sont... ont un problème différent. Ils veulent savoir ce qu'il y a vraiment dans le monde réel. Maintenant, à propos de nos deux matières, les mathématiques et l'informatique sont-elles vraiment les deux côtés d'une même pièce ou sont-elles deux pièces différentes ? Je pense profondément qu'elles sont différentes mais j'ai essayé de convaincre Bill Thurston et il... n'était pas d'accord avec moi. C'est une opinion que je ressens profondément, quand je revêts mon costume de mathématicien, plutôt que quand je mets ma cape d'informaticien.

Vous savez, je suis dans un mode ou dans l'autre. Et parfois, pour moi, la plus grande différence entre nous est que les mathématiciens travaillent la plupart du temps sur des théories unifiées où l'on a un ou deux axiomes qui en quelque sorte s'appliquent tout le temps alors qu'en informatique... je traite plutôt là de choses hétérogènes dans lesquelles il y a un cas un, un cas deux, un cas trois, et nous avons des choses différentes qui ont lieu dans différents états. Et nous avons une instruction d'affectation où nous pouvons juste dire  $X$  est remplacé par  $2X$ . Du coup, la valeur de  $X$  a disparu. Pour les mathématiciens, c'est un concept bizarre. Donc je pense que ce sont des mentalités différentes, des approches différentes, et je peux même parfois dire "Bon, en tant qu'informaticien, je suis coincé là."

Je vais traduire mon problème en langage mathématique et alors, je, vous savez, je pense mathématiquement quelques instants, et alors, cela m'amène à quelque-chose d'autre. Et là, c'est mathématiquement que je suis coincé et du coup, je reviens, je remets mon chapeau d'informaticien et j'essaie de faire un raisonnement constructif ou bien j'imagine une structure de données qui m'aide à comprendre quel est le côté mathématique. Donc, je pense qu'ils sont différents mais je n'ai pas réussi à convaincre Bill Thurston. Maintenant, c'est... les autres choses que les informaticiens... Du coup, je peux conclure cela en disant nous avons tous des points positifs et des points négatifs. En conséquence, il y a des problèmes au monde que les mathématiciens ne font

pas très bien parce qu'ils sont en quelque sorte hétérogènes de façon inhérente. Rien d'uniforme ne peut les décrire tous. Et alors, les mathématiciens ne vont pas, ne seront pas à l'aise du tout avec cela alors que les informaticiens peuvent couper ça en plein milieu comme on le fait avec un couteau à beurre, vous savez. Mais d'un autre côté, il y a des problèmes qui ont un modèle uniforme et un informaticien pourrait ne pas le voir parce que nous pouvons trouver un cas un, un cas deux, un cas trois, et une manière de l'attaquer est vraiment très inélégante et rate l'unité sous-jacente. Donc, pour moi, c'est ça la différence.

BILL : Merci.

KNUTH : Vous savez. "Comment votre engagement musical a-t-il affecté votre informatique et vice versa?". Je pense qu'il y a quelque-chose en commun aux deux à propos des formes et... mais c'est juste un amour des structures qui semble présenter un haut niveau de corrélation avec la sorte de pensée qui est commune aux mathématiques et à l'informatique. A Stanford, nous avons, une fois, la dame qui était en quelque sorte à la tête de notre département, d'un point de vue exécutif, elle venait d'une haute école de droit et elle disait qu'il y avait une différence incroyable entre les écoles de droit et le département d'informatique. En musique, les étudiants étaient intéressés par la musique, les musiciens. C'était complètement différent de ce qu'elle avait expérimenté dans l'autre école. Pourtant, je pense qu'il y a probablement quelque-chose de ça, bien que... alors, dans les années 70, nous avons l'habitude de demander à nos étudiants diplômés entrant comme première question "quelle est votre instrument?". Et nous avons des cas comme le [indistinct]. Je ne sais pas si vous vous rappelez de ces sons [indistinct] lors de l'examen oral, il donnait un récital de violoncelle. Et vous savez, nous avons des soirées étudiantes et nous faisons de la musique de chambre. Et du coup, c'était... c'était beaucoup plus le cas dans les années 70 que dans les années 80, parce qu'une année, je suis arrivé auprès des étudiants entrants et je leur ai demandé "Quel est votre instrument?". Et il s'est avéré qu'un gars jouait de l'harmonica et qu'un autre a fait une imitation d'Abba. Et personne d'autre ne jouait de la musique du tout cette année-là. Et j'ai demandé "Bon, vous savez, quel est votre hobby principal?". Et il s'est avéré que plus de la moitié d'entre eux cette année-là faisaient des courses à vélo. Donc il y a eu un changement dans la population et je ne comprends pas pourquoi et je ne sais pas ce qu'il en est maintenant. Cependant, je crois que ces choses vont

ensemble mais c'est peut-être, vous savez, si je vis assez longtemps, j'aimerais composer de la musique avec quelques-unes des idées algorithmiques que j'ai. Et ainsi, peut-être que je pourrais influencer la musique de cette façon. Comment la musique influence-t-elle un programme que je peux écrire.

La prochaine question ici était : "Vous êtes très connu pour votre intérêt dans les contributions à la typographie digitale. 30 ans après la sortie de TeX, quelles sont vos pensées sur l'état actuel de la typographie comme elle apparaît sur le web et sur d'autres media digitaux?". Et de façon basique, je suis optimiste à propos de tout ça, vous savez, j'ai un Nexus S et il utilise de merveilleuses polices. J'aime la typographie que je vois. Et je pense que les personnes commencent à comprendre les fontes. Je devine, je veux dire, les seules prédictions que je... je suis célèbre pour ça les prédictions. En fait, c'est probablement un des... le fait que je puisse prédire la difficulté de réalisation d'une chose, c'est que j'ai commencé à travailler sur la typographie en premier lieu et depuis, il y a eu *L'Art de la programmation des ordinateurs* et un bouquet d'autres trucs. Mais j'ai prédit que les concepteurs de fontes deviendraient les héros et ça s'est avéré être assez proche de la réalité...

BILL : Du coup, j'ai une question très similaire à l'une des questions précédentes. Maintenant, les enfants grandissent en utilisant des ordinateurs comme ceux des téléphones cellulaires, partout, même les petits, tout petits enfants. Et puisque les ordinateurs deviennent de plus en plus compliqués, vraiment, quel impact à long terme pensez-vous que cette utilisation intensive aura ? Aurons-nous plus de personnes qui comprendront comment tout ça marche ou bien cela deviendra-t-il quelque-chose de magique, que seulement peu de personnes comprennent vraiment ?

KNUTH : C'est un paradoxe et je souhaiterais le savoir. Je vous donne seulement quelques idées, mes petits-enfants sont complètement fascinés par quelques applications dont vous diriez qu'elles sont chouettes comme la programmation, et ils mettent des objets ensemble, et les objets peuvent bouger. Et je n'arrive pas à me rappeler du nom des systèmes qu'ils fabriquent. Du coup, ils font plus que jouer passivement à des jeux, bien que les jeux soient, vous savez, j'aurais dû dire que j'ai pu passer des heures à faire rouler des dés, et je faisais bouger des chevaux le long d'un parcours, quand j'étais à l'université. Je veux dire que la chose équivalente est maintenant de faire des choses sur les ordinateurs.

Et d'un autre côté, Nick Trefethen m'a raconté il y a trois ans que son fils va dans la meilleure université d'Oxford et Nick est allé là-bas pour parler un peu aux enfants de l'école de son fils et il a trouvé qu'aucun d'entre eux n'avait jamais écrit un programme ou même n'en avait eu l'idée. Du coup, c'est pourtant... c'est une situation très étrange à laquelle nous sommes confrontés. Et vous pensez que jadis... je veux dire, les gens apprenaient avec des Legos et Karel le robot et tout ça. Et maintenant, il y a beaucoup plus de systèmes comme celui-ci qui sont très fascinants. Vous connaissez probablement celui qui s'appelle ChucK de Stanford et le MIT a celui-ci qui a été conçu à l'ACM l'année passée, et il y en a d'autres, bien plus. Mais je ne sais pas si cela changera... à travers toute ma carrière, le nombre de personnes, environ des centaines de personnes, ça a été à peu près stable d'être né pour être informaticien. Vous savez, il y a des geeks comme moi. Ils ont... nous avons une manière particulière d'organiser l'information dans notre tête et cela arrive à un certain point quand on est jeunes. Et je vois l'informatique comme quelque-chose que je fais parce qu'il se trouve que je suis bon pour faire ça, non pas parce que j'aurais une sorte d'exhortation à le faire, vous savez. "La programmation d'aujourd'hui n'est pas fondamentalement différente de la programmation il y a quelques décennies en arrière. Comment l'industrie a-t-elle pu rater cette idée et comment cela pourrait-il changer dans le futur ?" Ok.

J'aimerais répondre à propos de l'industrie que je... ma propre expérience consiste à écrire des livres et je ne sais pas. "Combien de personnes ont vraiment encaissé les 2.56 \$ pour une correction d'erreur?". Maintenant je pense que vous savez que je récompense les personnes qui trouvent des erreurs dans mes livres. Quand j'ai commencé, c'était 1.00 \$ dans les années 60 et alors, vous savez, dans la seconde édition, c'est monté à 2.00 \$. A un autre moment, c'est passé à 2.56 \$ qui a semblé une somme d'argent appropriée. Je devais, et au fil des années, je l'ai fait... les gens habitués à faire ces vérifications souvent et cela a touché notre compte en banque. Du coup, j'ai eu le mien propre, vous savez, j'ai eu mon propre compte parce que les autres comptes ne permettaient pas des retraits d'espèces. Maintenant, il se trouve que le transfert de fonds électroniquement est incroyablement peu sûr. Je veux dire que les banques n'ont presque pas de sécurité. Les banques croient n'importe quel message électronique qu'elles reçoivent. Et les escrocs ont appris comment faire, du coup si quelqu'un regarde un chèque que vous écrivez, vous écrivez

un chèque personnel qui a des chiffres tout en haut, si un avocat connaît ces nombres, il peut utiliser une carte ATM et ponctionner de l'argent depuis votre compte. Et en tous cas, je devais fermer trois comptes parce que ces numéros de chèques étaient... je veux dire, j'ai des exemples où le chèque était marqué Banque américaine, Atlanta, Georgie et en haut, il y avait mon numéro de compte à Palo Alto. Et vous savez les gens voulaient encaisser les chèques et alors, vous savez, 400 dollars, cash au supermarché. Et... mais d'autres étaient vraiment, comme je disais, retirables dans les guichets de billets automatiques et permettaient de faire des achats sur ordinateurs et tout ça, je pense, probablement quelque part en Europe de l'est. Tout ce système bancaire a été fichu en l'air.

Du coup, il y a environ quatre ans, j'ai lancé ma propre banque et vous pouvez la trouver sur internet "La banque de Sans Seriffe" et au lieu de... vous ne pouvez pas obtenir du cash avec les chèques factices parce que ce ne sont pas des chèques au porteur avec la mention "déposez sur le compte de". Mais c'est une banque virtuelle et vous pouvez chercher les noms de tous ceux qui y ont un compte et combien d'argent ils ont gagné. Et j'ai écrit 21 de ces chèques le mois passé et j'en écrirai probablement 10 ce mois, jusqu'à aujourd'hui à ce que j'en sais, des choses qui sont entrées. La semaine passée, j'ai reçu une lettre de Chine. Un type a trouvé une erreur dans le volume un de 1960... Il n'avait pas été cité depuis 1968. Finalement, quelqu'un a lu cette page attentivement. C'est vrai. Du coup, ça a une grande importance pour moi, vous savez, d'essayer de rendre ces livres de plus en plus corrects.

"Quel est, d'après moi, la manière la plus efficace de rendre les enfants enthousiasmés par l'informatique ?". Je sais que nous avons de bons outils pour qu'ils puissent jouer avec mais j'étais meilleur pour comprendre les enfants quand j'en avais qui étaient petits. Je veux dire, quand j'étais... quand mes enfants étaient en école élémentaire, j'aurais pu concevoir des parcours pour des élèves de CP, et l'année suivante, j'aurais pu créer des parcours pour des élèves de CE1. Maintenant, c'est effacé de ma mémoire... mais je pense qu'une idée pour ce faire est de donner aux enfants des moyens d'être créatifs et de partager leurs créations avec leurs amis. Ainsi, cela serait probablement la meilleure façon ; avoir des sortes de jeux dans lesquels les enfants pourraient faire des constructions dont ils seraient fiers.

"Steve Jobs vous a-t-il dit qu'il avait lu tous vos livres et que lui avez-vous

répondu ? Au revoir.” Ok. Maintenant, il y a une histoire marrante à propos de... que vous pouvez regarder. Et l’histoire vraie, je crois, se trouve dans la version russe de wikipedia parce que le type en Russie voulait consulter la source. Et le fait est que j’ai... j’ai rencontré Steve à plusieurs reprises et que le plus vraisemblable est qu’il a dit ce que j’ai dit “Oh, c’est merveilleux. Vous êtes la première personne que je rencontre qui les a tous lu” mais en tout cas, je diffère la narration du reste de l’histoire. Vous aviez une question ?

BILL : Du coup, êtes-vous familier avec le domaine de la programmation en langage naturel ? Ou désolé, avec le traitement du langage naturel.

KNUTH : Pardon ?

BILL : Le traitement du langage naturel.

KNUTH : Le traitement du langage naturel. Bien, j’utilise Google traduction énormément. Et, vous savez, je connais un peu la façon dont il fonctionne. Mais...

BILL : Du coup, du peu que vous en connaissez, voyez-vous cela avoir un effet sur le domaine de la programmation littéraire ou sur celui de la programmation en général ?

KNUTH : Non. Bon, cela me semble différent... Cela a sûrement un énorme impact sur l’intelligence artificielle et de nombreux algorithmes qui sont utilisés pour gérer des trucs qui sont... Pour moi, le... j’ai toujours cherché une manière d’obtenir une traduction automatique pour cela. Je n’aurais pas besoin d’utiliser un dictionnaire mais j’aurais seulement à apprendre un dialecte de l’anglais quand je dois gérer des choses en d’autres langues. Et cela semble advenir en ce moment. Mais je n’avais rien de profond à dire à ce propos.

BILL : Merci.

KNUTH : Un ami à moi m’a donné un livre merveilleux. Il a pris Alice au pays des merveilles et l’a fait traduire en français par une machine. Et alors, il l’a fait retraduire en anglais et à nouveau en français jusqu’à parvenir à quelque-chose de stable, vous savez. Après deux cycles, vous obtenez à nouveau la même chose. Et alors ils ont transcrit le tout en une forme stable.

Et alors, que se passe-t-il ? Le lapin dit “Oh, précieux” au lieu de “Oh, très cher.”. En tout cas...

BILL : Pourrais-je...

KNUTH : Oui.

BILL : Je vais me permettre de vous interrompre ici. Je vais prendre la liberté de vous poser la dernière question.

KNUTH : Oh, très bien.

BILL : Donc, vous savez, il y a de cela des années, quand j'étudiais l'informatique, il y avait beaucoup d'attente pour les entraînements mathématiques. Et j'ai noté que dans les 30 ou 40 années suivantes, il y a eu de moins en moins de dépendance aux mathématiques, et mon impression est que les étudiants sont de moins en moins entraînés pour ça. Je me rappelle que c'était [indistinct] Stanford pendant quelques années pour savoir s'il y aurait une licence d'informatique et tout ça. Et je pense qu'il y avait un présupposé qui était que les gens devraient avoir des cours de mathématiques avant d'intégrer le cursus d'informatique. Pensez-vous que... comment l'informatique a-t-elle pu changer au point que les mathématiques aient perdu à ce point-là de l'importance en son sein ? Et, vous savez, je serais vraiment intéressé par le fait d'avoir votre opinion là-dessus.

KNUTH : Oui. Ok. Encore une autre grande question. En fait, toutes ces questions ont vraiment été terribles. Donc, il y a un manque en terme d'informatique... une informatique de qualité qui pourrait être faite sans beaucoup de mathématiques maintenant. Mais il y a juste autant d'exemples où des mathématiques de pointe interviennent en informatique également. Je veux dire, il suffit que je me promène dans notre immeuble vous savez, tout ce qui concerne l'informatique graphique, toutes les méthodes de rendu qui sont profondément basées sur les mathématiques, et vous savez, les nouvelles techniques dans les caméras sont incroyables.

Les gens utilisent des mathématiques de haut niveau en intelligence artificielle, tous les [indistinct] pour les réseaux, les calculs en robotique nécessitent des mathématiques de pointe, vous savez. Du coup, je ne pense pas

cependant que j'aie besoin d'une grande quantité de mathématiques pour venir avec Facebook. Mais encore, je comprends la manière dont Facebook est capable de faire sa magie en mettant vraiment chaque page facebook de chaque personne dans un ordinateur géant. Cependant cela... et une certaine connaissance mathématique dans le but de comprendre la mise en cache et tout ça, oui, mais pas des mathématiques traditionnelles. Du coup, les paradigmes mathématiques sont toujours là. Nous devons connaître les concepts des preuves rigoureuses pour au moins la moitié de l'informatique maintenant, je dirais. Mais il y a aussi beaucoup d'autres choses qui sont... quand nous parlons du design des GUI ou de choses comme ça, vous n'avez pas besoin de tant de mathématiques que ça.

BILL : C'est vrai. Mais j'ai entendu quelques personnes dire que lire vos livres... Vos livres vous savez "*L'Art de la programmation des ordinateurs*" est vraiment un défi si vous n'avez pas le bagage mathématique nécessaire.

KNUTH : Oui.

BILL : Ce qui est vrai, je pense. Mais...

BILL : C'est vrai. Mais j'ai entendu quelques personnes dire que lire vos livres... Vos livres vous savez "*L'Art de la programmation des ordinateurs*" est vraiment un défi si vous n'avez pas le bagage mathématique nécessaire.

KNUTH : Oui.

BILL : Ce qui est vrai, je pense. Mais...

KNUTH : Oui... Non, ce n'est pas facile de lire mes livres mais ça pourrait être beaucoup plus difficile. J'ai essayé de les rendre aussi simples que possible mais je n'ai pas réussi à les rendre, vous savez, une brise.

BILL : Du coup, avec ça, je voudrais vous remercier Don d'avoir accepté de nous rendre visite, ainsi que de répondre à toutes ces questions. A nouveau, merci.

Traduction d'une interview de

DONALD E. KNUTH

Histoire orale, Université de Stanford

menée par Susan W. Schofield  
le 8 mai 2018

<https://purl.stanford.edu/jq248bz8097>

SCHOFIELD : Aujourd'hui, nous sommes le 8 mai 2018. Je suis Susan Schofield, du programme d'Histoire orale de la Société d'Histoire de Stanford. Je suis chez Donald Knuth et je vais l'interviewer pour le projet d'Histoire orale de notre Université. Don, votre CV contient de nombreuses interviews précédentes qui décrivent votre carrière prolifique en tant qu'informaticien de renommée internationale. Une grande quantité d'informations vous concernant est déjà dans le domaine public et nous nous sommes entendus sur le fait que l'accent principal de la présente interview serait mis sur vos expériences spécifiques à Stanford, les influences et les observations de notre université dans laquelle vous avez passé les 50 dernières années. Si vous le permettez, commençons s'il vous plaît par un très court rappel de votre histoire personnelle pré-Stanford pour préciser les idées pour ceux qui pourraient écouter cette interview ou la lire.

KNUTH : Bonjour. Si vous entendez des bips dans le fond, ce sera dû à des camions de construction dont nous espérons qu'ils n'auront pas à se déplacer trop souvent aujourd'hui.

Je suis né à Milwaukee, dans le Wisconsin, en 1938. Je viens de fêter mon 80<sup>ème</sup> anniversaire. Je suis allé au collège à Cleveland, au lycée à Case, un lycée qui s'appelle maintenant Case Ouest. J'ai obtenu mes diplômes universitaires à Caltech [Institut californien de Technologie] à Pasadena, en Californie. A Caltech, j'ai pris maths en option principale (majeure). Bien sûr, il n'y avait pas de majeure informatique à l'époque. L'informatique démarrait vraiment à Stanford alors.

A Caltech, je faisais de l'informatique en dehors de mes heures ou lors de mon temps libre. Je suis resté à Caltech après l'obtention de mes diplômes. J'ai obtenu ma thèse en 1963 et j'étais dans le département de Math. Je travaillais aussi comme consultant chez Burroughs Corporation, qui avait une grosse division d'informaticiens à Pasadena. Ma vie d'informaticien était alors la plupart du temps non-académique, que ce soit du travail éditorial ou de conseil à Burroughs, ou bien que je donne quelques cours à Caltech. J'ai visité Stanford pour la première fois probablement en 1964.

George Forsythe [George Elmer Forsythe] invitait toutes les personnes qui travaillaient sur ordinateur à Stanford. Le département d'informatique était dans le bâtiment Polya, un des bâtiments Eichler du campus, et ça n'avait

pas l'air d'être un immeuble de bureaux. J'ai pensé que je m'étais trompé d'endroit. Après une heure et demi, j'ai trouvé où aller.

SCHOFIELD : George Forsythe était en charge de la partie informatique dans le département de mathématiques ?

KNUTH : C'est ça. Le département a officiellement démarré comme département séparé des mathématiques en 1965. On m'a dit que début 1962, il y avait une division Informatique dans le département de Maths, lorsque Ed Feigenbaum et John McCarthy ont été embauchés. Je pense que McCarthy a été le premier professeur d'informatique à n'être professeur que d'informatique. George cherchait alors à recruter des gens parce qu'il avait la vision que l'informatique finirait par exister, et il donnait des conférences partout dans le pays en expliquant pourquoi ça allait arriver. C'était à ce moment-là une idée très radicale. Personnellement, je ne pensais pas du tout que l'informatique deviendrait un jour une discipline académique.

SCHOFIELD : Comment la voyiez-vous, si vous ne la voyiez pas comme une discipline ?

KNUTH : Je la voyais comme quelque-chose que les gens faisaient quand ils en avaient envie. C'est une bonne question. J'ai toujours pensé à l'informatique comme à un amusement.

SCHOFIELD : Un truc fun. Peut-être un outil, mais pas une discipline ?

KNUTH : Eh bien, j'avais obtenu d'être payé pour en faire. Mais je ne réalisais pas qu'elle avait son propre vocabulaire et ses problèmes qui présentaient un intérêt de leur plein droit. J'ai commencé à comprendre l'importance de l'informatique seulement après avoir eu des discussions avec d'autres personnes, dont j'ai réalisé que nous n'aurions pas pu les avoir (ces discussions) si nous n'avions pas eu des années d'expérience de manipulations de ces concepts. Les concepts m'étaient si naturels que je ne les pensais pas révolutionnaires, ou différents, ou comme pouvant être appris par un étudiant. Rétrospectivement, j'étais probablement aveugle, mais George a vu ça comme il faut dès le début. Le temps aidant, je pense que très peu de gens étaient aussi visionnaires que George Forsythe.

SCHOFIELD : Les visions (jeu de mot sur forsights) de George Forsythe. C'est bien.

KNUTH : En tous cas, j'ai donné une conférence [là] dans le séminaire hebdomadaire et alors, George a essayé de m'enrôler dans la faculté. Il m'a écrit une lettre - quelque part dans mes fichiers, je peux retrouver la réponse que je lui ai faite, et disant "J'adore Stanford. J'ai vraiment apprécié ma visite ici mais je dois finir mon livre d'abord. Aussi donne-moi un an de plus."

SCHOFIELD : Et ce livre était ?

KNUTH : C'était *L'Art de la programmation des ordinateurs*, que je n'ai écrit qu'à moitié au jour d'aujourd'hui [*rires*].

SCHOFIELD : A ce moment-là, vous aviez un jugement légèrement faux que ce travail pourrait être terminé en un an ?

KNUTH : Je pensais que je pourrais le faire avant que mon fils ne naisse. Nous attendions un enfant pour l'été 1965, et alors je me disais "Ok, je travaillerai vraiment dur et le bouquin sortira." [*rires*]. Sérieusement, j'ai cette lettre, et je le croyais vraiment à ce moment-là. Un des thèmes récurrents de ma vie est que je suis un piètre estimateur du temps que les choses vont mettre à se faire. Je ne sais jamais le temps que ça va mettre pour obtenir quelque-chose qui soit bien fait. Peut-être que ça a été une bénédiction. Peut-être que ça a été une malédiction. Mais ça a certainement été un facteur qui est intervenu tout au long de ma vie.

SCHOFIELD : Ca domine la manière dont vous avez approché l'écriture ?

KNUTH : Oui. Si j'avais eu la moindre idée de ce qui serait découvert en informatique : à la fin 1966, j'avais 3000 pages de brouillons écrits à la main pour le livre et je pensais qu'il suffirait de les taper et de les éditer. En tous cas, mon premier contact avec Stanford a été de refuser une offre en demandant qu'on me laisse un peu de temps, et alors, quand je pourrais bouger, j'aimerais aller à un endroit où j'aurais une position fixe et où je n'aurais plus jamais à bouger, pas plus d'une fois dans ma vie [*rires*].

SCHOFIELD : Ca, ça a marché.

KNUTH : Oui. George était prêt à accepter toutes mes exigences. Quand je suis venu à Stanford...

SCHOFIELD : En 1968 ?

KNUTH : Mon salaire est passé en comptabilité en février 1968. Le premier volume de *L'art de la programmation* est sorti en janvier 1968. Je n'avais que 30 ans. Il y avait une légère hésitation à faire d'un type de 30 ans un professeur. Cela faisait 5 ans que j'avais obtenu ma thèse.

SCHOFIELD : Plutôt jeune [*rires*].

KNUTH : Alors ils ont vu le livre, et George a dit que tous étaient tout sourires. Des offres pour travailler à Harvard ou Berkeley m'étaient déjà parvenues quelques mois avant l'offre de Stanford. Je ne sais pas qui avaient les meilleurs standards [*rires*] mais j'ai toujours plaisanté en disant que les standards de Stanford ont été mis au point après mon arrivée. En tous cas, le fait est que Stanford était celle que j'espérais obtenir parce que George Forsythe était là. A Stanford, je pourrais devenir un des gars. Je pourrais venir et faire de l'informatique. Si j'allais à Harvard, j'aurais dû passer la moitié de mon temps à expliquer en quoi l'informatique était nécessaire et justifier l'informatique parce que j'aurais été l'une des seules 2 ou 3 personnes à Harvard. J'aurais eu une énorme responsabilité pour...

SCHOFIELD : Pour créer un département d'une certaine manière ?

KNUTH : Oui, c'est ça, pour le faire tourner. J'ai aussi eu une offre de rester à Caltech et d'y développer l'informatique.

SCHOFIELD : Est-ce que Berkeley, à ce moment-là, avait un département d'informatique ?

KNUTH : Il y avait une division ; Beresford Parlett en était le directeur. Il a été très gentil, même quand j'ai décliné leur offre, il a dit "bon, trouvons un arrangement pour que vous puissiez nous rendre visite quand vous le pourrez, etc."

SCHOFIELD : Parlez-nous un peu de la culture de l'informatique quand vous êtes arrivé là. C'était un petit département. Quelle était la culture ? Ma compréhension est qu'au début, ça n'était pas juste de l'informatique académique, mais que ça consistait aussi à faire tourner le Centre de calcul de Stanford.

KNUTH : Feigenbaum était le directeur du centre de calcul et les ordinateurs que les étudiants utilisaient étaient dans le bâtiment Pine, qui était juste à côté de l'immeuble Polya.

SCHOFIELD : Je m'en rappelle bien. J'étais là les années en question.

KNUTH : Oui ? Bon, je devine que vous deviez être étudiante quand ces immeubles ont été construits. Je perds la mémoire, mais je me rappelle d'un de mes quelques voyages à Stanford, probablement au printemps 1967, où j'ai rencontré Feigenbaum dans son bureau de directeur du Centre de calcul et où j'étais en train de vanter les mérites de Niklaus Wirth et d'essayer d'expliquer pourquoi il devrait avoir une promotion ou quelque-chose. Quand j'ai rejoint le département, il y avait je pense 10 à 12 professeurs et nous avions quelques douzaines de thésards. Quand je suis venu en visite au printemps 1967, j'ai passé beaucoup de temps avec les étudiants. Je me rappelle que Sue Graham [Susan Lois Graham] était une étudiante thésarde très influente ici. Elle a fini par devenir professeur distinguée à Berkeley. Elle travaillait avec Wirth, dont la prononciation est Veert en Suisse et Wurth en Amérique. Il était maître assistant alors. Il s'est trouvé que j'ai été son remplaçant et qu'il est devenu professeur à l'ETH de Zürich [Eidgenössische Technische Hochschule Zürich], le premier professeur d'informatique d'Europe. Les doyens de la faculté quand je suis venu étaient John McCarthy, Ed McCluskey [Edward J. McCluskey], Bill Miller [William F. Miller], George Forsythe, Jack Herriot [John G. Herriot], et Gene Golub [Gene H. Golub]. Peut-être que Gene était toujours professeur associé mais certainement que Bill Miller et McCarthy étaient professeurs. Je n'ai jamais bien mémorisé ces positions. A Caltech, j'ai eu un mandat avant même de savoir ce que c'était qu'un mandat. Plus sérieusement, j'ai souvent dit à mes étudiants qu'ils ne devraient pas trop se préoccuper des mandats parce que se faire du souci ne pourrait que leur faire du mal. S'ils méritaient les mandats, ils les obtiendraient et sinon, ça ne valait pas la peine de perdre du temps à se prendre la tête avec ça.

SCHOFIELD : Je me demande si ça les rassurait ? *[rires]*

KNUTH : J'ai lu dans le journal pendant que j'étais à Caltech qu'une personne n'avait pas obtenu de mandat à UCLA, et j'ai dit à l'homme qui avait été mon tuteur de thèse, et qui était alors directeur du département Marshall "Qu'est-ce que ça signifie qu'il n'ait pas obtenu ce mandat ?". La réponse a été "Bon, Don, tu te rappelles la dernière fois que tu as reçu un bulletin de salaire de Caltech, et qu'il y avait une ligne sur le bulletin qui correspondait à la date d'expiration du contrat, et que pour toi, elle était vide ? C'est ça un contrat." *[rires]*. Je n'accordais pas beaucoup d'attention au rang. Nous avions de jeunes professeurs alors - Jerry Feldman [Jerome Feldman], Klaus Wirth, que j'ai déjà cité, Joyce Friedman, et oh mon Dieu, il doit y en avoir eu d'autres.

Nous étions séparés en 4 endroits différents sur le campus. Le laboratoire d'IA de John McCarthy's était en haut sur les collines et il y avait le bâtiment D.C. Power, appelé ainsi d'après Donald C. Power. Feigenbaum avait un groupe qui était sur la route Welch. Le groupe de Bill Miller était au SLAC [le laboratoire de l'accélérateur national]. Forsythe et ma partie du département étions dans le bâtiment Polya. Il a fallu faire entrer le département au chausse-pied sur la propriété de Stanford, et pour le financer, il a fallu obtenir que de nombreuses personnes soient payées en liquide. Vous avez un certain pourcentage de l'argent ou un truc comme ça, ou un salaire payé également par un autre département. Je ne sais pas tous les détails, mais je sais que Joyce Friedman travaillait en Linguistique.

SCHOFIELD : Avec un salaire payé à la fois par le département de Linguistique et le département d'Informatique.

KNUTH : Probablement. Nous étions dans la partie Sciences Humaines, sous...

SCHOFIELD : Est-ce qu'Halsey Royden [Halsey L. Royden] était alors le doyen ?

KNUTH : Non. C'était...il continuait à être prévôt.

SCHOFIELD : Oh, Al Hastorf [Albert H. Hastorf].

KNUTH : Hastorf, oui. Il était en Psychologie. Il étudiait le test de Terman.

SCHOFIELD : Oui, oui.

KNUTH : Hastorf était alors notre doyen. Lorsqu'il a pris sa retraite après avoir été prévôt, je me rappelle qu'il a dit "Si j'avais su lorsque j'étais doyen ce que je sais maintenant, j'aurais sûrement été un bien meilleur doyen. J'aurais su quoi virer." [*rires*]. Royden, oui, est devenu notre doyen pour quelques temps au début des années 1970 [1973]. Je l'ai connu lorsque j'ai perçu des salaires Sciences Humaines et dans le comité de promotion pendant les années 70.

SCHOFIELD : Comment c'était ?

KNUTH : C'était merveilleux de rencontrer les autres professeurs. J'ai aussi apprécié de faire partie d'une université dans laquelle nous n'avions pas que des enseignements d'informatique mais également des enseignements en musique et, bien sûr, en physique, en chimie, en biologie et en médecine. J'ai aussi fait partie du Conseil d'Administration de l'université avec des personnes du département Médecine comme Bob Chase [Robert Chase] et Ken Arrow [Kenneth Joseph Arrow].

SCHOFIELD : Peut-être reviendrons-nous à cela plus tard.

KNUTH : Oui, dans le comité des salaires et promotions, j'ai apprécié de regarder précisément les papiers des candidats et de vérifier attentivement leurs références. J'ai sûrement été parfois trop agressif, obligeant les directeurs du département à travailler davantage qu'ils n'auraient dû le faire. Nous retournions au moins un ensemble de papiers en retour et ils ont été en colère dans le département de cette faculté mais je ne pense pas qu'ils avaient fait leur travail.

SCHOFIELD : Mais ils ont finalement fait le travail demandé et leurs papiers sont revenus et nous avons pu les approuver ?

KNUTH : Oui, c'est ça. J'ai fait mon travail sérieusement mais j'ai aussi beaucoup apprécié de connaître par ce biais des personnes des autres départements. Nous nous rencontrions occasionnellement à la table des membres

au Club de la Faculté. Faire partie d'une université a toujours été l'une de mes joies d'être à Stanford.

SCHOFIELD : Je pense qu'il n'y a que peu de contextes dans lesquels ce genre d'interactions ont lieu, comme vous dites, dans le Comité des salaires et promotions, au Conseil de la Faculté, dans le Conseil d'administration, où par structure, des personnes de toutes les différentes divisions sont amenées à intervenir.

KNUTH : Exactement. Les personnes de notre département rencontrent celles des autres départements la plupart du temps lorsqu'elles sont nos représentants dans des instances comme le Conseil d'Université ou des choses comme ça. Il y a des personnes qui effectuent des recherches communes, par exemple avec des médecins ou des biologistes. Le travail en comité était beaucoup plus utile pour moi. J'ai tendance à déplorer la manière dont Stanford grossit et il devient de plus en plus difficile d'être à la fois une personne qui travaille à la fois au fonctionnement de l'Université et aussi dans un département. Je suis allé aux funérailles de Lyman [Richard W. Lyman] et il n'y avait peut-être que 2 ou 3 personnes présentes de notre faculté. Le fonctionnement est de plus en plus insulaire maintenant, plus que ça ne l'était alors.

SCHOFIELD : Je pense que vous avez raison. J'ai entendu la même chose par quelques personnes qui ont été ici le plus long temps. Cela peut avoir quelque chose à voir avec le renforcement des loyautés professionnelles qui sont maintenant internationales, attirer des loyautés peut éloigner de l'université.

KNUTH : Du point de vue de l'informatique, je dirais que c'est principalement dû à la charge de travail - le fait que nous avons de très nombreux étudiants et que nous voulons faire de notre mieux pour eux, et aussi par le fait que le domaine évolue si rapidement. D'autres domaines changent rapidement aussi, l'informatique est vraiment en train d'accélérer. Nous voulons aller de l'avant mais nous devons dépenser un temps énorme juste pour traiter le flot. Le temps à consacrer à d'autres contacts est limité. Vous vous rappelez cet appel d'offres à de grandes idées l'année passée. Le mois prochain ou bientôt, ils vont annoncer les soumissions qui auront été sélectionnées. J'ai soumis une proposition qui était une petite grande idée mais qui était destinée à promouvoir l'inter-université...

SCHOFIELD : La citoyenneté ?

KNUTH : ... en ayant quelque-chose que j'ai appelé le Stanford 101, qui signifie un-pour-un, l'université aurait financé des repas de deux personnes à Stanford qui ne se seraient jamais rencontrées précédemment. Il y aurait une appli qui planifierait ça et imprimerait un ticket pour la cafétéria de la Faculté...

SCHOFIELD : Tu vas et tu déjeunes avec la personne.

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : Je pense que c'est une idée fascinante.

KNUTH : Nous verrons si quelqu'un sélectionne cette idée.

SCHOFIELD : Si elle passe la sélection.

KNUTH : Oui. Les choses qui sont en vogue sont, vous savez, nous allons résoudre la crise du logement, ou des trucs comme ça.

SCHOFIELD : Des grandes idées qui pourraient regrouper d'autres choses.

KNUTH : En tous cas, je crois fortement qu'il faudrait essayer d'améliorer la communauté à Stanford. Je suis professeur invité à Oxford et j'essaie d'y aller une semaine par an. Pendant la semaine en question, je mangerai avec 4 personnes avec qui je n'ai jamais mangé précédemment et qui sont fascinantes. Et nous apprécierons tous l'expérience.

SCHOFIELD : Vous avez programmé ça ?

KNUTH : Eh bien, j'ai arrangé la rencontre avec l'éditeur du *Dictionnaire d'anglais Oxford*. Je l'ai invité à déjeuner au collège. Mais la plupart du temps, je m'assois juste à une table au hasard et je rencontre alors quelqu'un.

SCHOFIELD : C'est quel collège d'Oxford ?

KNUTH : C'est le collège Magdalen [prononcer Maudlen]. Parfois je n'ai pas de chance et je tombe sur un avocat, mais la plupart du temps, je mange avec quelqu'un de très intéressant [*rires*] - non, même les avocats, ça va [*rires*].

SCHOFIELD : Revenons à la culture et à la trajectoire. L'informatique évolue dans les années 80, elle se développe et a de plus en plus de résultats. Il y a alors une décision de la faire sortir des Sciences et Humanités et de la faire entrer en école d'ingénieurs pour en faire une majeure de cours d'université, ce qui est énorme, évidemment. Parlez-nous un peu de cela et du regard que vous y portiez.

KNUTH : Pendant les années 70, nous avons des étudiants complètement diplômés et c'était une décision consciente. Nous sentions que l'informatique n'était pas assez mûre pour offrir suffisamment de choses à des étudiants de niveau Licence qui leur donnerait une éducation correcte jusqu'à ce qu'ils obtiennent leur diplôme. Nous pouvions leur donner un tas de cours dont nous pensions qu'ils étaient importants mais on pensait aussi que c'était mieux d'avoir une majeure en maths ou quelque-chose comme ça ; le cursus Sciences mathématiques était une combinaison de différentes sortes de Maths appliquées.

Il est très important pour des étudiants programmeurs de comprendre les principes mathématiques parce que vous devez être capable de comprendre l'idée de ce que ça signifie d'être correct et prouvable. Nous pensions que les cours que nous donnions étaient bons mais il n'y en avait pas assez pour vraiment fournir un cursus complet pour des étudiants.

SCHOFIELD : Et la faculté, à ce moment-là, était d'accord ? Ou bien y avait-il désaccord à ce propos ?

KNUTH : Oh oui, à 100 %. Nous sommes allés voir des majeures proposées dans d'autres collèges que nous avons visités et nous n'avons pas été convaincus par ce que nous avons vu. Nous ne pensions pas que ça marcherait. Bien sûr 10 ans, c'est long en informatique. On a mûri [*rires*].

SCHOFIELD : Alors vous avez fait ça dans les années 80 et... ?

KNUTH : Je pense que je devrais vraiment parler de ça. C'est assez amu-

sant. Stanford a eu l'un des tout premiers départements d'informatique, en 1965. Vers 1975, toutes les universités avaient un département d'informatique. C'est passé de 0 à 100 % en 10 ans.

SCHOFIELD : Dans tout le pays ?

KNUTH : Oui. Je crois que la raison de cela est que des personnes comme moi avons une certaine structure mentale. Si je devais désigner cela par un mot, je nous appellerais "geek". Ca simplifie à outrance mais disons que 2 % des personnes de la population sont des geeks, bon, et que c'est vrai depuis des centaines d'années, que ça a à voir avec une manière dont les personnes se développent, ou comment leur cerveau organise l'information ou quoi que ce soit, qui les fait entrer en résonance avec ce que nous appelons aujourd'hui un ordinateur. Je lis parfois des choses écrites au XIX<sup>ème</sup> siècle par quelqu'un et je pense "ça aurait été un excellent programmeur."<sup>1</sup> Supposons cela comme une hypothèse, qu'il existe un certain petit pourcentage de personnes au monde qui sont des geeks. Celles parmi elles qui étaient dans des universités avant 1965 se seraient retrouvées dans différents départements. Certaines seraient des mathématiciens, d'autres des physiciens, d'autres des avocats.

SCHOFIELD : Des statisticiens peut-être ?

KNUTH : Bien, n'importe quoi. Des chimistes, la plupart médecins, je suppose, mais aussi poètes, n'importe quoi... Mais ils auraient vraiment été des geeks. En tous cas, l'informatique a démarré et les geeks ont finalement eu une maison.

SCHOFIELD : C'était comme un aimant. Ca les attirait ?

KNUTH : Ils ont pu rencontrer des personnes qui riaient aux mêmes blagues qu'eux, comprendre les mêmes analogies qu'ils faisaient, communiquer instantanément de façon plus efficace avec les autres geeks, et ils avaient une maison.

SCHOFIELD : Vous êtes en train de dire que c'est plus intrinsèque qu'ensei-

---

1. Note de Don Knuth : Ada Lovelace, la fille de Lord Byron's, a été (discutablement) la première programmeuse.

gné (inné qu'acquis) ?

KNUTH : Oui, absolument. Vous ne dites pas juste “ok, maintenant il y a de bons métiers en informatique, alors ok, je vais apprendre l'informatique”. Vous devez être un geek. C'est mon opinion. Je suis conforté dans cette idée par tous les projets que j'ai vu échouer ; c'était parce que les personnes impliquées dans ces projets n'étaient pas réellement des geeks [*rires*].

C'est une opinion controversée maintenant. Des éducateurs disent non, c'est juste que les gens ne sont pas assez motivés. Mais ce sont des geeks. Je pense qu'ils [les enseignants] ne comprennent pas ce que ça signifie que de ne pas être un geek. D'un autre côté, je connais des aspects d'autres sciences que j'ai essayé d'apprendre en bossant vraiment dur et je n'ai pas réussi. Je sais qu'il me faudrait une autre sorte de cerveau si je voulais vraiment être bon en mécanique quantique, par exemple. J'ai essayé dur, mais je n'y suis pas arrivé. En tous cas, cela explique pourquoi l'effectif du département d'informatique est passé de 0 à 100 en 10 ans. C'était à cause de ce phénomène que des personnes sont venues ensemble et ils savaient que c'était une discipline où leurs propres concepts avaient de l'importance, non pas comme applications à la physique ou à la chimie mais aussi comme applications à l'informatique. Les gens ont commencé à savoir que ce genre de connaissance méritait d'exister. Comme je l'ai dit, dans le début des années 60, je ne réalisais pas que j'étais un geek. Je ne réalisais pas qu'il y avait là tout un corpus de connaissances. Mais Forsythe lui le réalisait, et je suis venu. J'étais probablement geek à 110 %, je ne sais pas, mais c'était vraiment très fort en moi, et pas exactement pareil pour 2 personnes différentes.

L'informatique a été un succès immédiat de manière évidente. Mais pas, pourtant, à cause de l'importance économique de l'informatique ou des choses comme ça. C'était à cause de l'ensemble de compétences que ces gens avaient. Ils ont réalisé qu'ils pouvaient utiliser leurs compétences et développer leurs idées encore plus loin.

L'étape suivante a été que toute université avait son département d'informatique. Mais parfois c'était dans l'école de commerce, parfois dans l'école d'ingénieurs, parfois dans la partie Sciences et Humanités, comme à Stanford. Quelques endroits comme Purdue et Carnegie ont lancé des écoles d'informatique vers les années 70.

SCHOFIELD : Est-ce qu'il y avait des endroits où l'informatique était complètement séparée du reste comme maintenant dans une école indépendante ?

KNUTH : Oui, oui. Ca a certainement bien marché à Carnegie, et Purdue en a eu une je pense plus tard. Waterloo au Canada, et d'autres. Quelques personnes de notre faculté ont dit "Pourquoi ne laissons-nous pas l'école d'ingénieurs et ne démarrons-nous pas une école d'informatique à Stanford ; l'informatique commence à intervenir dans la plupart des autres domaines". J'ai dit "les gars, pour gagner des amis et influencer les gens, il nous faut leur dire qu'on est tellement important qu'on va démarrer notre propre école. Ca a déjà eu lieu ailleurs".

Vers les années 80, la plupart des personnes de notre faculté avaient été entraînés dans des départements d'informatique qui faisaient partie de l'école d'ingénieurs. Ils comprenaient ce que ça signifiait de faire partie d'une école d'ingénieurs. Personnellement, je ne le savais pas. J'avais fait partie du département de Maths et de celui de Sciences et Humanités de Stanford. Le facteur le plus fort était qu'à Stanford, l'école d'ingénieurs était en compétition avec les autres écoles d'ingénieurs du monde et du coup, elle devait aussi avoir son département d'informatique propre. L'école d'ingénieurs de Stanford essayait de gagner des points sur les autres écoles d'ingénieurs. Les gens demandaient "Bon, vous faites quoi avec les ordinateurs?". Stanford avait envisagé la possibilité que le Laboratoire des systèmes de calcul fasse partie du département d'ingénierie électrique. Les étudiants candidataient, étaient admis, etc. Nous avons une ou deux facultés associées. Il y a eu quelques cas où des personnes n'ont pas été titularisées parce qu'elles devaient être approuvées par les deux écoles à la fois.

SCHOFIELD : Et les deux départements.

KNUTH : En tous cas, grosso modo, dans les années 70, nous disions "Oh, bon, nous avons deux groupes d'informaticiens à Stanford ; utilisons cela à notre avantage. Si on ne peut pas obtenir un truc d'un doyen, on l'obtiendra de l'autre. Et le boulot sera fait."

Pourtant, il s'est avéré plus tard que nous serions toujours en compétition pour les ressources si nous avions deux groupes à Stanford, et il valait mieux

que nous décidions une bonne fois pour toutes de quel côté aller. C'était beaucoup mieux d'aller côté Ecole d'ingénieurs parce que la majorité des universités du monde, à ce moment-là, avait de l'informatique en ingénierie. Stanford était trop excentrique, à avoir toujours l'informatique dans la même école que les mathématiques et la physique.

SCHOFIELD : Je pouvais voir pourquoi l'ingénierie voulait de l'informatique, et je sentais qu'ils en avaient besoin. Etait-ce problématique pour les Sciences et Humanités de l'abandonner, ou bien ont-ils juste vu que c'était logique ?

KNUTH : Je n'ai pas été impliqué dans tout ça. Jim Rosse [James N. Rosse] est décédé. Nous ne pouvons pas le lui demander. Sûrement que Jim Gibbons [James F Gibbons, doyen du département d'ingénierie] était là et Nils Nilsson [Nils John Nilsson] a été engagé à ce moment-là pour gérer cette transition.

Nils était un chercheur senior au SRI [Institut de recherche de Stanford] et il avait écrit des livres conséquents. De plus, c'est vraiment le meilleur écrivain d'email que j'ai jamais connu. Ça demande une certaine compétence, et Nils aurait été un des pionniers pour gagner un prix Pulitzer potentiel de l'écriture d'email d'un excellent style. Il est très difficile quand on écrit un email d'éviter d'être trop flamboyant ou de transmettre correctement ses émotions. C'était un maître en matière de communication. Je voulais simplement dire cela maintenant parce que...

SCHOFIELD : Vous pourriez oublier plus tard ?

KNUTH : Oui, et il le mérite vraiment.

Je suppose que d'une certaine manière, j'aurais pu être perçu comme un des principaux résistants contre les Sciences et Humanités parce que, de toute notre faculté, je suis probablement celui qui est le moins intéressé par Wall Street, vous savez, par l'aspect économique potentiel de l'informatique. Je mets mes programmes dans le domaine public. Je n'ai jamais eu la moindre intention de fonder une boîte. J'aime le fait que des gens utilisent des programmes d'ordinateur, mais je n'ai jamais compris pourquoi ils payent pour ça, ou pourquoi quiconque paye pour quoi que ce soit. Vraiment, je ne suis pas bon dans les questions financières de quelque sorte que ce soit. En tous cas, j'ai toujours été intéressé par les aspects théoriques plutôt que lucratifs

de l'informatique. Bien sûr, d'un autre côté, les gens disent que quand il y a une compétition économique, ça fait que les gens réfléchissent plus âprement, et vous avez un retour sur la qualité de vos idées parce que vous voyez si des gens vont les acheter ou pas. C'est important.

J'ai toujours eu confiance dans l'intelligence des gens pour décider de ce qui est bon ou mauvais à la place de leur portefeuille. Je ne sais pas combien d'autres personnes de la faculté étaient des purs scientifiques comme moi, mais j'étais sûrement un de ceux qu'il fallait convaincre que nous devions rejoindre l'école d'ingénieurs. Je fus définitivement convaincu quand j'ai réalisé que la compétition entre les 2 groupes était mauvaise pour Stanford et pour l'école d'ingénieurs de Stanford. Et j'ai pensé "bon, ça va continuer des années si nous ne bougeons pas".

SCHOFIELD : Très peu de temps après ce déménagement, le département a pris la décision de proposer une majeure pour les étudiants de Licence. Elle a été assaillie par les étudiants.

KNUTH : Ca a commencé lentement. Je pense qu'on avait 8 majeures de première année, 16 de seconde, et 30 de troisième année. Je ne pense pas que ça doublait régulièrement. Ca a grossi lentement au tout début ; nous cherchions un peu notre chemin mais également nous devenions meilleurs pour ce qui est d'enseigner. Les premiers étudiants n'avaient pas de pairs pour leur dire que cette majeure était un bon choix. Maintenant c'est trop le contraire. Les étudiants qui veulent une majeure en anglais entendent dans leur dortoir des personnes qui leur disent qu'ils sont stupides de faire ça. Cela a causé une anxiété terrible chez les professeurs d'anglais à Stanford et je pense que c'est une honte et que la pression par les pairs provient du fait qu'il y a tellement de majeures, la pression par les pairs et la pression par les parents.

SCHOFIELD : Et la pression parentale, je suis d'accord. L'informatique est vue comme un chemin rapide vers un bon métier.

KNUTH : Si quelqu'un est né geek, il devrait définitivement prendre l'informatique comme majeure. Il y a un énorme besoin pour de tels talents. Si tu ne le fais pas parce que tu vas réellement vers ce diplôme, mais seulement parce que, bon, c'est nécessaire pour avoir tel style de vie ou un truc comme ça, ça n'est pas selon moi la bonne manière de choisir une carrière,

ni d'ailleurs une majeure.

SCHOFIELD : Vous n'étiez pas impliqué dans l'enseignement les premières années, si ?

KNUTH : J'étais à la retraite...

SCHOFIELD : Depuis 1993 je crois.

KNUTH : Depuis 1993 officiellement. Mais non officiellement, j'ai quitté en étant absent en 1990. J'ai dit à Nilsson en 1989 que j'allais être absent un an quand j'ai réalisé que je n'avais pu travailler qu'un jour sur 365 sur *L'Art de la programmation des ordinateurs*. Alors j'ai dit "tu sais, ça n'est pas ainsi que je veux vivre le reste de ma vie. Je peux être un bon professeur et faire toutes ces autres choses que je fais à Stanford, comme gagner de l'argent, mais réellement, je peux être plus utile au monde en écrivant ces livres. Et je n'ai pas besoin d'argent, alors pourquoi ne pourrais-je pas prendre ma retraite ?"

SCHOFIELD : Vos livres ont-ils généré tant de bénéfices que vous n'aviez pas vraiment besoin du salaire de la faculté ?

KNUTH : Oh, c'est très bien huilé. Tandis que nous parlons, quelqu'un est en train d'acheter l'un de ces livres. Combien de livres vendus, je ne suis pas sûr. Le livre qui est sorti en 1968, qui a rendu la faculté tout sourires, est à sa 40<sup>ème</sup> réimpression de la troisième édition et il s'en vend probablement 10 copies par jour.

SCHOFIELD : Oh mon Dieu. Et j'ai vu qu'il avait été traduit en de multiples langues.

KNUTH : Non, il n'existe qu'en anglais. Il se vend à 3000 exemplaires par an. Ce n'est pas tout à fait 10 par jours mais il rapporte environ 100 000 \$ par an de bénéfices.

SCHOFIELD : C'est plutôt rare pour un livre universitaire [*rires*].

KNUTH : Oui, oui.

SCHOFIELD : Vous ne vous y attendiez probablement pas, n'est-ce pas ?

KNUTH : Ca n'a jamais été une motivation. Je l'ai écrit parce que j'ai vu le besoin qu'il y avait d'un tel livre.

SCHOFIELD : Couvrons maintenant le travail au sein du département. Vous avez eu des étudiants, bien sûr. Vous avez supervisé le travail de thèse de quelques étudiants et vous avez aussi eu une fois des étudiants de premières années. Avez-vous enseigné le cours introductif ?

KNUTH : J'ai enseigné le cours introductif peut-être en 1970-1971. C'était un cours introductif différent ; c'était une séquence de 3 sessions en fait. Je crois que j'ai dû l'enseigner trois années en tout. On commençait avec des notions de base, et pour la troisième session, il y avait un projet donnant lieu à un rapport par les étudiants et nous pouvions approfondir davantage les sujets à cette occasion.

J'ai introduit un nouveau cours dans le curriculum appelé Mathématiques concrètes en 1970 et je l'ai enseigné, oh, 10 fois. Nous avions des professeurs invités qui l'enseignaient parfois. Ce cours a aussi donné lieu à un livre. C'était le genre de mathématiques qui n'étaient pas enseignées dans le département de Maths. C'étaient des choses très utiles à connaître pour les informaticiens. De nombreux étudiants de majeure Maths prenaient ce cours également.

SCHOFIELD : Avez-vous apprécié d'enseigner ?

KNUTH : Oh absolument. Oui. J'aimerais beaucoup vous en dire plus sur l'enseignement. Quand vous avez dit couvrir tout à l'heure (voir plus haut "wrap"), je me demandais si vous aviez dit R-A-P ou W-R-A-P.

SCHOFIELD : Je pensais W-R-A-P.

KNUTH : Vous savez, on peut le "rapper". La plupart de mes cours après les années mi-70 avaient lieu dans le Skilling Auditorium et nous avions des caméras de télé dans la pièce de manière à enregistrer les cours. Mais je pouvais aussi utiliser cela pour avoir des étudiants qui assuraient une bonne partie

du cours. Maintenant un truc très à la mode est d'avoir ce qui s'appelle une classe inversée. Je faisais ça tout le temps à Stanford. J'avais toujours en tête que le livre, les étudiants pouvaient le lire en dehors du cours tandis qu'en classe, nous allions parler, nous allions travailler comme une équipe résolvant des problèmes. Je voulais que tous les élèves participent comme si c'était une classe de langue ou autre.

J'avais comme principe qu'aucun élève ne pourrait parler plus de 3 fois par heure. Plutôt que de mettre un minimum de fois où un étudiant pouvait parler, j'ai mis un maximum parce que ça forcerait les autres à parler. Les loquaces, s'ils avaient quelque-chose de vraiment important à dire, je leur disais "dites-le à votre voisine et faites qu'elle le dise". Je voulais que tous soient impliqués. Le point important de tout ça était d'apprendre comment apprendre de ses erreurs et de comprendre le genre de choses que vous pouvez mettre dans un livre. Quand vous résolvez un problème, de quelle compétence avez-vous besoin et comment vous sortez-vous de vos erreurs ?

SCHOFIELD : Quand vous avancez un peu dans une impasse, comment vous revenez en arrière ?

KNUTH : Oui, exactement. C'était ça le point-clef, le point qui n'était pas suffisamment enseigné. J'ai vraiment aimé faire cours parce que je ne savais pas quelles erreurs les gens allaient faire, ou quelles erreurs j'allais faire quant à moi. Des questions sont venues auxquelles je ne pouvais pas répondre. Ok, alors je les reportais au prochain cours.

Les étudiants ne devaient pas passer tout leur temps à prendre des notes comme ils le faisaient dans les autres cours. J'avais mes maîtres-assistants qui prenaient en notes toutes les discussions qu'on avait et ils les sortaient le jour d'après, de manière à ce que les étudiants soient libres de participer à la discussion ou pas<sup>2</sup>.

J'ai vraiment apprécié d'enseigner et je pense que j'avais une bonne ma-

---

2. Note de Don Knuth : J'avais commencé à enseigner de cette façon déjà à Caltech dans les années 1960. Ma motivation est venue d'un professeur de maths célèbre de Stanford, George Polya. Un de ses cours à Stanford a donné lieu à un film inspirant, intitulé Enseignons le fait de deviner. Ce film a changé ma vie. Je pense que les gens peuvent encore le regarder (*note de la traductrice* : <https://vimeo.com/48768091>).

nière d'enseigner. Je n'ai jamais eu 100 étudiants dans un cours. J'aurais pu en avoir plus de 50 et alors, tout le monde n'aurait pas pu participer. Mais j'aurais dit "aujourd'hui, tous ceux habillés en jaune, ou en gris, ou autre, participeront ; ou tous ceux dans la rangée du fond participeront" [*rires*]. J'aurais choisi un sous-groupe de l'audience [pour être les participants]. C'était toujours l'objectif d'un cours, faire quelque-chose qu'on ne trouve pas dans un livre.

SCHOFIELD : Quand vous avez pris votre retraite plus tôt, est-ce que l'enseignement est quelque-chose qui vous a manqué ? Ou bien avez-vous continué d'enseigner après votre retraite ?

KNUTH : Je n'ai pas continué d'enseigner régulièrement, mais je donnais des conférences en tant qu'invité, et je le fais encore... Il y a deux semaines, j'ai parlé à des étudiants de Théorie pendant le déjeuner. Chaque trimestre, je donne une conférence à tous les étudiants en Théorie et je donne des conférences en tant qu'invité dans d'autres cours de Stanford.

SCHOFIELD : Cela maintient le contact ?

KNUTH : Je déjeune aussi avec les étudiants tous les jeudi.

SCHOFIELD : Vous déjeunez avec les étudiants de majeure d'informatique chaque jeudi ?

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : Tout le monde peut venir ?

KNUTH : C'est un rendez-vous hebdomadaire. Nous avons ces échanges hebdomadaires à déjeuner. Nous avons l'habitude d'appeler ça les algorithmes pour déjeuner en groupes mais c'est une tradition qui remonte à 50 ans.

SCHOFIELD : Combien de jeunes viennent ?

KNUTH : La nourriture est gratuite, du coup, [*rires*], il n'y a de la place que debout.

SCHOFIELD : Où que soit la nourriture, les étudiants la trouvent. Je pense à une autre question relative à Stanford... Vous êtes arrivé en 1968 et c'était l'année de la révolution dans les campus, Stanford inclus. Il y a des émeutes, il y a des vitres cassées, etc. Vous-même êtes alors assez jeune. Vous venez à peine de dépasser l'âge étudiant. Comment voyez-vous cela ? Participez-vous ou bien que faites-vous ?

KNUTH : Tout d'abord, je suis vraiment venu en 1969, pas en 1968. J'étais absent toute la première année. Ceci avait été négocié parce que je voulais faire une année de service national. J'étais à Princeton cette année-là, travaillant pour l'Institut des analyses de défense, qui est l'un des sous-traitants principaux de la NSA [Agence de Sécurité Nationale]. Je travaillais dans le domaine de la cryptographie et du cassage de codes. J'étais Habilité Secret Défense et je n'ai toujours pas le droit de dire à ma femme ce que j'ai fait cette année-là.

SCHOFIELD : Du coup, vous n'allez sûrement pas dire au micro ce que vous avez fait cette année-là.

KNUTH : Non. C'est assez étrange que quelqu'un ait changé ma biographie Wikipedia pendant les 12 derniers mois en y incluant tout un paragraphe sur mon travail pour la NSA en 1968, comme si c'était une grande partie de ma vie. Ca ne l'a pas été, et je ne comprends pas pourquoi ça a été exagéré à ce point et pourquoi c'est important pour les gens. En tous cas, pendant l'année en question, j'ai rencontré beaucoup de personnes sympathiques et intelligentes et je n'avais pas honte de casser des codes. Je pense que les gens ont le droit d'avoir des secrets ; mais je pense que c'est aussi important de faire ce que nous pouvons pour savoir si d'autres personnes peuvent casser nos propres codes, par exemple. Mon travail alors contenait beaucoup de programmation, à la limite de ce que les ordinateurs permettaient.

Je savais que j'étais né pour être un enseignant. Je n'ai pas aimé devoir garder des secrets. Je savais que travailler pour le gouvernement ne serait pas une bonne carrière pour moi. Mais je voulais faire quelque-chose, parce que mon service avait été reporté et que j'avais ce privilège de vivre dans un pays dans lequel je n'avais pas à faire la guerre ou à défendre ma maison et mes biens, ce que doivent faire d'autres personnes. J'ai pensé "ok, je peux rendre cette chance qui m'est donnée comme ça.". Je me suis arrangé pour faire ce

travail un an avant de venir à Stanford.

Pendant ce temps, j'étais là-bas à Princeton. Les gens me demandaient d'où j'étais et je leur disais de Stanford. Ils disaient "oh, n'est-ce pas là que des étudiants ont brûlé ça et ça ?" Je répondais "eh bien, je ne sais pas vraiment, je n'ai jamais été à Stanford.". Cette année-là, je visitais Columbia, où il y avait des émeutes toute une journée et où les étudiants avaient essayé de détruire l'ordinateur. A l'endroit où je travaillais sur le campus de Princeton, les étudiants une fois ont encerclé l'immeuble. Les administrateurs ont très judicieusement pris les pistolets des gardes de la sécurité [*rires*]. Ca, c'était avant l'état de Kent, et ce qui est arrivé après que j'aie intégré Stanford. Je suis arrivé à Stanford et la première année, en 1969, Ken Pitzer [Kenneth Sanborn Pitzer] était le président. Je ne l'ai jamais vraiment connu mais je l'ai vu le jour de l'ouverture, où il y avait de la fumée visible dans le Hall d'enceinte juste derrière l'amphithéâtre gelé où nous faisions l'ouverture. C'était un homme brisé. Il a pris 10 ans en une seule année à travers ces événements ; je crois que c'était un chimiste. C'étaient des temps terribles quand toutes sortes de gens venaient du dehors du campus pour commencer leurs protestations parce que Stanford était une cible facile. D'autres endroits étaient mieux protégés et du coup, on devait avoir les shérifs et les foules juste là. Il y avait une pancarte là où il y a le Starbucks maintenant sur El Camino, "achetez vos armes ici". Connaissez-vous El Camino de l'autre côté de l'avenue Stanford ?

SCHOFIELD : Je sais exactement de quel endroit vous parlez. C'était un marchand d'armes ?

KNUTH : Oui, c'était un armurier. Après je pense que vous pouviez y acheter des barbecues ou des trucs comme ça, bien, mais ça disait armes en grosses lettres. Quand je suis arrivé en 1969, Nixon était notre président. J'étais bien sûr opposé à la guerre au Vietnam et à la manière dont les choses étaient en train d'évoluer. Le trimestre de printemps de ma première année a été quasiment totalement perdu, parce qu'il y a eu des boycotts des cours pendant longtemps.

SCHOFIELD : Ca devait être au printemps 1970.

KNUTH : Printemps 1970... Avril était le début du trimestre de printemps

et on essayait de faire cours mais toutes sortes de choses se produisaient. Ils appelaient ça des Teach-ins, pour exprimer le fait qu'on n'allait pas leur enseigner la vérité sur ce qu'il était en train de se passer.

Au début de mes cours de printemps, j'écrivais un signe racine au tableau : "Ceci est le signe racine [en mathématiques]."; je disais "j'ai une grande sympathie pour les racines mais la prochaine heure, nous allons parler informatique ok."

Un jour, Nixon a envahi le Cambodge. Ce jour-là, je n'ai pas fait cours. J'ai fait un piquet de grève à l'immeuble Pine. Bob Floyd [Robert W Floyd], mon collègue, et moi étions assis là... Je suis sûr que quelqu'un a dû nous prendre en photo. Nous avons entouré l'immeuble de manière à ce que personne ne puisse entrer et faire son travail comme d'habitude.

SCHOFIELD : Ou bien abîme l'immeuble ?

KNUTH : Oui, bon, c'est une autre histoire. Quelqu'un a mis le feu à l'immeuble Polya l'année suivante et j'avais déjà ramené tous mes fichiers à la maison pour les protéger. Oui, ça n'était pas vraiment une époque où une carrière académique semblait être une bonne idée.

SCHOFIELD : Est-ce que c'est ce que j'avais à l'esprit ? Non.

KNUTH : Mais je savais aussi que si Stanford fermait, je trouverais un moyen de rencontrer les étudiants et je trouverais un endroit où nous asseoir pour parler [informatique]. On l'aurait fait sans structure. C'est devenu très clair pour moi, que le but de ma vie était d'enseigner et de communiquer ces idées. Quelle que soit la manière dont ça devait être fait, nous le ferions. Cela m'a amené à penser "quelles sont mes vraies priorités?". Je savais de façon sûre que j'étais né pour être professeur, mais ma zone de confort avait changé.

Où en étions-nous ? Je viens au campus et Bob Floyd et moi faisons des piquets de grève sur le département d'informatique. Je dois admettre que nous nous parlions informatique l'un à l'autre. Nous faisons de la recherche sur nos piquets de sit-in [*rires*].

Mais nous voulions encore obtenir la chose suivante : pas de travail comme

d'habitude aujourd'hui. J'avoue qu'il faudrait que je regarde dans mon livre où je note tout pour voir ce qui a réellement été fait en cours cette année-là. Le campus était un champ de bataille. Le hall d'enceinte était plein de fumée depuis le début. Vraiment je pense que l'année suivante aurait pu être bien pire. J'ai ce vague sentiment que les gens parlent surtout des années 60 mais que tout a plutôt vraiment dégringolé dans les années 70.

SCHOFIELD : Les premières années après 1970 ont été mauvaises.

KNUTH : C'est vrai, mais Lyman a été capable de sensiblement gérer cela. J'aimerais parler un peu de cela parce qu'avant que je vienne à Stanford, j'avais été recruté et l'un des trucs que Forsythe m'a envoyé était le rapport d'un comité qui avait visité le département d'informatique ; ils avaient été invités en 1966 ou quelque-chose comme ça. Ils avaient fait venir des experts chefs de file en informatique du monde entier pour 2 ou 3 jours de façon à parler de ce qui se passait exactement à Stanford. J'ai eu en main les transcriptions de ces rencontres. Il y avait une personne nommée Lyman qui posait les questions les plus intelligentes dans ces transcriptions. J'ai demandé à George Forsythe qui c'était.

SCHOFIELD : Qui était ce type ?

KNUTH : Oui, et c'était notre président d'université, la personne la plus importante de la faculté. J'ai admiré la profondeur de l'intelligence derrière ses questions. Bien sûr, Lyman était un historien. Il avait à faire face à des problèmes sans précédents, la plupart de ces problèmes ayant été provoqués par d'autres groupes venant sur le campus plutôt que par les gens du campus de Stanford eux-mêmes.

SCHOFIELD : Il y avait sûrement des étudiants de Stanford impliqués mais aussi beaucoup de provocations venant de l'extérieur.

KNUTH : Oui. Les étudiants de Stanford étaient impliqués mais il y avait beaucoup, beaucoup d'autres personnes. Lyman devait gérer tout ça, et écouter les gens plutôt que de simplement les rejeter, et essayer de parler de manière sensée. Aussi loin que j'aie pu en juger, il a géré tous ces problèmes insolubles aussi bien que n'importe quel autre humain l'aurait fait. Bien sûr, c'est dans la nature du progrès que cela engendre quelques conflits, et vous

essayez d'éviter de la violence inutile. J'essaie toujours d'éviter la controverse à chaque fois que je le peux. Je n'aime pas me disputer avec les gens.

SCHOFIELD : Avez-vous été impliqué ou bien qu'avez-vous pensé du cas Bruce Franklin [H. Bruce Franklin] ?

KNUTH : J'ai juste vu que c'était un orateur charismatique et il aurait pu enflammer des étudiants ou autres. Le feu dans notre immeuble a eu lieu seulement après quelques jours de ses harangues. Je pense qu'il n'a pas dépassé la limite... La parole est libre mais il y a aussi des discours destructeurs. Mais je n'étais pas complètement impliqué là-dedans.

SCHOFIELD : Je crois que Donald Kennedy était le chef du Conseil consultatif. Le Conseil consultatif était divisé là-dessus.

KNUTH : Vous voulez dire divisé sur...

SCHOFIELD : Sur le fait de le virer ou bien de le discipliner en le gardant à la faculté. Ils étaient divisés mais majoritairement en faveur de le virer. Il a continué et a eu une carrière parfaitement respectable. Je crois qu'il est à Rutgers.

KNUTH : Angela Davis a été virée par UCLA, n'est-ce pas ? Oui. Je pouvais comprendre d'où il venait mais je pense qu'il...

SCHOFIELD : Il est allé un peu trop loin... ?

KNUTH : Il était trop charismatique, peut-être, mais ne le savait pas.

SCHOFIELD : Peut-être ne savait-il pas le pouvoir qu'il avait ?

KNUTH : Je ne me suis jamais impliqué davantage en politique. J'ai fait quelques petites choses en arrière-plan. Par exemple, j'ai écrit deux lettres à des gens en Tchécoslovaquie quand j'ai appris qu'un informaticien tchécoslovaque ne pouvait pas trouver de travail parce qu'il avait été une sorte de lanceur d'alerte. J'ai dit que ses recherches avaient inspiré certains de mes papiers. J'ai écrit que je jouais du Dvorák [Antonín Leopold Dvorák] alors et que ça me faisait penser à la Tchécoslovaquie et combien j'étais triste d'en-

tendre qu'un des scientifiques dont je respectais le travail pouvait avoir des problèmes. J'ai dit que je ne savais pas si ces rumeurs étaient fondées ou pas, mais que si elles l'étaient, je me demandais s'il y avait quelque-chose que je pouvais faire pour l'aider.

J'ai écrit une lettre dans cette veine et deux mois après, j'ai reçu anonymement deux livres de partitions de piano de Dvorák - l'un des bijoux de ma collection - et aussi que cet homme était autorisé à sortir de Tchécoslovaquie pour venir en Amérique. Il avait perdu son travail à l'Académie des Sciences mais il avait l'autorisation de quitter le pays. En tous cas, je n'ai jamais écrit d'articles ou quoi que ce soit. Ça aurait été comme une sorte de tampon apposé "si Knuth parle d'un truc, c'est que ça doit vraiment être mal" [*rires*]...

SCHOFIELD : Vous alliez parler un peu de votre collègue, Bob Floyd.

KNUTH : Exact. De tous les informaticiens avec lesquels j'ai travaillé de façon rapprochée, certainement que Bob est celui qui se démarque plus que tout autre. J'ai plutôt tendance à travailler seul la plupart du temps. Je suppose que je suis une sorte d'ermite, mais Bob et moi avons fait en sorte de venir à Stanford en même temps. J'étais à Caltech et... oh, je ferais mieux de dire d'abord comment nous nous sommes rencontrés. Bob a été une des premières personnes au monde à réaliser l'importance de prouver que les programmes informatiques étaient corrects.

99 % des gens ou presque 100 % des gens pensent que vous écrivez un programme, vous jouez avec jusqu'à ce qu'il semble être correct, et alors vous espérez qu'il va continuer à marcher. Bob a dit "Non... Les mathématiciens ont une meilleure idée. Ils ont l'idée de la démonstration, selon laquelle vous pouvez prouver en conclusion que ça va marcher.". Presque personne au monde n'avait cette attitude. Il devint célèbre pour l'idée des programmes vérifiables par ordinateur. Je l'ai rencontré lors d'une conférence en 1962. Il était encore étudiant et on a été impressionné par lui. C'était définitivement un geek-né lui-aussi. Il n'a jamais obtenu de thèse. Il était étudiant dans une université de Chicago dans un programme accéléré pour personnes douées. Les jeunes-gens pouvaient intégrer cette école diplômante tout jeunes. Mais après, ils rencontraient des filles, ou un truc du style, et laissaient tomber. Bob a obtenu un travail de programmeur tôt et il s'est avéré qu'il pouvait écrire des programmes révolutionnaires, de superbes programmes. Finalement on a

fini par se rencontrer et on a réalisé qu'on était "de drôles d'oiseaux"<sup>3</sup>.

SCHOFIELD : Il était un petit peu plus vieux que vous, mais pas beaucoup ?

KNUTH : Oui. Il vivait dans cette maison là-bas [*la montrant du doigt*].

SCHOFIELD : Oh, à travers la fenêtre. Nous pouvons presque voir sa maison.

KNUTH : Il pouvait s'asseoir dans sa salle à manger. Il pouvait voir si ma lumière était allumée, si j'étais en train d'écrire mon bouquin ou pas.

SCHOFIELD : Comment est-il venu à Stanford ?

KNUTH : C'est exactement la question qu'il fallait poser. Tous les deux, on s'écrivait des lettres l'un à l'autre, chacun poussant l'autre à surpasser le théorème précédent et se lançant mutuellement des défis. Nous échangeons une correspondance technique incroyable qui me rappelait les lettres que j'avais vues échangées par certains mathématiciens du XVII<sup>ème</sup> siècle, se faisant évoluer l'un l'autre. C'était très excitant pour tous les deux. Finalement il est venu me rencontrer à Caltech et nous avons passé une semaine ensemble ; nous devions aller faire de la randonnée dans le désert et ce genre de choses.

Quand j'ai su que j'allais vouloir bouger pour l'unique fois de ma vie, je lui ai écrit et j'ai dit "et Bob, quel que soit l'endroit où j'irai, j'aimerais bien que tu y ailles aussi". Nous avions tous les deux des idées sur différents endroits où passer le reste de notre vie. Il m'a alors écrit cette longue lettre où il résumait les choses qui étaient en train d'arriver, dans les différents principaux centres d'informatique en Amérique. Il a placé Stanford plutôt très haut. En gros, il a dit que si je choisissais Stanford, il aimerait bien aller à Stanford aussi. J'ai raconté ça à George Forsythe et je lui ai dit qu'on voulait un contrat-package commun si possible [*rires*]. Bob n'avait pas de thèse.

Mais pourtant sur les 5 papiers les plus importants sur les langages informatiques, qui était alors l'un des domaines les plus importants de l'informatique, il en avait écrit 4. Il avait une très grande valeur en terme de recherche

---

3. birds of a feather ?

mais, vous savez, de là à le salarier en tant que professeur, ça aurait été un peu trop.

SCHOFIELD : Un peu exagéré ?

KNUTH : Exact. Ils ont décidé de lui offrir un poste de professeur associé, et nous avons tous les deux décidé de venir à Stanford.

SCHOFIELD : Professeur associé. C'était avec un mandat ou pas ?

KNUTH : C'est ça. C'était avec un mandat mais pas...

SCHOFIELD : Mais pas en tant que professeur.

KNUTH : Exact. Je pense que c'est en 1971 qu'il est devenu professeur. Il y avait un congrès international, qui mettait en vedette les plus grands informaticiens du monde, et l'un des plus grands honneurs était de fournir les adresses de personnes qui seraient invitées au Congrès international du traitement de l'information. Bob a été la seule personne au monde à être invitée à donner deux tels noms [*rires*]. Cela a été suffisant pour me permettre de convaincre l'Université de Stanford de le promouvoir professeur malgré le fait qu'il n'ait pas de thèse.

SCHOFIELD : Je me demande s'il est le seul, ou je suppose un parmi très peu de personnes, qui ont atteint ce niveau mais n'ont pas de thèse.

KNUTH : Vous auriez la compétence pour...

SCHOFIELD : Je pourrais trouver ça, oui.

KNUTH : Ok, alors il est venu pour être membre de notre département au moment crucial où nous travaillions avec des architectes pour nous déplacer vers l'immeuble Margaret Jacks ; le quartier général de la tour des gars était au premier et nous étions au second. Juste au milieu du campus...

SCHOFIELD : Près de la façade de l'immeuble principal.

KNUTH : Oui. Notre département avait été éparpillé un peu partout. J'ai

mentionné précédemment que certains étaient au SLAC et au Laboratoire central D. C. et à plein d'autres endroits. Notre nouvel immeuble nous a fait être tous ensemble au centre du campus là sur l'avenue Memorial. Bob était directeur du département au moment où nous avons déménagé. Il a pris cette responsabilité très au sérieux et il a travaillé de très près avec les architectes et ainsi de suite.

Il n'était pas un très grand communicant. Il était très timide et pas un, comment vous appelez ça, pas un marchand de roues du tout. Il était plutôt comme le Président Pitzer. C'était... disons, un pur chercheur invétéré. C'était un bon directeur mais différentes compétences vont avec différents sièges. Les uns sont bons pour collecter les fonds et les autres sont bons comme exécutants et peu importe.

En tous cas, Bob était extrêmement important pour notre département et il travaillait très dur. A ce moment-là, il travaillait tellement dur comme directeur qu'il n'avait pas de temps pour la recherche et il est tombé à la traîne. Il a pris deux années sabbatiques après ça, pour aller au MIT et à d'autres endroits et il a réussi à rattraper son retard en recherche. Mais il n'était plus le même après ça. Nous avons travaillé très intensément ensemble pendant les années 60 et le début des années 70. Mais après, dans les années 80, je crois qu'on a écrit seulement un, peut-être 2, articles en commun. Je travaillais dans le domaine de la typographie et il travaillait sur d'autres projets, même si nous vivions près l'un de l'autre. Il a divorcé et un certain nombre de choses avaient lieu dans sa vie. Nos routes se sont séparées. La tragédie est qu'il avait... je ne suis plus sûr du nom... une maladie. C'est un peu comme la maladie d'Alzheimer...

SCHOFIELD : Une sorte de démence ?

KNUTH : Oui, mais c'est un autre nom.

SCHOFIELD : Est-ce que c'était une démence de Lewy<sup>4</sup> ?

KNUTH : Si c'était bien ce terme, je l'aurais reconnu. J'ai écrit son In me-

---

4. note de l'éditeur : Bob souffrait d'une maladie de Pick, une maladie neuro-dégénérative.

moriem et ça a probablement paru dans les résolutions du Sénat.

SCHOFIELD : Exact, il l'a été.

KNUTH : A la fin, dans ses dernières années, il avait une personne soignante adorable. La dernière conversation scientifique que nous ayons eue remonte à une nuit en 1997 dans la maison d'Ed Feigenbaum où beaucoup d'entre nous avons réussi à ce que nos souvenirs des débuts du département d'informatique soient filmés. Ces films font partie des archives de Stanford. Je pense qu'ils sont peut-être quelque part sur YouTube. Ça s'appelle *Les légendes vivantes* et nous étions tous là. Bill Miller était là bien sûr et John McCarthy et Herriot, je pense peut-être qu'il y a aussi Gio Wiederhold [Giovanni Corrado Melchiorre Wiederhold], et Ed et Penny Nii, l'épouse d'Ed<sup>5</sup>. Ils ont alors pris des archives video à ce moment-là de nos souvenirs. Bob était là mais il n'a pas vraiment participé beaucoup.

KNUTH : Gene Golub était présent aussi. Nous rentrions chez nous et nous observions une comète [la comète de Hale-Bopp] qui était visible dans le ciel cette nuit-là. Comme on rentrait en marchant chez nous, on parlait un peu de ça. C'est la dernière fois que Bob et moi avons eu notre dernière conversation. Laissez-moi répéter que c'était un contrat-package, que nous étions venus à Stanford ensemble et que nous avons prospéré. Il a reçu le prix Turing, qui est comme le prix Nobel en informatique, durant les années 70, juste vers la fin de son mandat de directeur je pense.

SCHOFIELD : Puisque vous avez mentionné le prix Turing, vous avez reçu une liste de récompenses et d'honneurs longue comme mon bras et jusqu'à mon autre bras. Evidemment, elles sont recensées dans votre CV et je pense qu'elles ont toutes été importantes de plein droit. Mais y en-a-t-il quelques-unes qui sont plus mémorables et qui ont plus de sens pour vous ?

KNUTH : Bob [Floyd] avait cette idée que la première récompense est toujours la plus difficile. Une fois que vous en avez obtenu une, alors tous les autres veulent mettre un ticket sur vous. Mais ils ne voulaient pas être les premiers à vous donner une récompense. J'ai eu cette chance de recevoir une récompense tôt dans ma vie et alors ça pouvait...

---

5. note de Don Knuth : Gene Golub était présent également.

SCHOFIELD : C'était le prix Turing ?

KNUTH : Non, c'était le prix Grace Hopper. C'est une récompense pour les meilleurs informaticiens qui ont moins de 30 ans. J'ai reçu cette récompense un an ou deux avant de recevoir le prix Turing. Alors les vannes se sont ouvertes. Le prix Turing était pour *L'Art de la programmation des ordinateurs* - à ce moment-là, j'en avais publié 3 volumes. Nous parlerons davantage de cela. En tous cas, c'est en partie dû au fait que je suis arrivé à un moment où l'informatique soulevait des montagnes et ainsi je suis devenu l'homme des affiches pour l'informatique. Dès qu'une université démarrerait un département d'informatique, il faudrait qu'elle se montre sous son pire aspect en délivrant un diplôme d'honneur.

Stanford ne donne pas de diplôme d'honneur mais la plupart des autres universités le font. Pour faire ça, la remise du diplôme doit être votée à l'unanimité des membres de la faculté. L'Université Duke, par exemple, ne peut pas attribuer un doctorat d'honneur à moins que les physiciens, les chimistes, les biologistes ne soient d'accord. Je crois que j'ai plus de diplômes d'honneur que Ronald Reagan [*rires*].

SCHOFIELD : Il y en a diablement beaucoup sur votre CV.

KNUTH : Oui, il y en a plus de 3 douzaines maintenant.

SCHOFIELD : Etes-vous allé physiquement les recevoir ?

KNUTH : Oui à l'exception d'un seul cas. Dans un cas, je devais aller à une séance de radiothérapie pour traitement d'un cancer et je n'ai pas pu aller recevoir mon diplôme. Je pensais qu'ils différeraient la remise mais ils m'ont récompensé in absentia. Je pourrais aussi écrire un livre sur la genèse...

SCHOFIELD : Tous ceux en travers desquels vous vous êtes assis<sup>6</sup>.

KNUTH : Garrison Keillor est ainsi un formidable conférencier débutant. J'ai toujours considéré l'acceptation de récompenses qui couvrent toutes les

---

6. ?

sciences comme une bonne utilisation de mon temps, dans le but d'améliorer la visibilité de l'informatique dans le monde, parce que nous sommes les nouveaux gamins de l'immeuble. Nous devons encore diffuser le fait que c'est un domaine de connaissance qui a sa propre importance. Il y a seulement 100 ans de cela, les gens disaient "oui, bien sûr, l'informatique est importante, la physique est importante, la chimie est importante". L'une de ces matières doit être perçue comme la première. L'une d'entre elles doit être vue comme la seconde. Et nous, nous sommes les derniers du jeu. Nous avons tous la même importance, mais nous devons encore nous mettre au diapason. J'ai vu le fait de recevoir ces récompenses et ces diplômes d'honneur non pas comme les recevant moi seul personnellement, mais comme les recevant en tant que représentant d'une communauté entière, comme montrant le fait que ce domaine est important.

SCHOFIELD : Alfred Nobel était mort alors, du coup, il n'a pas pu créer de Nobel d'informatique.

KNUTH : C'était agréable que l'un de mes honneurs ait été un diplôme de Doctorat par l'*[Université d'Oslo]* au moment où ils ont commencé les prix Abel, qui sont les prix Nobel des mathématiciens. En tous les cas, je considère que la plupart de ces récompenses n'étaient pas spécifiquement pour des choses que j'avais faites mais pour des choses que des informaticiens avaient faites et que j'étais une personne reconnue à qui donner les récompenses.

SCHOFIELD : Peut-être minimisez-vous votre importance en tant qu'individu, mais j'ai saisi ce que vous dites.

KNUTH : Oui, j'essaie de montrer comme je suis humble maintenant.

SCHOFIELD : Je pense que vous l'êtes *[rires]*.

KNUTH : Plus sérieusement, quelqu'un doit tenir ce rôle et il était plus facile pour les gens de me choisir à cause des livres que j'avais écrits *[rires]*, parce qu'ils avaient lu mes livres. Les plus grandes récompenses étaient celles qui avaient le plus grand comité de vote pour les obtenir... comme le prix Kyoto, qui nécessite un processus de vote assez large.

SCHOFIELD : C'était en 1996, je pense ?

KNUTH : Oui, c'était en 1996, exact. C'est un prix très important et...

SCHOFIELD : Je pense que j'ai lu quelque part que c'est un prix qui rapporte pas mal d'argent et que vous en avez fait don à une œuvre de charité ?

KNUTH : C'est vrai. Je ne sais pas combien de millions de yens c'était, mais ça équivalait à environ 400 000 \$. Jill [Nancy Jill Carter Knuth] et moi sommes très heureux et nous ne voulions pas de cet argent qui aurait ruiné nos vies. Alors on voulait avoir idée de ce qu'on peut raisonnablement faire avec 400 000 \$. Il s'est avéré que ça n'était pas si facile de faire un don... je ne veux pas rentrer dans les détails... en tous cas, de façon à faire cela de manière légale, nous avons dû passer par une association spéciale de la péninsule qui effectue ce transfert (une sorte d'agence de blanchiment). Il y a une charité reconnue...

SCHOFIELD : Etes-vous en train de parler de la Fondation communauté de la péninsule ?

KNUTH : C'est ça.

SCHOFIELD : Oui, ils gèrent l'argent et vous pouvez désigner les associations caritatives auxquelles vous souhaitez donner par leur biais.

KNUTH : Exact. J'ai décidé que 100 000 \$ irait à notre église pour remplacer l'orgue ; 100 000 \$ irait à Stanford ; 100 000 \$ pour que nos parents aillent au Japon<sup>7</sup>. En tous cas, on a partagé parce qu'on n'en avait pas besoin.

SCHOFIELD : Vous pensiez que vous aviez assez d'argent ?

KNUTH : Oui, et en plus, nous ne sommes pas si bons en gestion d'investissements. Nous ne voulions pas avoir à faire ça. On a divisé l'argent en 4.

SCHOFIELD : Avez-vous fait cela anonymement, ou bien les gens savaient-ils que c'étaient vous qui donniez ces cadeaux ?

---

7. Note de Don Knuth : Les 100 000 \$ restant sont allés à mon collègue luthérien de Milwaukee, dans le Wisconsin.

KNUTH : Je ne pense pas que nous l'ayions fait anonymement. J'ai alors reçu une récompense de la fondation BBVA à Madrid<sup>8</sup>. C'était, je ne sais pas, il y a environ 10 ans. Il y avait là aussi un vote d'attribution assez conséquent et je pouvais représenter l'informatique. A nouveau, on a fait don de l'argent. Je pense avoir donné beaucoup alors aux publications du CSLI [Centre pour l'étude du Langage et de l'information, à Stanford].

SCHOFIELD : J'ai noté que nombre de vos conférences sont enregistrées ou archivées là-bas au CSLI.

KNUTH : Oui. Le CSLI a publié 8 volumes, contenant tous les papiers que j'ai écrits.

SCHOFIELD : Pourquoi le CSLI? Etiez-vous particulièrement lié à eux?

KNUTH : J'ai rencontré Dikran [Dikran Karagueuzian] alors que je travaillais sur la typographie et il s'est rapproché de moi de nombreuses années plus tard pour publier un livre... le premier s'appelait *Programmation littéraire*. C'était une compilation de mon travail sur la typographie, une nouvelle façon de programmer qui permet de comprendre les programmes comme si on lisait de la littérature en... de la façon dont vous écrivez à des êtres humains et pas à des ordinateurs.

SCHOFIELD : Dikran... Je ne sais pas de qui il s'agit...

KNUTH : Dikran Karagueuzian a été à la tête des Publications CSLI depuis les années 70. Je l'ai rencontré quand il concevait des polices de caractères pour l'arménien alors que je travaillais en typographie. Nous sommes devenus amis. Il est éditeur et il a travaillé avec Etch [John Etchemendy] pour développer des publications compliquées.

SCHOFIELD : Parlez-nous de cette merveilleuse maison dans laquelle nous sommes, que vous avez en partie dessinée, et de votre vie à votre domicile en général. Vous avez toujours été marié à Jill et vous avez élevé deux enfants.

---

8. Note de l'éditeur : Récompense Frontières de la connaissance, financée par la Banque de Bilbao Fondation monétaire Vizcaya attribuée à Don Knuth en 2010.

Pouvez-vous s'il-vous-plaît nous parler un peu de cela ?

KNUTH : Jill et moi nous sommes mariés juste après avoir passé nos diplômes, en 1961. Notre fils est né en 1965 et notre fille en 1966. Et nous avons dessiné cette maison. L'un des gros avantages de Stanford était de pouvoir vivre sur le campus. Si j'étais allé à Harvard, j'aurais dû attendre vingt ans avant d'avoir une maison près du campus d'Harvard, par exemple, et même chose pour Berkeley. C'était très attirant de penser que je pourrais vivre une vie sans avoir à changer. Je pouvais circuler à vélo et c'est ce que je fais encore 4 jours par semaine pour aller au cœur du campus.

SCHOFIELD : Vous étiez pionnier avant l'heure pour ça.

KNUTH : L'une des raisons pour lesquelles j'ai pu avoir ma première année comme professeur, financée par Stanford, tout en étant absent, c'était que ça me donnait le droit de participer à la conception des lots dans la colline des Français où nous sommes en ce moment. Nous avons eu à choisir nos 4 lots préférés, et celui-ci est celui qui nous a été attribué. Pendant notre année à Princeton, on a passé chaque dimanche soir à parler de la maison de nos rêves. Jill et moi avons vraiment passé notre première année de fac à parler de la maison de nos rêves, et puis quand nous sommes venus, nous allions vraiment pouvoir la faire construire [*rires*]. Nous sommes venus ici avec des tonnes et des tonnes de notes et nous avons rencontré un merveilleux architecte : Jim O'Neal. Il était dans une boîte qui s'appelait Sabin, O'Neal, Mitchell qui n'a tenu que quelques années mais ils ont travaillé sur le Collège Foothill je pense. Ils ont dessiné 3 autres maisons dans cette zone. Jim était très à l'écoute et il a pu regarder tous nos plans et voir lesquels avaient vraiment du sens.

SCHOFIELD : Etaient-ce juste des plans verbaux ?

KNUTH : Non, on avait vraiment dessiné des plans. On avait des idées de murs arrondis et d'angles étranges et des trucs comme ça. Il a pu voir ce qu'on avait vraiment en tête. Il a compris comment la lumière passait par les fenêtres et, vous savez, nous n'avions pas une bonne compréhension de ça. Il y a 3 successions de plans parce qu'une chose qui nous fascinait était l'idée d'un escalier en spirale. Nous pensions que nous voulions vraiment une maison avec un escalier en spirale au milieu. Mais ça ne marchait tout sim-

plement pas.

Les 10 premiers plans étaient des versions différentes pour essayer d'avoir un escalier en spirale qui marche. Lors de nos voyages en Europe, nous avons apprécié l'idée qu'il y ait quelques pièces plus grandes que les normales et d'autres plus petites, bref qu'elles ne soient pas toutes de la même taille. Nous voulions une grande salle de bains et beaucoup de place pour un dressing. Nous voulions une petite chambre pour les choses intimes... pour lire ; nous voulions un petit boudoir... pour parler ; et des choses de ce style.

C'étaient des éléments de la maison de nos rêves. Jim était à l'écoute et c'était un bon entrepreneur. Nous avons passé notre première année ici à rencontrer l'architecte, à discuter avec lui, et à regarder cette maison en train d'être construite. Toutes les maisons de la rue sortaient à peu près en même temps. La nôtre a été la dernière à être achevée.

SCHOFIELD : Et ça, c'est donc en 19.. ?

KNUTH : C'était en 1970 ou 1971<sup>9</sup>. Au fait, la société d'histoire de Stanford devrait organiser une visite des maisons de la colline des Français un de ces jours. Ils utilisent toujours la vieille partie du campus, mais, vous savez, il y a quelques maisons surprenantes là-bas qu'il serait intéressant de visiter.

SCHOFIELD : On y vient. La société historique a pris un engagement pour rechercher toutes les maisons d'avant 1930 et ils ont presque fini. Maintenant ils recherchent celles de 1950, 1960 et 1970.

KNUTH : Ok. Par exemple, Herb et Eve Clark [professeurs de psychologie et linguistique, respectivement] ont un appartement au deuxième étage. Il n'y a pas de premier étage.

SCHOFIELD : Et il est sur Vernier ?

KNUTH : Non, la première rue est après l'avenue Stanford.

SCHOFIELD : Wing ?

---

9. Note de Don Knuth : nous avons emménagé en septembre 1970.

KNUTH : Wing, oui.

SCHOFIELD : Vous avez raison. Il y a de nouvelles maisons très intéressantes.

KNUTH : Exact. Et vers Tolman, il y a une autre maison de Sabin, O'Neal, Mitchell qui consiste en 4 parties qui se font face, à angles droits, pour avoir le soleil à différents moments, et tout ça. Il y a beaucoup à faire [*rires*]. Vous avez dit que vous admiriez les lambris de cèdre de la maison, que nous aimons beaucoup à cause de notre expérience en Scandinavie. Nous disions que nous aimerions vraiment avoir une maison qui mettrait le bois en valeur. Nous ne pouvions pas nous permettre le lambris en cèdre au début alors nous avons vécu pendant 3 ans avec du placoplâtre jusqu'à ce que de l'argent rentre de la vente de mon livre.

SCHOFIELD : Est-ce ce qu'on appelle ça du cèdre grossièrement scié? Je crois que c'en est.

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : C'est beau.

KNUTH : Nous avons eu des charpentiers présents dans la maison pendant des mois pour installer les lambris.

SCHOFIELD : En face du panneau mural?

KNUTH : Oui. Comme notre maison se montait, les gens disaient que nous devions vraiment nous préoccuper des tremblements de terre parce que nous avons tellement de poutres et de contreventements en bois là. L'architecte aurait dû faire en sorte qu'on puisse tourner ça de ce côté-là [*rires*], je ne sais pas. En tous cas, la maison a coûté le prix incroyable de 100 000 \$.

SCHOFIELD : Ce qui bien sûr était une somme énorme à l'époque.

KNUTH : Notre maison a été considérée comme vraiment chère, chère à outrance. Bon, elle a une surface habitable de 450 mètres carrés. Nous voulions avoir un atelier d'art pour Jill et une pièce pour ma musique. Du coup, nous

avons mis de côté une pièce dans laquelle il y aurait l'orgue. Nous ne pouvions pas nous le permettre alors, mais l'architecte a mis des renforcements sous le sol pour que ça puisse supporter un poids de plusieurs tonnes. Nous étions vraiment contents de vivre sur le campus et de pouvoir choisir notre propre architecte. C'était un arrangement incroyable, rendu possible par la manière dont Stanford avait organisé son planning.

SCHOFIELD : Je pense que c'était particulièrement avantageux pour ceux d'entre vous dans cette zone qui avez pu obtenir les premiers lots.

KNUTH : Oui, exact. Il y avait des lots et de nombreux enfants jouant dans les rues. A Halloween, on ne pouvait pas avoir assez de bonbons dans les maisons. Il y a quelques enfants qui reviennent maintenant mais c'est très différent. Les arbres étaient petits. Comme la rue évoluait, nous grandissions avec elle... Nous avons pris l'habitude de voir la baie par la fenêtre [*rires*].

SCHOFIELD : Vraiment ?

KNUTH : Oui, parce qu'il n'y a pas d'arbre qui cache la vue. Pas cette fenêtre-ci, mais la fenêtre du dessus...

SCHOFIELD : Je ne pensais pas qu'on était assez haut, mais je devine qu'on l'est juste assez.

KNUTH : Nous le sommes.

SCHOFIELD : Et le voisinage, cela a-t-il été important d'une quelconque manière dans votre vie à Stanford ?

KNUTH : Nous nous rencontrions souvent il y a 10 ans par rapport à cette préparation du tremblement de terre et nous avons des soirées de quartier et des trucs comme ça. Mais ça n'a pas été extrêmement important. John McCarthy vivait là-bas [*pointant du doigt la direction*] et Bob Floyd vivait là-bas [*pointant*]. Bill Dally [William James Dally] vivait de l'autre côté de notre rue. Nous avons ainsi des relations sociales variées. J'ai commencé à me faire le défi de lire les livres qu'avaient écrits tous mes voisins [*rires*]. J'ai abandonné au bout de quelques temps parce qu'il y en avait trop. Beaucoup de personnes de ce quartier ont écrit des livres très attirants.

Il y a un roman de Spyros Andreopoulos... le type qui était à la tête du Bureau de la communication de l'école de médecine... Je pense qu'il s'appelle *Battement de cœur*. Nos voisins les Cancians, ont fait des recherches merveilleuses à Mexico que nous voulions lire.

SCHOFIELD : Quel était leur nom ?

KNUTH : Cancian [Frank et Francesca Cancian]. Ils étaient tous les deux professeurs d'anthropologie. Vivre dans ce quartier m'a donné l'opportunité d'apprécier d'autres domaines de la vie que l'informatique.

SCHOFIELD : Oui, vous mentionniez qu'il y avait quelques opportunités à l'université de sortir de votre champ disciplinaire. La proximité dans le campus peut fournir de telles opportunités... Ce n'est pas une opportunité pour tout le monde je trouve... Mais ça peut l'être pour certains.

KNUTH : Exact. La SCRL [association des Locataires de la résidence du campus de Stanford] organise 3 ou 4 soirées par an. J'ai passé les soirées en question à apprendre de la biologie ou bien quelque-chose sur le domaine dans lequel travaillaient les personnes que j'y rencontrais.

SCHOFIELD : Vous en aviez la curiosité. Vous avez dit que Jill est une artiste ou qu'elle avait besoin d'une pièce pour son art. Dites-nous en un peu sur sa vie en dehors de votre vie commune.

KNUTH : Elle est artiste-designer et elle n'a jamais vraiment exercé de manière salariée, mais elle fait plein de travaux en free-lance, des travaux de charité, des travaux bénévoles. Elle a reçu une formation artistique. A Pasadena, quand nous vivions à Caltech, nous avions un grand four dans notre cour où elle faisait cuire ses poteries. L'une des professeurs de Jill était l'une des grands potières japonaise-américaine, Toshiko... euh... Takaezu, c'était son nom. Si Miss Takaezu n'aimait pas votre poterie, elle était détruite sur le champ [*rires*]. Juste brisée. Jill est particulièrement douée en design et elle a conçu de nombreux logos et marques.

Elle a un livre à propos des dessins de bannières. Il est intitulé *Bannières sans mots* et l'idée est que vous pouvez faire passer un message spirituel juste

grâce aux images. Elle combine des tissus d'une façon très surprenante. Elle a écrit une colonne mensuelle dans le magazine *Liturgie moderne* pendant quelques temps et ces colonnes ont été compilées dans un livre. Nous avons habituellement une collection d'une centaine de ses bannières mais elles sont maintenant dans une église de Palo Alto qui les conserve. Elle a participé à différentes expositions de ce genre de travaux qu'elle réalise, souvent avec du tissu ou de la poterie. La grande pièce de son côté de la maison est exposée au nord, ce qui fait qu'elle peut travailler là, et elle a d'excellents projets en cours tout le temps. J'ai la pièce à musique qui contient un orgue et deux pianos, et de nombreux instruments de musique de chambre.

SCHOFIELD : Pourrions-nous parler de la musique dans votre vie ? Je pense qu'elle est très importante pour vous et que vous avez fait des choses vraiment très intéressantes avec la musique. Faisons cela et peut-être terminerons-nous cette session sur ce thème.

KNUTH : Bonne idée. Mon père était organiste d'église et chef de chœur. Il m'a appris le piano quand j'étais très jeune... peut-être vers 7 ans. Quand j'étais au collège, j'étais le musicien accompagnateur du chœur et je faisais partie de la chorale... ils n'avaient pas d'orchestre. Je faisais partie de la fanfare au collège et au lycée.

SCHOFIELD : Vous jouiez de quoi dans la fanfare ? Pas du piano [*rires*].

KNUTH : Non, je jouais du sousaphone.

SCHOFIELD : Du sousaphone, ah.

KNUTH : Je prenais toujours des instruments que l'école devrait payer. Nous n'avions pas assez d'argent pour que j'achète des instruments moi-même mais les sousaphones appartenaient à la fanfare. J'aimais beaucoup jouer du piano à des soirées de fraternité et ce genre de choses. J'aurais vraiment pu choisir une université en prenant une majeure en musique, ou bien j'aurais pu aller à Case et choisir une majeure en physique. J'ai choisi la branche physique mais c'était...

SCHOFIELD : Vous auriez pu facilement prendre une autre voie ? Bon, jusqu'à ce que vous découvriez que vous étiez un geek, alors vous avez abandonné

la musique ?

KNUTH : Les musiciens peuvent être des geeks, vous savez. Nous avons à Stanford un professeur nommé Ge [Ge Wang] dont les deux premières lettres sont celles du mot geek [*rires*].

SCHOFIELD : C'est vrai ?

KNUTH : Oui, oui. C'est un homme qui est une merveilleuse ressource. Il a démarré SLOrk, l'Orchestre portable de Stanford. Avez-vous entendu parler de ça ?

SCHOFIELD : Non.

KNUTH : Ge Wang est une des personnes importantes de Stanford. Il faut que vous fassiez en sorte de le connaître. Il est encore très jeune. Son premier livre sortira plus tard dans l'année. La musique a été un hobby important pour moi tout le temps. A Stanford, il y a cette jolie habitude que le comité d'évaluation d'une thèse [pour la partie orale de l'examen] vienne d'un autre département. Pendant quelques années, je ne sais pas, peut-être une demi-douzaine de fois, j'ai été directeur de comité d'examen oral d'une thèse dans le département de Musique ; d'autres départements aussi. La musique a toujours été pour moi le plus grand des plaisirs. Je n'ai plus participé à ce genre de comités d'examens pendant quelques temps mais ça continuait d'être la règle... quelqu'un d'un autre département est le directeur de l'examen oral. C'est une obligation de trois heures. Vous y allez et ensuite, vous mangez quelques cookies. L'étudiant fait une présentation et alors il y a consultation entre les membres de la faculté, où chacun essaye de montrer aux autres comme il est sympa et comment il a compris ce que l'étudiant a fait [*rires*]. C'est une partie très sympathique du travail à l'université parce que cela me permettait aussi de connaître mes collègues de la faculté de cette manière... Al Cohen [Albert Cohen] et John Chowning et Leland Smith. Chowning et Smith travaillaient avec des ordinateurs...

SCHOFIELD : ...au CCRMA [Centre de recherche informatique en musique et acoustique], et ils l'avaient fondé je pense.

KNUTH : Oui, exact. En fait, le CCRMA allait déménager [pour aller dans

le bâtiment Margaret Jacks avec nous] et un lieu a été spécialement insonorisé pour la musique, mais il s'est avéré que la partie informatique avait tellement augmenté qu'ils ont mis les ordinateurs dans cette pièce à la place. Nous souhaitions nous rapprocher des musiciens, dans les années 70, quand le bâtiment avait été dessiné. Dans le fond de mon esprit, je pensais "un jour j'aimerais en apprendre suffisamment en musique de façon à pouvoir composer une pièce significative qui rendrait un certain nombre de personnes contentes de l'écouter". Au départ, je pensais "bon, je le ferai avec des ordinateurs. J'en apprendrai suffisamment en musique de manière à apprendre à un ordinateur à écrire de la musique."

Un tas de personnes ont vraiment eu ce même objectif. J'ai toujours pensé que la meilleure manière de comprendre quelque-chose était d'essayer de l'expliquer à un ordinateur. Vous ne réalisez à quel point vous en connaissez très peu sur un sujet que lorsque vous essayez de l'expliquer à quelqu'un qui ne connaît pas ce sujet et spécialement, lorsque vous essayez de l'expliquer à un ordinateur. Les ordinateurs ne font pas qu'hocher la tête et dire qu'ils ont compris. Les ordinateurs doivent comprendre...

SCHOFIELD : Tous les blocs de construction doivent leur être fournis.

KNUTH : Oui, l'ordinateur est le test ultime pour savoir si oui ou non vous comprenez quelque-chose... si vous pouvez l'expliquer à un ordinateur. J'avais ça à l'esprit. Aussi j'ai appris quelques trucs... comme dans ce livre [*pointant un livre sur son étagère, "Papiers choisis sur le plaisir et les jeux"*], j'ai un petit essai sur quelques trucs que j'ai appris pendant mon année à Princeton sur les algorithmes qui harmonisent la musique, trouvent un bon motif d'accords. Je connaissais quelques petites choses sur ça. Au fur et à mesure des années, j'ai lu de nombreux livres sur la théorie musicale etc. J'avais la connaissance théorique mais je ne l'ai jamais mise dans une machine moi-même. J'ai finalement décidé d'écrire de la musique, j'aurais dû me limiter à un seul morceau, parce que ce que je fais vraiment le mieux, c'est d'écrire des livres de programmation et je n'aurais pas dû prendre du temps sur cette activité. Si j'avais une quelconque bonne musique en moi, j'aurais aimé être capable d'écrire ce morceau, mais il n'y en aurait qu'un. Et quand finalement, j'ai réussi à l'écrire, j'ai tout mis dedans y compris l'évier de la cuisine [*rires*].

J'avais dans l'arrière de ma tête depuis les années 60 qu'on devrait prendre

le texte biblique *Le livre de la Révélation* et tous les motifs symboliques qui y apparaissent... Je dois un peu revenir en arrière<sup>10</sup>. Les gens depuis le quatrième siècle ont noté que *Le livre de la Révélation* est écrit un peu comme un morceau de musique, qu'il ne se lit pas linéairement mais qu'il contient différents symbolismes qui sont tissés ensemble.

SCHOFIELD : Et ces motifs reviennent ?

KNUTH : Oui, exact. Au début, je notais les nombres, parce qu'il y a beaucoup de symboles numériques qui apparaissent... les nombres 3 et 4 et 7 et 12. Alors, j'ai aussi remarqué qu'il y avait beaucoup d'autres symboles là-dedans. Il y a des anges et du sang et de l'or et des bougies et des démons et des trompettes. Beaucoup d'éléments me rappelaient la musique et il y a cette nature musicale. Je me disais que quelqu'un devrait écrire un morceau de musique qui contiendrait ces motifs tissés ensemble de la même façon que l'auteur du *Livre de la Révélation* avait tissé ses motifs. Voici quelque-chose qui a inspiré des gens, pendant deux milliers d'années, pour produire les plus grandes œuvres de musique et les plus grandes œuvres d'art. Ne serait-ce pas beau d'avoir une sorte de traduction littérale, dans laquelle je ne ferais pas qu'adapter mais où plutôt je suivrais au plus près possible le texte original du *Livre de la Révélation* en recopiant quels motifs musicaux sont présents ?

C'était la question : est-ce que ça marcherait ou bien était-ce une idée folle ? Quand tu as une idée qui n'a jamais été utilisée auparavant, il y a deux hypothèses. L'une est qu'il faut vraiment la mettre en œuvre et l'autre est que c'est une idée stupide [*rires*]. Tu ne sais jamais dans laquelle de ces deux options tu es. Quelque-chose me dérangeait pour mettre mon idée en œuvre depuis les années 1960.

SCHOFIELD : Que pensait Jill ? Pensait-elle que vous deviez le faire ?

KNUTH : Je ne crois même pas le lui avoir demandé. C'est un bon point cependant [*rires*]. Mais il faut que je vous dise que quand je composais effectivement, j'étais très dur avec Jill. Parce que ce que je fais, c'est que je m'assois là à l'orgue, ou au piano, et je joue, essayant de trouver des trucs.

---

10. Note de la traductrice : jeu de mot sur backtrack qui a aussi un sens informatique précis.

Si ça ne convient pas, alors je les joue un peu différemment, vous savez. Je les rejoue jusqu'à ce que ça sonne bien. Alors je passe à l'étape suivante et à nouveau, ça sonne mal. Elle est dans la pièce à côté, en train d'essayer de créer ses œuvres d'art, et elle entend ce crissement et toutes mes erreurs ici à côté. Je ne sais pas comment les femmes de compositeurs ont géré ça dans le passé. J'essayais d'avancer au maximum quand elle était sortie pour faire les magasins ou en visite chez sa sœur ou autre chose.

SCHOFIELD : Pour la protéger un peu de cette cacophonie ?

KNUTH : Exactement. En tous cas, elle savait que je devais conduire ce projet. C'était un objectif si important pour moi... Si par exemple, disons il y a 3 ans, quelqu'un m'avait dit que je n'avais plus que 6 mois à vivre, et m'avait demandé comment j'allais occuper les 6 mois en question, la réponse aurait été que j'allais mettre toute mon énergie pour finir cette œuvre parce que je ressentais vraiment que ma vie serait incomplète si je ne le faisais pas.

SCHOFIELD : Vous étiez fait pour la composer en quelque sorte.

KNUTH : Oui, c'était comme si j'étais dirigé par une muse sur mon épaule, comme si j'écrivais sous la dictée... la musique était là et j'avais juste à l'écouter jusqu'à l'entendre correctement, précisément, et enfin, à l'écrire.

SCHOFIELD : Est-ce qu'elle ressemblait à une muse religieuse, une inspiration religieuse ?

KNUTH : C'est difficile de décrire un sentiment spirituel mais c'en est un absolument... C'était une combinaison d'éléments inconscients et conscients, en quelque sorte. Je n'ai pas la possibilité de l'expliquer rationnellement mais je sais que c'est une expérience d'une certaine nature et très émotionnelle. Est-ce que de la Bensedrine ou un produit similaire aurait produit une meilleure musique [*rires*], je n'en ai aucune idée. Mais j'ai ce sentiment qu'une sorte de force voulait...

SCHOFIELD : ...voulait que vous le fassiez.

KNUTH : ...me dirigeait pour que je l'écrive.

SCHOFIELD : C'est pendant quelles années que vous avez effectué ce travail ?

KNUTH : J'ai commencé à conserver des notes à Noël 2012, je pense. J'avais sorti ce livre [*le montrant*]. Mon petit-fils avait fait quelques dessins et ma fille l'a édité sous la forme d'un livre blanc. Le voici. 23 novembre 2011. Dans ce livre, je projetais de noter les pensées pour un projet qui pouvait être fou mais une muse m'avait encouragé à m'embarquer sur ce projet il y avait plus de 40 ans. J'espérais être capable d'écrire une pièce pour orgue basée sur le texte de l'Apocalypse, le livre mystique de la *Révélation*, en utilisant la philosophie de base de l'Oulipo, notamment des contraintes qui aident à créer du grand art. Les contraintes suivent les motifs du livre. J'ai continué à travailler là-dessus pendant 5 ans et...

SCHOFIELD : Et ?

KNUTH : Je suis parvenu au bout et je l'ai montré à un organiste... un organiste canadien renommé que j'avais rencontré quand je faisais mon année de médecine à Waterloo. Nous avons donné un concert commun à l'orgue quand j'étais au Canada. Je lui ai raconté que j'essayais de faire une traduction la plus littérale possible du *Livre de la Révélation*. Il a tout de suite compris ce que je voulais dire et il a commencé à m'envoyer chaque jour un enregistrement des parties de...

SCHOFIELD : ...des choses dont il imaginait qu'elles iraient bien avec ça ?

KNUTH : Non, non. Je veux dire que j'avais mis toutes les partitions sur la toile et il les a téléchargées et il les a jouées sur différents orgues. Il a pris son Blackberry et il s'est enregistré et il a immédiatement apprécié les morceaux, ce qui, bien sûr, était très encourageant pour moi puisque c'étaient des sons différents.

SCHOFIELD : La pièce est entièrement pour orgue ?

KNUTH : Elle est pour orgue à tuyaux... vous voyez, *Le livre de la Révélation* couvre tant d'émotions différentes et de thèmes qu'il était naturel pour moi d'y jeter aussi les sons de l'évier parce qu'il y a tant d'ambiances différentes que vous voulez transmettre par cet unique morceau. Du coup, j'avais besoin de l'orgue à cause de sa grande variété de tonalités et aussi, j'avais besoin

de combiner une grande variété de styles. Mon œuvre contient une partie rappée, par exemple...

SCHOFIELD : Du rap joué à l'orgue ?

KNUTH : Oui, du rap. Et elle contient aussi du calypso, et elle contient de nombreux thèmes classiques, des références à des shows de Broadway, et de la grande musique chantée lyrique.

SCHOFIELD : Etait-ce toute la musique que vous connaissiez et appréciez, ou bien la recherchez-vous spécifiquement pour représenter un motif particulier ?

KNUTH : Je peux vous montrer des centaines de morceaux que j'ai collectionnés. J'ai essayé de trouver toute partie musicale qui avait été écrite et qui était basée sur *Le livre de la Révélation*. Je les ai dans la pièce à côté. J'ai joué chacun de ces morceaux pour voir s'il fallait rendre hommage à certains de leurs éléments. J'ai trouvé qu'il y avait une partie du *Livre de la Révélation* qui avait été mise en musique par 4 compositeurs différents à 4 siècles différents et qu'ils sonnaient bien ensemble. J'ai écouté le *Requiem* et j'ai réalisé qu'il avait utilisé le même texte, du coup, j'ai ajouté un autre thème pour ajouter Brahms aux 4 autres compositeurs. Je fais référence à d'autres morceaux de musique aussi bien que j'utilise différents styles pour transmettre différentes ambiances.

Il y a cette bête menaçante. Pour la bête, j'ai utilisé une musique qui était inspirée de la musique pour *Double Indemnité*, le film. Miklós Rózsa avait écrit une musique captivante pour ça. J'ai écrit la plus grosse partie de *L'Art de la programmation des ordinateurs, Volume 1* en étant accompagné par le film *Double Indemnité* qui passait à la télé tard dans la nuit. Il passait deux fois chaque nuit et il y avait des pubs pour des voitures et tout ça. Quand les enfants étaient endormis, je pouvais travailler à mon livre ou le taper en regardant *Double Indemnité* à la télé, et j'avais cette musique dans le fond de mes pensées.

En tous cas, on trouve de nombreuses choses de ma vie dans cette pièce. Comme quand je lance une machine à laver, ça joue un petit jingle quand on l'allume. Il y a une partie du *Livre de la Révélation* qui utilise ce petit jingle

Marche-arrêt [*rires*]. L'entrée au paradis est le thème de mon épouse. Je suis en train d'en avoir une vue du XXI<sup>ème</sup> siècle... mais je fais ça sérieusement. Je ne crois pas que l'on doive faire la distinction entre prendre du plaisir et être sérieux.

SCHOFIELD : Donc vous avez écrit cette œuvre. Elle est terminée et elle a été jouée une première fois pour la célébration spéciale de votre 80<sup>ème</sup> anniversaire ?

KNUTH : C'est exact. C'était incroyable, la manière dont cette chose extérieure à moi semblait me rendre sûr que je l'avais terminée...

SCHOFIELD : Ca a pu être fait à temps.

KNUTH : Ca a été fait à temps et les choses se sont mises en place de telle façon que nous puissions avoir 150 personnes en Suède du nord début janvier [2018] de telle façon que la représentation a eu lieu le 10 janvier de cette année-là. Tout le monde a pu être là sans aucune mésaventure et tous les bus marchaient et tous les hôtels... et toutes les autres choses qui auraient pu dysfonctionner ont bien fonctionné.

SCHOFIELD : Pourquoi le choix de cet endroit ?

KNUTH : Il s'est trouvé que c'était le lieu qui permettait d'avoir l'orgue à tuyaux le meilleur et le plus adapté à ma pièce. La Suède du nord a une grande tradition de musique pour orgue à tuyaux qui remonte à des centaines d'années en arrière. L'école de musique dans cette petite ville a eu la prévoyance de commander l'un des meilleurs orgues d'Europe, destiné à devenir l'orgue du futur. Il a été conçu pour être une combinaison du meilleur orgue allemand plus le meilleur orgue français, plus des choses d'avant-garde, tout ça dans un seul instrument. Il n'y a aucun autre orgue que je connaisse qui soit capable de gérer toutes ces expériences tonales différentes qui sont dans mon œuvre.

SCHOFIELD : Même si vous l'avez composée et entendue sur votre propre orgue, qui présentait quelques variantes, mais il ne permettait pas ces possibilités que permettait l'orgue suédois ?

KNUTH : Oui, c'est cela. Ca sonnait bien sur le petit orgue de notre église à Palo Alto ; mais pour la première, j'ai entendu parler de cet orgue en Suède, qui avait été dédicacé en 2012. Une mois après la dédicace, j'ai lu un rapport à son sujet. L'une des principales personnes impliquées dans cette dédicace, au fait, était la première organiste de Stanford... Elle est en Arizona maintenant, quel est son nom ?

SCHOFIELD : Je pense à Morgan [Robert Huw Morgan], mais c'est une autre organiste.

KNUTH : Exact. Non, c'était avant elle. Elle avait fait démarrer ORCAS, le centre de recherche de l'orgue à Stanford... Kimberly [Docteur Kimberly Marshall]... Oui, elle était organiste à l'église [Memorial Church] pendant quelques années. C'était l'une des personnes principales à la dédicace de cet orgue en Suède en 2012.

Immédiatement, j'ai dit "wow, ça sonne vraiment bien pour la pièce que j'ai écrite" parce qu'une des autres choses qu'ils avaient dans l'orgue était la possibilité de montrer des vidéos en même temps. Il y a des écrans des deux côtés de l'orgue de telle façon que pour les spectateurs, il ne s'agit pas seulement d'écouter un morceau interprété à l'orgue mais également de regarder une vidéo en même temps. C'est une partie de ma pièce également. J'ai 3 vidéos qui doivent être visionnées et vont avec.

SCHOFIELD : Et elle s'appelle *Fantasia Apocalyptica* ?

KNUTH : Oui, *Fantasia Apocalyptica*. Musicalement, c'est un fantôme.

SCHOFIELD : Qu'avez-vous ressenti quand vous l'avez entendue pour la première fois puis quand vous l'avez entendue là-bas ?

KNUTH : C'était juste incroyablement grand. Ca marchait. Je suis parvenu au point où cela ne devrait pas m'affecter, et maintenant j'ai le sentiment qu'elle fait partie de la culture musicale mondiale. Et j'ai simplement cette chance d'avoir été capable de l'écrire.

SCHOFIELD : Vous l'avez enregistrée ?

KNUTH : Oui, mais ce n'est plus une question que je me pose, devrais-je changer quelque-chose. Je suis très heureux que ça soit sorti de la manière dont ça s'est fait. Je suis sûr qu'un grand musicien aurait fait bien mieux avec le même projet à l'esprit en transcrivant *Le livre de la Révélation*, mais je pense l'avoir fait correctement. Il y a des parties dont je suis fier qu'elles me soient venues à l'esprit ces jours-là.

SCHOFIELD : C'est vraiment bien. Est-ce qu'il y a eu des réactions que vous craigniez ?

KNUTH : Oui, mais comment puis-je savoir ce que les gens disent dans mon dos ? Mais définitivement, ça a obtenu beaucoup de... certainement tous à ce concert étaient très contents de ce qu'ils ont entendu. Je sais cela également par les commentaires qui ont été postés sur les vidéos et sur les choses que j'essayais de transmettre.

SCHOFIELD : Combien de temps dure-t-elle ?

KNUTH : Elle dure une heure et demie [*rires*]. C'est une torture si tu ne l'apprécies pas, mais le public a aimé. Ce qui est triste, c'est que l'organiste qui l'a interprétée a eu une attaque cardiaque deux mois après. Il est en convalescence. Je suis en contact avec lui et il espère toujours qu'il sera capable de jouer à la première canadienne parce qu'il est en train progressivement de retrouver...

SCHOFIELD : Ses compétences motrices ?

KNUTH : Sa main gauche et son pied gauche. Nous espérons qu'il pourrait jouer.

SCHOFIELD : Son nom est Jan Overduin ?

KNUTH : Overduin, oui.

SCHOFIELD : Comment l'avez-vous contacté ?

KNUTH : Comme je l'ai dit, nous nous sommes rencontrés à Waterloo. Nous avons été en correspondance avant cela à propos de musique à l'orgue

puisque j'avais un orgue chez moi. Je voulais avoir autant de musique que possible d'écrite pour 2 personnes qui auraient joué ensemble. Il avait écrit quelques articles à ce propos et nous avons correspondu.

SCHOFIELD : Deux personnes à la fois peuvent jouer sur cet orgue en même temps ?

KNUTH : Exact. Le concert que vous avons donné au Canada comprenait une douzaine de pièces pour 8 mains et 8 pieds, non. 4 mains et 4 pieds, je suis désolé.

SCHOFIELD : 8, ce serait trop.

KNUTH : Oui [*rires*]. J'ai ajouté les pieds et les mains, et ainsi trouvé 8.

SCHOFIELD : Pourquoi ne choisissons-nous pas cela comme une très bonne fin pour cette première session de l'interview ?

*[Fin de la première partie de l'interview]*

Traduction d'une interview de

DONALD E. KNUTH

Histoire orale, Université de Stanford

menée par Susan W. Schofield  
le 11 mai 2018

<https://purl.stanford.edu/jq248bz8097>

SCHOFIELD : Aujourd'hui, nous sommes le 11 mai 2018. Ceci est la seconde partie d'une interview de Donald Knuth, Professeur d'Informatique par Susan Schofield de la Société historique de Stanford. Lorsque nous avons arrêté l'interview, la dernière fois, nous étions en train de parler musique, et je pensais que nous pourrions continuer, si vous en êtes d'accord, en parlant de vos écrits. Vous êtes un écrivain prolifique. Sur votre CV, je pense qu'il y a plus de trente pages de publications.

KNUTH : Cela inclut les traductions.

SCHOFIELD : Oh, elles incluent les traductions, vous avez raison.

KNUTH : En tous cas, il y a environ 33 livres en impression en ce moment.

SCHOFIELD : Je vois. C'est ce que j'appelle prolifique [*rires*]. Je suis intéressée par votre processus d'écriture... à moins que vous ne souhaitiez éviter ce sujet.

KNUTH : En insistant sur Stanford, je suppose. Sur ma déclaration d'impôt, je me décris comme écrivain. Ils demandent quel est votre travail. C'est ce que mes entrées représentent, principalement, puisque j'ai pris ma retraite il y a 25 ans.

SCHOFIELD : Aviez-vous l'habitude de dire informaticien ?

KNUTH : Professeur. J'ai aimé écrire cela depuis ma jeunesse. Mes professeurs n'étaient pas bons en science, mais ils étaient bons en anglais. J'ai appris les détails de la grammaire anglaise en classe de 7<sup>ème</sup> (CM2). Quand je suis allé au collège, le niveau des cours était médiocre en comparaison de celui que j'avais eu en école élémentaire. De plus, les enseignants étaient forts et nous donnaient des opportunités, ce qui fait que j'ai eu la chance de travailler sur le journal de l'école et sur le livre annuel de l'école. Mes amis et moi avons écrit des pièces de théâtre. J'apprécie l'idée de communication. Ca a toujours fait partie de ma vie.

Je voulais que mes étudiants à Stanford aient aussi cette expérience. A un certain moment, j'étais une douzaine de journaux d'informatique et j'avais des articles qui m'étaient soumis du monde entier. Si j'avais un papier venant

d'Angleterre, il était presque toujours bien écrit. Mais j'ai eu un papier des [Etats-Unis], et il était plutôt globalement mal écrit et il aurait eu besoin d'être édité. Je suppose que cela provient de la nourriture, plutôt que de la nature. Les américains n'ont pas des gènes différents de ceux des anglais. Ils ont un système d'éducation différent. En Angleterre, ils ont ce système d'apprentissage dans lequel les étudiants écrivent beaucoup pour leurs enseignants. Donc, dans certains de mes cours à Stanford, j'ai décidé de baliser une semaine pendant laquelle j'apprendrais à mes étudiants à écrire plutôt que de leur apprendre l'informatique. Dans la plupart de mes cours, il y avait obligation de fournir un rapport de fin de cours, en particulier dans les séquences en 2 parties, et dans le dernier quart, chaque étudiant était censé écrire un papier original.

De ce fait, j'avais l'habitude d'afficher ça sur le campus. J'ai collé une affiche dans tous les départements du campus qui disait "expertise en informatique gratuite". Si vous avez besoin qu'un étudiant vous aide dans vos recherches en écrivant un petit programme, faites-le moi savoir et affichez-le pour mes classes et l'un de mes étudiants pourrait utiliser cette activité comme sujet de son rapport de fin d'année. Je faisais ça dans les années 70 et j'ai eu à rencontrer de nombreux autres professeurs de cette façon. Je me rappelle particulièrement d'Amos Tversky [Amos Nathan Tversky]. Par deux reprises, les étudiants de mon cours ont écrit des rapports finaux pour moi sur ses projets à lui. Et également dans le département d'allemand, celui de musique, etc.

SCHOFIELD : Mais ces papiers n'avaient rien à voir avec l'informatique ? Ou bien ça aidait dans l'autre discipline ?

KNUTH : Ils aidaient les universitaires dans leur propre recherche. Tversky, par exemple, devait analyser des questionnaires qu'ils avaient [administrés], et les étudiants pouvaient le faire. Et c'était des problèmes intéressants. Presque personne n'avait de compétences en informatique dans les années 70, du coup les professeurs avaient une appétence pour ça... ceux qui en avaient entendu parler... Les ordinateurs étaient relativement nouveaux.

SCHOFIELD : Clarifiez cela pour moi. Alors les étudiants devaient écrire des programmes qui aideraient, disons, Amos Tversky, mais après pour vous, ils devaient écrire un papier en anglais sur ce qu'ils avaient fait.

KNUTH : Oui, 30 pages ou à peu près. Je notais leur rapport final comme un professeur d'anglais. Je notais les virgules, les points-virgules, et les i-t-'s plutôt que i-t-s. Je prenais vraiment ce temps sur du temps d'enseignement de la science. Je pensais que c'était important pour leur éducation. Plus tard, j'ai enseigné tout un trimestre un cours appelé *Ecriture mathématique*. Ça expliquait comment écrire un papier ayant un contenu technique, spécialement un contenu mathématique. J'ai eu des bons élèves pour ce cours. Il était enregistré en vidéo, ce qui fait que les personnes utilisent encore les cassettes. Stanford a des conseillers en écriture, dans l'école d'ingénieurs et dans le département Sciences et Humanités... Les personnes qui travaillent avec des étudiants sur l'écriture recommandent ces vidéos du cours que j'avais donné. Mes deux assistants ont transcrit chaque session et cela est devenu mon 33<sup>ème</sup> livre imprimé. Il s'appelle *Ecriture mathématique* et il contient les transcriptions littérales de ce qui s'est passé pendant ce cours. Ce texte a été utilisé par de nombreuses universités. De nombreuses personnes m'ont dit qu'elles avaient appris à écrire avec. C'est non seulement quelque-chose que j'ai eu plaisir à faire moi-même, mais j'ai aussi passé beaucoup de temps en tant qu'éditeur à aider d'autres personnes à enrichir leur propre écriture. Il y a eu des cas, par exemple un cas où j'ai écrit à quelqu'un... par exemple un professeur important à Cornell... et où je dis "la recherche dans ce papier est vraiment bonne, mais je pense que tu devrais sérieusement prendre en compte le fait que tu n'as pas assez d'expérience en écriture.". Je lui fournis son papier réécrit en 12 pages. Il m'a vraiment remercié. Il a dit que j'avais amélioré sa carrière. C'est une histoire que, bien sûr, personne ne connaît à part lui et moi, à moins que quelqu'un lise ma correspondance et trouve sa lettre.

SCHOFIELD : Et sache qui c'est.

KNUTH : J'ai trouvé que la moitié de ma... disons que ma vie... a été composé d'écriture et de X, où X était soit de l'informatique soit des maths. Bon, j'ai aussi écrit des essais sur des choses non techniques une ou deux fois.

En tout cas, l'écriture a toujours été vraiment importante dans ma vie, et j'attribue cela principalement à l'expérience que j'ai eue quand j'étais jeune, en démarrant et en pratiquant.

SCHOFIELD : Qu'est-ce qui était le plus satisfaisant pour vous, était-ce d'enseigner l'écriture ou bien d'enseigner la programmation informatique ?

KNUTH : Je vois la programmation comme quelque-chose dont je sais que je suis le seul à pouvoir le faire. D'autres personnes pourraient enseigner l'écriture mais elles n'ont pas pris le temps de le faire. Ca a eu comme résultat que les étudiants n'étaient pas mis au défi et du coup ne pratiquaient pas. En pratiquant, ils ont appris.

SCHOFIELD : Ils auraient pu résister un peu "attendez une minute ; je pensais que je m'étais inscrit à un cours de programmation. Qu'est-ce qu'il me fait, là" ?

KNUTH : Oui, je sais. Mon fils et ma fille, je voulais qu'ils pratiquent l'écriture... j'ai toujours leurs rédactions dans mon cabinet de curiosités, quel âge avaient-ils ? Je ne sais pas, ils étaient en CE1, CE2. Pendant plusieurs années, s'ils n'avaient pas écrit leur rédaction [hebdomadaire], ils ne pouvaient pas regarder la télé cette semaine-là.

Mon fils a développé une méthode pour écrire une rédaction d'une page. Il disait : au premier tour de batte, les Géants ont marqué un but ; dans le second tour... vous savez, et il continuait jusqu'à avoir rempli la page. Aussi j'ai dû changer les règles, aucune rédaction qui raconterait un match [*rires*]. Cette expérience a aidé mes enfants aussi, bien sûr. Le système d'éducation britannique, dans lequel chaque semaine les étudiants doivent rendre une page à leurs tuteurs était vraiment comme un changement des règles pour eux. Stanford en Angleterre adoptait le système éducatif local et c'était bien.

Maintenant à propos de mes propres livres. J'ai été approché quand j'étais en deuxième année d'étude... c'était en janvier 1962... j'avais alors 24 ans. Un éditeur m'invita à déjeuner et me dit "Don, aimerais-tu écrire un livre sur la manière dont on écrit les compilateurs ?"

Un compilateur est un type de logiciel très important. J'avais acquis un peu de notoriété parce que j'étais une des quelques personnes du pays qui avaient écrit de bons compilateurs à ce moment-là. Par exemple, cette même année, une compagnie m'avait dit "pourquoi ne laissez-vous pas tomber l'éducation et n'écrivez-vous pas des compilateurs ?" [*rires*]. J'ai répondu, en plai-

santant “Ok, donnez-moi 100 000 \$ et un assistant à temps complet”. Sans même cligner des yeux, ils ont dit OK. Mais je ne faisais que plaisanter.

SCHOFIELD : Il y avait beaucoup d’argent à gagner alors.

KNUTH : Oui, c’était en 1962<sup>1</sup>.

SCHOFIELD : Au-delà des graphiques. Ils n’auraient pas dû dire oui.

KNUTH : Ma blague en ce moment, c’est que si Bill Gates veut que je travaille pour eux comme consultant, mon tarif est de 10 millions de dollars par jour, payables à Stanford. Si c’est un avocat qui me veut, c’est 20 millions [rires]. Il était clair que je ne voulais pas baser ma carrière sur le fait de maximiser le montant d’argent que je pourrais gagner. Mais j’avais écrit des compilateurs, et c’était considéré comme un peu inhabituel mais toujours potentiellement important. L’éditeur était Addison-Wesley, qui avait publié mes livres favoris... mon livre de calcul, mon livre de physique, et quelques autres.

Mes livres de lycée étaient publiés par Addison-Wesley... J’aimais lire ces livres et ils étaient bien imprimés en plus. Ils avaient l’air bien. En quelque sorte, je bavais en me disant “wow, j’aimerais vraiment écrire un livre qui ressemblerait à ces livres qui étaient mes bouquins de fac.”

Cet après-midi-là, je suis rentré à la maison et j’ai encore quelque part le papier jaune sur lequel je jetai mes idées pour les 12 chapitres que je pensais devoir constituer le livre. Le chapitre 12 concernait vraiment les compilateurs. Les chapitres 1 à 11 étaient en préparation au sujet de l’écriture des compilateurs. J’ai envoyé un brouillon préliminaire, disant à l’éditeur qu’il nous faudrait aussi couvrir d’autres techniques de base, de telle façon que les personnes qui liraient le livre pourraient faire plus que juste écrire des compilateurs. J’avais trouvé qu’alors, la littérature était très pauvre sur le sujet et la plupart des techniques n’avaient alors encore été décrites nulle part. L’éditeur a adoré cette idée et a dit “Ok, appelons-le *L’Art de la programmation des ordinateurs*”. Ces 12 chapitres étaient ceux dont je vous ai parlé l’autre jour quand je vous avais dit que lorsque George Forsythe m’avait demandé de venir à Stanford, je lui avais dit que j’avais un livre à finir. C’est de ce

---

1. Note de l’éditeur : plus de 800 000 \$ en dollars de l’époque.

livre dont nous parlons.

SCHOFIELD : C'est ce livre, oui. Celui dont vous pensiez que vous pourriez le terminer en un an.

KNUTH : Exact, avant que mon fils ne naisse. C'est le livre que je suis encore en train d'écrire... J'en suis au milieu du chapitre 7 maintenant.

SCHOFIELD : Gardez-vous toujours cette même structure, votre idée de ce que ces 12 chapitres devaient être ?

KNUTH : Presque exactement. Certains des chapitres... L'ordre a changé.

SCHOFIELD : Mais vous n'êtes pas encore arrivé aux compilateurs ?

KNUTH : Les compilateurs c'est le chapitre 12 et le volume 7. D'autres personnes ont écrit de très bons livres à propos des compilateurs maintenant aussi ce n'est pas...

SCHOFIELD : Ce ne sera pas aussi important ?

KNUTH : Oui. Il y a de nombreux domaines dans lesquels je pense que mon avis personnel est meilleur que celui de n'importe qui que je connaisse. Je suis particulièrement intéressé par le fait de développer ces choses-là. Bien sûr, beaucoup plus de choses sont connues maintenant que celles qu'on connaissait en 1962. L'informatique continue de se développer, chaque jour, et elle a explosé dans les années 70. Par exemple, considérez le chapitre 7, la partie de mon projet sur laquelle je suis en ce moment. J'ai en quelque sorte jeté ce chapitre là-dedans comme par caprice en 1962, parce que c'était quelque-chose qui n'était pas trop développé mais c'était le genre de choses que j'appréciais le plus. Je l'ai jeté là-dedans parce que j'aimais ce sujet, pas parce qu'il y avait beaucoup d'éléments connus à son propos. Pendant les années 1970, ce sujet a explosé et presque la moitié des articles qui ont été écrits dans tous les journaux d'informatique traitaient de sujets qui appartiennent au chapitre 7.

SCHOFIELD : Quel est le sujet du chapitre 7 ?

KNUTH : Il traite d'algorithmes combinatoires. C'est lorsque vous avez des

méthodes qui gèrent des zillions de possibilités. Comme les ordinateurs deviennent plus rapides et plus gros, les gens devraient davantage penser à ça et trouver de meilleures idées. C'était un domaine où une bonne idée pouvait rendre quelque chose un million de fois plus rapide.

SCHOFIELD : Vous n'êtes pas en train d'exagérer ? Vraiment un million ?

KNUTH : Je n'exagère pas... En fait, il y a des cas où c'est un billion de fois plus rapide, juste parce que vous faites quelque-chose d'une manière différente. J'ai toujours su, même dans les années 60, qu'il y avait des choses que vous pouviez faire 10 fois plus vite qu'avec la méthode triviale, une fois que vous aviez trouvé la bonne idée. Avec les algorithmes combinatoires, vous pouvez aller beaucoup, beaucoup plus vite. Même si vous ne rendez pas l'ordinateur plus performant, votre programme va beaucoup plus vite sur le même ordinateur. De plus en plus de gens avaient ce genre d'idées, spécialement dans les années 70, qui étaient les beaux jours où les choses allaient si vite. A ce moment-là, j'avais déjà publié les chapitres 1 à 6 mais j'essayais de suivre avec le chapitre 7. J'avais finalement écrit les 100 premières pages du chapitre 7 en 1978 quand j'ai réalisé que je devrais travailler sur la typographie, qui est une autre partie de ma vie.

SCHOFIELD : J'aimerais que vous nous parliez de cela.

KNUTH : Il était temps de sortir une seconde édition du volume 2, qui contenait les chapitre 3 et 4<sup>2</sup>. Il était temps de venir avec la seconde édition du volume 2 parce que beaucoup de choses avaient été découvertes. Pendant ce temps, l'industrie de l'impression avait complètement changé, passant du type à base de métaux chauds aux films optiques, et aux choses photographiques. Dans le processus, ils avaient perdu la capacité à écrire les mathématiques correctement. Les galères que j'ai rencontrées pour cette seconde édition m'ont rendu malade. Je ne voulais plus jamais écrire un bouquin qui ressemblerait à ça.

SCHOFIELD : Du point de vue esthétique ?

---

2. Note de Don Knuth : il y avait 2 chapitres dans chaque volume. Le volume 1 contient les chapitres 1 et 2. Le volume 2, les chapitres 3 et 4.

KNUTH : Exactement. Les lettres étaient baveuses et elles ne collaient pas ensemble. Les mathématiques, l'espacement de tous les éléments dans les formules mathématiques, étaient mauvais. Quand ils ont changé la technologie, ils ont fait que la nouvelle technologie était adaptée pour les journaux et les magazines et la littérature ordinaire. Mais les impressions mathématiques... ils avaient l'habitude d'appeler ça les copies pénibles... Si vous vouliez composer une formule, il fallait payer plus. Les journaux mathématiques professionnels ont commencé à avoir l'air atroces. Presque personne ne se rappelait comment faire des mathématiques. Il y avait quelques endroits comme l'Inde ou la Hongrie où ils utilisaient encore l'impression métallique et où il y avait encore de vieilles personnes qui faisaient ça bien, mais elles disparaissaient. Je vivais ça particulièrement mal. Dans les archives de Stanford, vous pouvez voir des copies de ces épreuves que j'ai obtenues et vous pouvez voir comme elles sont de mauvaise qualité. Je pense qu'elles ont été exposées à la bibliothèque il y a 2 ans parce que Becky Fischbach [Elizabeth Fischbach] avait cette collection.

Au printemps 1978, j'étais en train de finir les 100 premières pages typographiées du chapitre 7. Comme faisant partie de mes obligations cette année-là, je dirigeais ce que nous appelons le Comité de l'ensemble des examens.

SCHOFIELD : Du département Informatique ?

KNUTH : En informatique. Les étudiants qui passent leur diplôme doivent passer un examen complet, qui couvre toutes les matières d'informatique ; ils doivent aussi passer un examen spécialisé dans la spécialité d'informatique qu'ils ont choisie, comme l'intelligence artificielle, les compilateurs, ou toute autre spécialité. J'étais président du comité et l'un de nos devoirs était de sortir une liste lisible pour que les étudiants puissent préparer l'examen complet. Un nouveau livre venait de sortir qui avait été édité par une nouvelle méthode qui utilisait le type digital plutôt qu'optique.

Tous les livres de nos jours sont imprimés numériquement mais en 1977, c'était inouï. Numériquement (digitalement), ça signifie que vous divisez la page en petits pixels et chaque pixel reçoit ou ne reçoit pas d'encre. Pour la première fois de ma vie, j'ai vu un livre bien imprimé qui était fait à partir de pixels. A Stanford, on avait expérimenté la méthode avec pixels, mais la résolution était très faible. Nous avons seulement 200 points par pouce. Ça ressemblait un peu à un livre mais ça vous donnait vraiment mal à la tête si

vous le lisiez trop longtemps. Ça ressemblait un peu aux choses réelles parce que les lettres n'avaient pas l'air d'être tapées à la machine. C'était un peu comme passer du beurre à la margarine. Ce n'était pas la vraie chose mais...

SCHOFIELD : C'était mieux que ce qu'il y avait avant ?

KNUTH : C'était utile, oui. Les gens commençaient à s'intéresser à ça... l'idée de faire quelque-chose de manière digitale mais la qualité était encore horrible. A ce moment-là, vous n'auriez pas pensé à vraiment réaliser un livre professionnel de cette manière-là. Ça ne semblait même pas proche de ces mauvaises épreuves. Pourtant, ce nouveau livre que j'ai vu, alors que je construisais cette nouvelle liste de lectures, avait été fait sur une machine d'une nouvelle marque à Los Angeles. Ça avait été inventé par un brillant informaticien. C'était encré à 5000 points par pouce, parce qu'ils avaient développé cela non seulement pour les pages ordinaires, mais aussi pour fabriquer des microfilms. Ils pouvaient fabriquer des films qui étaient écrits minuscule mais qui devenaient lisibles en les agrandissant. Alors ils ont pris cette technologie et ils l'ont adaptée à l'impression. Je devine que Los Angeles était impliquée là-dedans d'une manière ou d'une autre. J'ai vu une épreuve faite avec ça.

Maintenant voici l'essentiel : avoir digitalisé tout le processus signifie qu'on travaille alors avec des pixels, on travaille alors dans le domaine informatique... zéros et uns, allumé et éteint. Je suis supposé être la personne la plus calée au monde pour obtenir que des zéros et des uns fassent le bon truc. Je ne connais rien à la métallurgie. Je n'y connais rien à l'optique et au cinéma. Des zéros et des uns, ça, c'est moi.

SCHOFIELD : C'est votre domaine.

KNUTH : En une semaine, j'ai pris un vol pour Los Angeles pour voir cette machine, et j'ai décidé de changer complètement le plan de ce que j'allais faire. Notre famille allait passer l'année suivante... c'était mon année sabbatique... Nous allions aller à Santiago, au Chili, où je pourrais continuer à travailler sur le chapitre 7. Je pensais que ça serait une bonne occasion d'apprendre l'espagnol ; j'irais au sud. Mais nous avons annulé tous ces plans. Nous avons décidé de passer mon année sabbatique à Stanford où j'avais pu fabriquer des fontes et faire le travail de manière digitale. A nouveau, mon

estimation était qu'en un an, je pourrais écrire tous les programmes dont j'aurais besoin pour imprimer mes livres informatiquement.

Mes écrits m'avaient en quelque sorte obligé à faire quelque-chose à propos de l'impression. A nouveau, Stanford était très impliquée là-dedans. Au printemps 1977, les Editeurs associés à Stanford... Oh mon Dieu, quel est leur nom, ça commence par un B... Le mari avait des livres rares... Byra Wreden était très active dans cette maison d'édition et elle organisait des événements à propos de l'impression fine. Stanford a cette collection vraiment merveilleuse dans la pièce des livres rares appelée la Collection Gunst. J'avais énormément de ressources à lire sur ce que je voulais faire informatiquement, en apprenant ce qui avait été fait en utilisant la technologie précédente. Les éditions associées ont organisé un voyage dans le pays de l'or. Nous avons rendu visite à des personnes qui vivaient dans les bois avec leurs propres presses à main. C'était mon entrée dans le monde de l'impression de précision, et ça m'a amené à me faire des amis à San Francisco qui étaient impliqués dans l'état de l'art.

Mon idée alors est passée d'obtenir un livre qui avait l'air bien, à celle d'utiliser des ordinateurs pour obtenir un livre qui avait l'air aussi bien que tous ceux qui avaient pu être faits jusque là, c'est à dire de maximiser ce que nous pourrions faire informatiquement. J'ai changé tout mon plan de vie à ce moment-là. J'ai tout mis en attente pour je pensais un an, de manière à travailler en typographie.

C'est une longue histoire que je raconte dans mon livre, *Typographie digitale*. Mais l'autre aspect concernant Stanford était que je décidai que je ne voulais pas que les logiciels soient sous le modèle propriétaire. Je voulais mettre tout ce travail dans le domaine public, du coup, je n'ai même pas demandé à Stanford si j'avais le droit de faire ça. Je l'ai juste fait. Comme résultat, c'est devenu l'un des premiers exemples de ce que les gens appellent maintenant source ouvert ou logiciel libre. Ca n'était pas libre dans tous les sens de libre, mais cela signifiait que j'avais tout à coup des milliers de volontaires partout dans le monde qui voulaient rentrer dans le truc et aider à le rendre meilleur.

L'alternative consistait à faire tout ce que les autres faisaient et à dire "ok, bon, vous pouvez utiliser ce merveilleux système si vous me payez pour".

Du coup, Stanford aurait bien sûr fait beaucoup de bénéfices. Les gens factureraient de grosses sommes d'argent pour les systèmes basés sur des ordinateurs pour l'impression... comme le système appelé Page 3, qui avait été utilisé pour le livre que j'avais vu à Los Angeles.

Tous les fabricants d'une nouvelle sorte d'impression digitale avaient leur système propre, et ils n'étaient pas interchangeables les uns avec les autres. Toute personne qui développait un tel truc pensait qu'elle allait obtenir que tous au monde achètent son système. Ça ne me convenait pas trop, parce que je sentais que c'était quelque-chose qui devait vraiment appartenir à tous... la possibilité d'avoir de beaux livres. J'ai mis tous mes programmes dans le domaine public et j'ai eu des milliers de volontaires et ça a donné un très joli...

SCHOFIELD : C'est le système TeX ?

KNUTH : Te $\chi$ , oui. Ça n'est pas un X. C'est un  $\chi$ . Parce que le mot grec pour Art est Techne [ $\tau\acute{\epsilon}\chi\nu\eta$ ]. Le mot technologie a la même racine que le mot désignant l'Art. Le saviez-vous... techne ?

SCHOFIELD : Non. Et votre seule année pour le faire est devenue combien... ?

KNUTH : Dix [*rires*]. Nous avons fini le projet. Alors j'ai eu mon année sabbatique... 1985, je pense, on a fini la phase principale. Vous pouvez voir plusieurs livres ici [*pointant l'étagère*]. Il y a 5 volumes dont les couvertures sont de différentes nuances de gris. La dernière est gris clair. Ce sont les 5 livres qui résument le travail que j'ai fait sur la typographie... les volumes A, B, C, D, et E. Ces livres se décrivent d'eux-mêmes parce que... Bon je dois vous montrer. J'ai la 10<sup>ème</sup> impression de celui-ci, qui est le volume E. Cela montre comment les lettres sont vraiment conçues par ordinateur. Vous pouvez prendre la lettre R...

SCHOFIELD : Ce programme ici produit cette lettre ?

KNUTH : Exact, et il produit aussi ces variations si vous dites que vous la voulez dans un autre style. Nous cherchons la lettre R ici, mais le livre décrit la manière dont le livre lui-même a été fait parce que, vous savez, il y a une lettre R sur cette page. Ce R a effectivement été généré par le programme. Ces 5 livres sont sortis en 1986, quand je prenais une année sabbatique à

Boston.

SCHOFIELD : Est-ce que des personnes utilisent encore ce système ? Est-ce que tout le monde utilise ce système ?

KNUTH : Les physiciens et les mathématiciens... Plus de 95 % d'entre eux l'utilisent. 20 % des biologistes. Les chimistes, peut-être 5 %. Il y a de nombreuses encyclopédies qui ont été écrites en utilisant ce système. Comme c'est un système de source libre, personne n'en fait la publicité. Il y a d'autres personnes qui font la publicité de leur propre système.

Oui, il a certainement monopolisé la marché de l'écriture technique. Un bon exemple... regardons un journal, pris au hasard dans la bibliothèque. Celui-ci est de 2006 mais en tous cas, tout ce truc est fait avec la même lettre R [*rires*].

SCHOFIELD : Je vois le challenge typographique que ça peut être de créer des formules qui sont espacées correctement et lues correctement.

KNUTH : Oui. C'est qu'il y avait un besoin de ça et ça a été oublié quand la technologie est devenue digitale.

SCHOFIELD : Vous avez dit que vous n'avez pas demandé à Stanford, vous avez juste versé tout ça dans le domaine public. Est-ce que Stanford vous a rejeté d'une manière ou d'une autre ?

KNUTH : J'ai parlé à Niels [Niels J. Reimers] un petit peu mais il souriait tout le temps. Je ne sais pas ce qu'il disait dans mon dos [*rires*]. A ce moment-là, Stanford faisait tout très bien pour ses brevets de biologie, par exemple, et je sais aussi que Marty Hellman [Martin Edward Hellman] avait quelques brevets en cryptographie qui étaient faits avec Niels. En tous cas, je considérais que je voulais faire ça pas seulement pour moi mais pour le bien général (mondial). Je ne voyais pas pourquoi je devrais essayer de... si j'avais été dans une situation où je n'aurais pas fait ça correctement pour les livres que j'avais écrits, l'histoire aurait sûrement été différente... je n'aurais pas embarrassé d'autres personnes sous prétexte qu'elles n'auraient pas mis leur travail dans le domaine public. Mais dans ce cas, ça m'a semblé avantageux. Et ça s'est confirmé par toute l'aide que j'ai reçue. Le système est devenu

bien meilleur grâce à toutes ces idées qui venaient en masse des utilisateurs.

C'est pour cette raison que ça m'a pris tant de temps pour finaliser. Comme de plus en plus de gens l'utilisaient, ils disaient "oh oui, vous savez, vous devriez changer cela.". Et ça me donnait de nouvelles idées. A nouveau, ça a eu des répercussions sur Stanford parce que nous avions un grand colloque ici, je me rappelle que c'était en 1982, amenant les meilleurs designers de polices de caractères et tailleurs de pierres<sup>3</sup> et des personnes qui travaillaient dans le domaine de l'impression fine partout dans le monde, pendant deux semaines en été. C'était assez marrant parce que tout le monde restait dans les dortoirs; quand ils sont arrivés dans le bâtiment dans lequel la rencontre était prévue, ils sont passés devant des pom-pom girls qui étaient là pour un camp d'été. Les pom-pom girls chantaient "donnez-moi un A, donnez-moi un B". Nous, nous sommes allés à notre colloque et nous parlions aussi de A et de B.

SCHOFIELD : De A et de B. J'adore. Stanford pendant la saison des colloques d'été est un endroit un peu sauvage et délirant. La diversité des types qui sont là pour différentes choses est vraiment absolument merveilleuse.

KNUTH : Exact. J'ai initialement reçu des fonds de la Fondation Scientifique Nationale (NSF), pour faire de la recherche sur les algorithmes. Je travaillais toujours sur les algorithmes, mais soudainement, tous les algorithmes avaient comme sujet la typographie, et je continuais de publier des papiers à propos d'algorithmes à utiliser dans d'autres contextes. Cet argent, une grosse partie de cet argent, a été utilisé pour payer les étudiants qui m'aidaient à écrire le logiciel et à faire en sorte que les choses tournent. C'est une des autres raisons pour lesquelles je souhaitais que cela passe dans le domaine public, parce que c'était financé par des fonds gouvernementaux. Je ne pensais pas que je priverais quiconque de business parce qu'aucun imprimeur n'aime faire des mathématiques. Je faisais quelque-chose qu'ils ne voulaient pas faire.

Cependant, il y avait un homme dont la carrière consistait vraiment à concevoir des systèmes d'impression pour les mathématiques et à les vendre à des éditeurs. Il a écrit une lettre à, je ne sais pas moi, peut-être son député ou autre en lui demandant pourquoi son argent de contribuable était utilisé

---

3. ?

pour lui faire perdre son activité. Cela m'a rendu mécontent parce que je ne pensais pas blesser quiconque avec mon travail. Toutefois, j'ai montré cette lettre aux personnes de la NSF. Ils m'ont dit qu'il n'avait pas de raison de s'inquiéter<sup>4</sup>. C'est un exemple, mais il n'y avait rien que je puisse faire pour améliorer la qualité des choses en ne blessant personne je crois.

SCHOFIELD : Oui, mais c'est l'un des buts des fonds fédéraux, que les résultats puissent faire leur chemin dans le domaine public.

KNUTH : Oui, c'est exact. Beaucoup de personnes diront que de toutes les choses que j'ai regardées, celle-ci est la plus importante parce qu'elle a eu un impact sur tant de personnes. Bien sûr, maintenant, de nombreuses personnes ont également une carrière en fournissant des services basés sur TeX. Sans ça, ils n'auraient pas de travail, puisque leurs services sont basés sur lui. C'est amusant. Jill et moi avons visité Prague au début des années 1990 et nous attendions un tram. Nous avons remarqué que les horaires du tram étaient écrits avec TeX, bien sûr en tchèque.

SCHOFIELD : Vous avez pu reconnaître ça ?

KNUTH : Les formes des lettres sont différentes. Mais cela m'a rendu mécontent aussi parce qu'ils avaient un planning spécial pour le samedi qui était doré, ou un peu différent. Les lettres S ne me semblaient pas bien. J'ai dit "Oh non, je n'aurais pas dû faire le centre si épais" [*rires*]. J'étais si embarrassé que cette erreur se retrouve sur chaque rue de Prague.

SCHOFIELD : Vous n'êtes pas revenu et l'avez changé, si ?

KNUTH : Si je l'ai fait [*rires*]. Bien sûr. Ca n'a plus l'air si moche.

SCHOFIELD : Oh mon Dieu. J'adore ça.

KNUTH : Sur les bus à Prague, nous avons également vu des publicités qui avaient été écrites dans une fonte appelée Lithos, qui était sortie du cerveau de Carol Twombly, une de nos étudiantes à Stanford. Avec Chuck Bigelow [Charles A. Bigelow], nous avons un programme conjoint entre le départ-

---

4. ? difficulté de traduction : he didn't have any case.

tement d'Art et le département d'informatique en typographie numérique. Carol était l'une des - probablement la - conceptrice de fonte la plus exceptionnelle. Elle a fait de nombreuses choses merveilleuses et son travail était là, il était disséminé partout dans le monde. Tout le monde aime ce type de lettres - Lithos - et d'autres modèles qu'elle a conçus. J'ai eu à signer son diplôme puisqu'il avait été obtenu dans les départements d'Art et d'Informatique.

SCHOFIELD : Ce programme existe-t-il toujours ?

KNUTH : Non, nous n'avions pas assez de fonds pour obtenir un programme de faculté pérenne. Chuck recevait de l'argent facile à obtenir. Pour obtenir un diplôme permanent, il aurait fallu plus d'un billet, et c'était trop. Ce programme a pu être conduit pendant, je ne sais pas, cinq, six ans. Un résultat de cela est que la plupart des leaders de la Silicon Valley qui ont créé Adobe et tout ça, qui sont responsables de graphisme numérique, ont été produits par ce programme. C'est devenu hors de contrôle vous comprenez [*rires*].

SCHOFIELD : C'est devenu hors de contrôle. Quand vous allez écrire le chapitre suivant ou les dix pages suivantes ou autres - en termes d'habitudes et de processus physiques, vous vous y prenez comment ?

KNUTH : J'écris au stylo sur papier et j'ai - est-ce que je l'ai là ? Je garde habituellement mon manuscrit ici - mais je vais vous montrer, parce que je suis en train d'écrire quelque chose. Là, ça dit 8 mars. Je suis juste au milieu de ce paragraphe. Je gribouille et je raye, et je fais ainsi parce que je suis trop bon pour taper au clavier. Je tape plus vite que je ne pense.

SCHOFIELD : Oh, fascinant.

KNUTH : Cela cause des problèmes de synchronisation. Mais je pense à la même vitesse que j'écris au stylo.

SCHOFIELD : Que vous transcrivez, oui.

KNUTH : J'ai vraiment appris cela de moi-même au lycée. J'écrivais des lettres chez moi et cela m'aurait pris plus de temps de les taper que de les écrire à cause de cette synchronisation. Je perdais le fil de mes pensées en

quelque sorte.

SCHOFIELD : Fascinant.

KNUTH : Du coup, j'obtiens ce document écrit à la main, mais c'est une copie brute. Alors, je le tape et je l'édite quand je pars. Je peux l'éditer à vitesse de frappe. Mon second brouillon va dans [l'ordinateur]. Quand j'écris le premier brouillon, je suis assis dans ce fauteuil.

SCHOFIELD : Ce fauteuil-là.

KNUTH : Ce fauteuil - il s'appelle Dux. C'est un fauteuil suédois que nous avons découvert quand nous vivions en Scandinavie, et nous avons su plus tard que l'homme qui avait dessiné ce fauteuil était venu [aux Etats-Unis] et qu'il vivait dans la péninsule depuis quelques années. Je pense qu'il est possible qu'il soit allé à l'église à laquelle nous allons maintenant. Je n'ai jamais vu de fauteuil nulle part qui soit aussi confortable pour s'asseoir et écrire pendant des heures. Il est bas. Il a une forme particulière. Je ne sais pas mais...

SCHOFIELD : ... il est parfaitement adapté à votre morphologie.

KNUTH : Il est juste parfait. Exactement. Je l'ai fait recapitonner. Ce cuir est le quatrième. A l'origine, il était couvert de tissu.

SCHOFIELD : Quand l'avez-vous acheté ?

KNUTH : Dans les années 1970.

SCHOFIELD : Il a vraiment ce style des fauteuils scandinaves des années 1970.

KNUTH : Absolument. La manière dont ils donnent la forme au bois et le tournent et des trucs comme ça.

SCHOFIELD : Il est beau.

KNUTH : Même s'il avait été fait autrement, la façon dont il est bas et

s'incline est juste exactement ce qu'il me faut. Je m'assois dans mon fauteuil et j'écris.

SCHOFIELD : Au crayon.

KNUTH : Au crayon. Alors je me relis, je me lève et vais me mettre debout à mon écritoire. Je n'avais pas d'écritoire jusque dans les années 1990, mais c'est Martin Gardner qui est un des écrivains les plus prolifiques qui m'en a parlé. Il doit avoir [écrit] une centaine de livres. Il est le héros de nombreuses personnes parce qu'il a écrit chaque mois pour le Scientific American pendant 30 ans. Tout le monde a lu et appris à propos des mathématiques à travers ses colonnes. C'étaient des mathématiques récréatives, des mathématiques avec lesquelles les gens s'amusaient. Il a écrit aussi beaucoup d'autres livres à propos de philosophie, et des romans, et etc. J'ai pu être ami avec lui. Il avait cette machine à écrire sur un piédestal et il tapait à la machine debout. C'est bon pour ma santé - pour mon dos.

A la fin des années 1980, j'avais des problèmes de dos. J'ai appris à ce moment-là pourquoi les gens avaient l'habitude de dire que l'éducation physique était importante pour tous, parce que je n'avais jamais fait beaucoup d'exercice. Alors j'ai commencé à aller à la piscine quatre fois par semaine à Stanford, à la fin des années 1980. Ça a renforcé mon dos.

Avant ça, je pensais "comment vais-je avoir un fauteuil confortable sur lequel m'asseoir quand j'utilise un ordinateur?". Un professeur d'ingénierie à Stanford - Bob Eustis - avait dessiné une nouvelle sorte de fauteuil avec un usinage menuisier particulier et tout ça. Il aimait fabriquer ces fauteuils et je lui ai parlé de mon besoin d'en avoir un particulier à utiliser quand je travaillais à l'ordinateur. C'était l'un des meilleurs professeurs d'ingénierie [mécanique]. J'ai aussi parlé à un dénommé Sam Maloof qui était un grand designer de meubles et nous avons travaillé au design d'un bureau adapté à une meilleure assise possible. Je voulais parfois avoir mes pieds remontés d'une certaine manière et tout ça. L'écritoire position debout était vraiment la meilleure solution de telle sorte que nous n'avons jamais fabriqué les autres idées que nous avons eues.

SCHOFIELD : Une fois que vous avez testé ça, ça a marché. Vous ne voudriez cependant certainement pas rester debout durant trois heures, n'est-ce pas ?

KNUTH : J'ai remarqué que je peux rester debout trois heures si je porte ces sandales [désignant ses chaussures du doigt]. Ce sont des chaussures de plage et elles ont des petites bulles à l'intérieur. La même entreprise fabrique des sandales du même type mais sans bulles, et mes pieds sont fatigués au bout de dix minutes. Avec les bulles, elles font quelque chose, elles donnent un signal à mes nerfs qui les garde contents.

SCHOFIELD : Il s'agit de quelle entreprise ?

KNUTH : C'est la société Sensi. Ce sont des chaussures italiennes - fabriquées en Italie.

SCHOFIELD : Du coup maintenant, vous vous assurez d'avoir au moins une paire de ces chaussures ?

KNUTH : Oui. Quand elles sont fatiguées, j'en ai une paire d'avance pour les remplacer. Oui, travailler debout ne serait pas possible si je n'avais pas ces chaussures.

SCHOFIELD : Je n'avais pas entendu parler de cette chaussure particulière mais j'avais entendu parler de...

KNUTH : ... certaines stimulations des pieds. C'est vraiment magique c'est vrai. J'ai entendu quelque chose de différent avec l'association des bibliothécaires de Stanford quand nous sommes allés visiter la maison de l'ermite Jack London. Ils avaient l'habitude d'organiser des voyages vraiment agréables qui duraient deux jours, avec une nuit quelque part, et des visites en lien avec des livres. Par exemple, nous avons visité la maison de campagne de Steinbeck [John Ernst Steinbeck, Jr.]. Le voyage dédié à Jack London nous a emmenés jusqu'à un monument au nord - dans quelle ville est-ce ? Napa [Note de l'éditeur : Sonoma County]. Il avait construit cette maison incroyable qui a brûlé un an après avoir été construite [en 1913].

En tous cas, il y a vécu une vie d'homme des bois. Il venait d'une famille pauvre d'Oakland et une fois qu'il s'est mis à toucher pas mal d'argent de la vente de ses livres, de nombreux parents à lui vinrent le voir pour lui en soutirer le plus possible. Il s'était fixé cette règle d'écrire un millier de mots

chaque jour avant de parler à quiconque - un millier de mots ajoutés à ce qui existait. Le reste du jour, il pouvait s'occuper de l'impression à galets, et des corrections, mais il devait avoir ses mille nouveaux mots avant que quiconque ne soit autorisé à...

SCHOFIELD : Même à lui parler ?

KNUTH : C'était une règle sévère. C'est pour cette raison que j'en ai parlé, bon, ok, je ne suis pas aussi discipliné. Mais j'essaie effectivement d'organiser mon temps de telle façon que les moments où je suis le plus créatif correspondent aux moments où je suis capable d'écrire et que les moments où je suis le plus fatigué correspondent à ceux où je fais d'autres corvées qui sont importantes mais qui ne nécessitent pas de créativité particulière.

SCHOFIELD : Vous sentez-vous plus créatif le matin ?

KNUTH : J'avais l'habitude d'être plus créatif le soir, mais je deviens vieux maintenant et il arrive, comme ce matin, que je me réveille avec une vraiment bonne idée à 6 heures du matin.

SCHOFIELD : Très bien ! L'avez-vous écrite ?

KNUTH : Non [*rires*]. Non, mais je m'en rappelle suffisamment pour être quasiment sûr que je le ferai...

SCHOFIELD : Je déteste vraiment cela, quand je me réveille le matin et que j'ai eu une idée dont je ne me souviens pas, et que je ne pourrai retrouver pour le restant de mes jours. Je devrais avoir un petit bloc-notes près de mon lit.

KNUTH : Oui, souvent, l'idée se dissout complètement. La nuit dernière, c'était un peu inhabituel parce que j'étais resté éveillé jusqu'à 1 heure du matin. Je pensais à quelque chose mais mon esprit devait continuer à réfléchir parce que les concepts contre lesquels je me battais à une heure du matin, j'ai finalement vu, oh, que ça faisait un magnifique motif. Du coup, j'ai commencé une nouvelle page pour le chapitre 7 à partir de cette idée [*rires*] qui, n'ayons pas peur des mots, est une idée brillante.

SCHOFIELD : Et c'est marrant. Brillante à quel point ? *[rires]*

KNUTH : Hier, après être revenu de cette soirée à Berkeley, dans le fond de mon esprit je pensais "Oui, mais à propos de ce problème. Je ne comprends pas sa structure." Et la solution m'est apparue ce matin à l'aube. Voilà ce qui s'est produit. Avec la musique, il y a un ou deux cas aussi. Les trois premières mesures du chapitre 21 de *Fantasia Apocalyptica* me sont venues lorsque je me suis réveillé dans un avion qui nous emmenait à Prague un jour. Je l'ai appelé mon thème de Prague. C'est ce que j'ai écrit.

SCHOFIELD : Vous vous étiez endormi dans l'avion ?

KNUTH : Je m'étais endormi dans l'avion. Je me suis réveillé et cette mélodie était dans ma tête. J'avais un morceau de papier avec moi et je l'ai écrite. Quand je suis rentré chez moi, je l'ai consignée dans ce carnet de notes et finalement, je l'ai utilisée. Comme je vous l'ai dit l'autre jour, elle m'avait été en quelque sorte dictée.

SCHOFIELD : Oui, vous sentiez comme un appel à le faire. Je pensais après que nous en ayons parlé l'autre jour à votre notion d'être né geek et aussi à votre fascination pour la musique. Cela m'a fait penser au livre *Gödel, Escher, Bach*, d'Hofstadter [Douglas Hofstadter], qui relie les mathématiques à la musique et à l'art. Que pensez-vous de cette théorie ?

KNUTH : J'ai rencontré Doug à nouveau cette année en janvier à Uppsala. Il travaille sur quelques problèmes intéressants aujourd'hui encore. Je vois définitivement cette connexion. N'importe qui ne voit pas forcément cette relation mais une personne obnubilée par les détails comme moi voit ces sortes de formes et rythmes. Bien que je n'aie jamais été un fan de ce livre-là en particulier, Doug a écrit d'autres choses à propos de la traduction que j'ai adorées.

SCHOFIELD : Le *Ton Beau de Marot*, oui. Je pensais que c'était un livre fascinant. J'ai eu cette occasion de connaître Doug quand j'étais beaucoup plus jeune et que nous étions à l'école à Genève.

KNUTH : Oui, c'est un grand ami. Martin Gardner, qui avait une colonne dans le *Scientific American*, a pris sa retraite et m'a demandé si je serais inté-

ressé par le fait de m'occuper de cette colonne après lui. C'était une énorme responsabilité - et je ne pouvais pas croire qu'il me demanderait une telle chose - et j'ai refusé. Doug Hofstadter a rédigé cette colonne pendant cinq ans ou quelque-chose comme ça. Doug et moi avons également interagi dans le cadre de mon projet de typographie, parce que j'avais écrit un article pour les typographes à propos du concept d'une métafonte. Vous vous rappelez quand je vous ai montré la lettre R il y a une minute ? Il y avait trois R sur cette page mais ils avaient tous été dessinés par le même programme d'ordinateur. Doug avait cette idée qu'on pourrait déclencher ces programmes par des molettes que l'on pouvait faire tourner. J'avais ce programme et vous tourniez la molette pour indiquer le degré de graisse (blod) de la lettre que vous vouliez.

Il y a quelques soixante molettes différentes que vous pouvez tourner et qui ont un effet sur la forme des lettres. J'ai appelé cela une métafonte parce qu'elle incorpore plusieurs fontes en une. Ce n'est pas juste une forme de lettre. Les informaticiens sont habitués à l'idée que l'on puisse faire une description meta de quelque-chose qui va au-delà d'une simple description. Elle varie en fonction de la variation de paramètres<sup>5</sup>. Nous sommes habitués au fait d'écrire un programme qui produira des effets différents si nous changeons les valeurs des paramètres.

Mais c'était un concept vraiment nouveau pour les dessinateurs de fontes. Ils traiteraient chaque nouvelle fonte comme un nouveau challenge. Si une semaine, on leur demandait de la faire de façon ordinaire, la semaine suivante, leur chef leur demandait une fonte plus grasse, et ils devaient recommencer et recommencer. Avec l'ordinateur, je peux me dire "bon, essayons d'imaginer qu'est-ce que ça donnerait si je graissais cette fonte seulement à moitié", "qu'est-ce que ça donnerait si j'en prenais une autre"... Vous savez, on essaie de résoudre plusieurs problèmes d'un seul coup, en une seule fois. J'ai écrit un article pour les typographes appelé *Le concept d'une métafonte*. Cet article a vraiment été marrant à écrire parce qu'au milieu des phrases, je pouvais distordre les lettres de différentes manières. J'ai commencé l'article avec une police qui était d'un style très ancien du seizième siècle, et je l'ai terminé dans un style hyper-moderne, dans lequel la largeur des lettres est importante et les lettres sont sans serifs. Au milieu, il y a une section qui

---

5. Note de Don Knuth : paramètres ou molettes.

contient le 23<sup>ème</sup> psaume et la première lettre du 23<sup>ème</sup> psaume est dans ce style très ancien du seizième siècle... Il y a six cent et quelques lettres dans ce passage et la dernière lettre est dans le style hyper-moderne. Chaque lettre est dans un style un peu plus proche de celui de la dernière lettre.

Doug a adoré ça. Il l'a mis dans l'article du Scientific American. C'est arrivé dans la traduction en russe, ce qui fait que nous avons une traduction du 23<sup>ème</sup> psaume en russe communiste [*rires*] comme exemple. Alors il a écrit un essai sur les formes des lettres parce que ça l'avait inspiré aussi. Il a écrit un article qui montre, je ne sais pas, cinquante versions différentes de la lettre A et demande ce que cela nous enseigne de la psychologie humaine et des choses comme ça. Il a déclaré dans son article que la question la plus importante de l'intelligence artificielle est "qu'est-ce que cette lettre A?". J'ai répondu "et la seconde question la plus importante de l'IA est "qu'est-ce que cette lettre I?"” [*rires*]. Voilà quelles étaient mes anecdotes concernant Doug Hofstadter. Bien sûr, j'ai visité sa maison lors de la visite des maisons historiques de Stanford.

SCHOFIELD : Où il a grandi ?

KNUTH : Oui. Elle est sur la colline San Juan.

SCHOFIELD : Passons à d'autres sujets. Vous avez dit que vous allez nager, et que vous avez commencé à le faire comme une forme d'exercice et que vous continuez de faire ça chaque jour - et non quatre fois par semaine.

KNUTH : Lundi, mardi, jeudi, vendredi. Le mercredi, je reste à la maison.

SCHOFIELD : Vous allez à l'une des piscines de Stanford ?

KNUTH : Maintenant je vais à la nouvelle piscine qui est...

SCHOFIELD : Près du gymnase Roble ?

KNUTH : Exact. C'est une toute nouvelle piscine. Il y avait une petite piscine là avant et nous y allions parfois en été. Maintenant, cette base de loisirs de plein-air a une belle piscine.

SCHOFIELD : Vous faites des longueurs ?

KNUTH : Oui, effectivement. Mon principal souci à propos de la natation, c'est que je pourrais devenir trop bon nageur et alors je prendrais ça trop au sérieux.

SCHOFIELD : Vous ne voulez pas devenir un trop bon nageur ?

KNUTH : C'est ça. Je veux seulement apprécier de nager.

SCHOFIELD : Juste faire de l'exercice.

KNUTH : C'est très bon pour mon cœur et c'est très bon pour mes muscles et mes poumons, etc. Je dois admettre qu'il y a à Stanford quelques charmants étudiants qui sont vraiment gracieux quand ils nagent, et j'apprécie cet aspect de nos piscines. Je ne suis pas un nageur très compétitif, mais j'apprécie de voir d'autres personnes qui aiment bien l'eau aussi.

SCHOFIELD : Quand vous voyez quelqu'un qui est un vraiment bon nageur, quand les mouvements de nage sont vraiment bien exécutés, c'est très beau.

KNUTH : C'est comme un poème, oui. Parfois je pense à mon livre pendant que je nage. Si je suis en train de travailler sur un problème difficile, au début, j'ai besoin d'un papier et d'un crayon et je dois griffonner et biffer les choses. Quand je suis proche de la solution du problème, je peux faire cela de tête pendant que je suis en train de nager. Je sais si ce que je fais est bien lorsque je suis capable de le faire pendant que je...

SCHOFIELD : ... pendant que vous nagez. Intéressant.

KNUTH : Oui, et, bien sûr, je rencontre d'autres personnes d'autres parties du campus qui viennent aussi à la piscine. C'est une autre occasion où je sors de mon cercle immédiat du département.

SCHOFIELD : Et vous faites du vélo également, n'est-ce pas ?

KNUTH : Je vais à la piscine en vélo, et cela fait partie de ce qui me permet de maintenir mon dos en forme.

SCHOFIELD : Où que vous alliez sur le campus, vous le faites à vélo, et vous mettez bien votre casque, pour protéger votre caboche ?

KNUTH : Il y a quelques personnes qui ne m'ont jamais vu sans mon casque [*rires*]. A la bibliothèque en particulier. Je ne sais pas si elles pourraient me reconnaître si je ne l'avais pas.

SCHOFIELD : La seule chose à propos de la conduite à vélo est que vous devez regarder tous ces autres fous autour de vous.

KNUTH : Oh c'est vrai. J'ai eu quelques rapprochements un peu trop serrés par ci par là, oui.

SCHOFIELD : Mais vous n'avez jamais eu d'accident sérieux à vélo ?

KNUTH : Non. Maintenant, la nuit, je porte des catadioptrés. J'ai aussi une veste phosphorescente.

SCHOFIELD : Mais vous ne sortez pas du campus sur des routes plus grandes ?

KNUTH : Je n'y vais pas très souvent. Non. J'ai commencé à le faire à peu près vers la fin de... bon, j'ai toujours fait du vélo.

SCHOFIELD : C'est bien. Vous vivez sur le campus et vous êtes près des endroits où vous avez besoin d'aller.

KNUTH : C'est exactement pour cela que je suis venu à Stanford, parce que je pouvais vivre à deux miles de ma maison et de mon travail pour le restant de mes jours.

SCHOFIELD : J'ai noté quelques choses vous avez décrites, je pense, ou bien que je décrirais, comme des valeurs personnelles, par exemple les valeurs de rigueur et d'élégance. Je me demande si vous souhaiteriez parler de l'une ou l'autre, ou bien d'autres valeurs personnelles. Je crois aussi que vous avez une histoire forte de relation à votre église, à votre foi protestante.

KNUTH : J'ai certainement grandi dans une communauté très aimante qui a donné le ton. Mes parents étaient tous les deux très portés sur le service aux autres plutôt que portés sur ce qu'ils pourraient faire pour eux-mêmes. Le prénom de mon père était Ervin, ou Erv pour surnom. Il a commencé par créer une entreprise qui le faisait sortir de chez lui, pour faire des projets avec ses amis. Il l'a appelée Services d'Erv et le logo était "s erv ice", avec erv en grandes lettres. Service a en quelque sorte été l'histoire de sa vie, à réfléchir à ce qu'il pourrait faire que d'autres personnes apprécieraient. Il travaillait dans un environnement local. En d'autres termes, quasiment personne en dehors de Milwaukee n'a jamais eu vent de ce qu'il faisait. Mais là où il était, il était toujours en train de démarrer des choses et d'aider les gens de plein de manières.

Ma mère était d'un genre similaire. Elle était membre de nombreuses organisations de bénévoles, et elle était un peu plus visible que mon père parce qu'on la voyait sur un certain nombre de gratte-ciels dans le centre-ville de Milwaukee ; elle gérait des immeubles.

SCHOFIELD : Gérante de la propreté.

KNUTH : Elle devait travailler avec les équipes de nettoyage s'il y avait des inondations, mais elle avait également à concevoir les espaces pour les nouveaux locataires, les médecins et les banquiers, etc. Elle faisait plein de choses dans le centre-ville et elle était membre de l'association des gérants et propriétaires d'immeubles et l'une des premières femmes de cette organisation à l'échelle nationale. Elle faisait cela à plein-temps... mais cela ne diminuait en rien le travail qu'elle faisait bénévolement à temps partiel sur toutes ses autres organisations. Du coup, j'ai grandi avec l'idée que c'est ainsi qu'il faut vivre.

Parmi les valeurs, il y avait notamment l'idée d'aider les autres avec toutes les compétences dont on dispose. En ce moment, nous avons un président dont l'idéal est en quelque sorte en contradiction avec toutes mes valeurs, il est beaucoup plus facile pour moi de comprendre ce que sont mes propres idéaux.

SCHOFIELD : J'entends bien.

KNUTH : Je suis content de voir que je ne suis pas la seule personne à avoir ces idéaux-là. Mais je suis étonné par le nombre de personnes... Je pensais

qu'il y avait davantage de bonnes âmes autour.

SCHOFIELD : C'est difficile de comprendre comment nous en sommes arrivés là, comment tant de personnes ont pu croire qu'il pourrait être le président de notre pays.

KNUTH : Oui. Ce n'est pas de la politique. C'est juste l'intégrité, la composante globale du caractère. Jill et moi sommes allés à un événement à Stanford de formation tout au long de la vie il y a quelques mois où Herant Katchadourian a fait une étude des sept péchés capitaux.

SCHOFIELD : Je pense l'avoir lue.

KNUTH : Nous avons passé tout notre samedi dans ces sessions, et c'est vraiment un conférencier brillant. De toutes ces valeurs, ok, qu'est-ce que Trump a à dire à propos de chacun de ces sept péchés capitaux. Y en a-t-il un qui... Ok, on a l'avidité, la paresse, la luxure, la gourmandise, la colère, l'envie et l'orgueil... peut-être pas la paresse. Accordons lui celui-là. Car les valeurs morales proviennent de ce que je pense être commun à toutes les religions du monde. Et Trump est en contradiction avec la plupart de ces principes.

Maintenant il y a toujours eu des personnes qui commettaient ce genre de fautes mais elles ne les commettaient pas de manière aussi flagrante et elles n'étaient pas dans des positions où en quelque sorte, elles me représentaient. Je déteste l'idée que maintenant, davantage de personnes vont me détester, mais je n'ai pas changé [*rires*]. Ce que je veux dire, c'est que maintenant les gens ont tellement plus de raisons de penser que je suis une mauvaise personne qu'elles n'en avaient avant, parce qu'elles peuvent identifier [les Etats-Unis] avec les valeurs que Trump exhibe. Elles peuvent penser "Oh, il est américain, il doit être comme ceci". Peut-être que non, mais je me suis trouvé à penser cela en différents endroits. J'ai tendance à me tromper sur les gens mais...

SCHOFIELD : Je sais. Je pense que nous avons tous tendance à le faire. Mais ne vous rappelez-vous pas qu'il fut un temps où on nous appelait les odieux américains ? Les touristes qui se rendaient en Europe se comportaient d'une façon horrible, atrocement mauvaise.

KNUTH : Je les ai rencontrés [*rires*], oui...

SCHOFIELD : Espérons que cela passera aussi. Nous devons faire ce que nous pouvons pour...

KNUTH : Bien sûr. Mais cela nous amène à un contexte plus étroit. En tant qu'informaticien et mathématicien raté, il y a une part de ma vie dans laquelle je suis capable de trouver l'absolue vérité de quelque-chose. Avec les mathématiques et l'informatique, nous pouvons démontrer que quelque-chose est correct sans aucun doute. C'est sans faille. Les physiciens n'ont même pas cette capacité. Ils ne savent jamais s'ils ont capturé les lois de la nature. Ils peuvent seulement mesurer jusqu'à un certain degré de précision. Les mathématiciens peuvent mesurer jusqu'au bout et savoir qu'ils ont exactement la réponse et deux plus deux ne vaudra jamais autre chose que quatre. Cela me donne quelque satisfaction de pouvoir circonscrire quelque chose et le comprendre complètement. D'un autre côté, je me réjouis du fait qu'il y a des mystères que je ne comprendrai jamais, qu'il y a des choses qui sont au-delà de moi. Je n'ai pas de raison d'être surpuissant et de penser que je peux résoudre tout problème. Je suis seulement un être humain et j'ai des limitations humaines et il y a donc des mystères et je suis très à l'aise avec cet aspect-là également, qu'il y a des questions dont je ne connais jamais la réponse mais je peux continuer à chercher et à me rapprocher un petit peu de la réponse. C'est de cette manière que je vois la partie spirituelle de ma vie, la partie religieuse de ma vie. Je ne pense pas que Dieu veuille que je continue cette quête qui consiste à chercher à en apprendre plus sur ce que Dieu souhaite que je fasse. Je ne pense pas que Dieu est un prétexte commode ou quelque chose comme ça. Je pense à Dieu comme à une présence qui est là et, grâce à Dieu, ne pourra jamais être prouvé ou réfuté, mais reste un mystère. Et cela me fait croire qu'il y a du sens et de l'ordre en toute chose plutôt que juste du hasard.

SCHOFIELD : Est-ce Dieu qui en quelque sorte transcende une religion individuelle ?

KNUTH : C'est cela. Je ne suis pas en train de dire que tout principe de toute religion ne soit pas un jour démontrable. Beaucoup des grands philosophes pensent cela mais je pense qu'ils ont tort. Je pense que si cela était prouvable, tout le monde courrait vers la preuve, la mémoriserait et l'oublierait

la semaine suivante. C'est pour ça que je remercie Dieu d'être un mystère. J'ai passé beaucoup de temps à chercher des indices que je pourrais obtenir sur ce que Dieu souhaitait que je fasse. Par exemple, j'ai en quelque sorte le sentiment que Dieu, lui ou elle, veut que je démontre le théorème que j'ai démontré ce matin [*rires*]. Et que j'écrive de la musique. Cela me guide.

J'ai aussi un sentiment différent à propos de l'intimité. Je n'ai jamais ressenti que j'avais des secrets de Dieu, du coup, je ne suis pas très bon pour travailler sur les domaines de l'informatique qui protégeront la vie privée. Je ne veux bien sûr pas que des escrocs sachent tout de moi et exploitent cela. Mais je ne suis pas à l'aise du tout avec l'idée que les pires côtés de mon comportement puissent être connus par quelqu'un. Je sens seulement que cette partie de ma vie n'est pas totalement privée.

Voilà ma petite réponse sur la façon dont j'interragis avec la spiritualité. Je suis devenu un peu le type sur le poster pour ça parce qu'on m'avait demandé d'en parler quelques fois dans ma vie. Je pense que ce que je fais bien, c'est l'informatique, mais l'informatique, ce n'est pas tout.

Quand on m'a demandé de venir au MIT pendant un trimestre pour donner des conférences publiques sur l'interaction entre foi et science, bon, j'étais honoré qu'ils aient pu penser à moi. Et j'ai aussi dit "ok, peut-être que c'est quelque-chose que je devrais faire une fois dans ma vie". Je ne voulais pas faire une carrière en faisant quelque chose dans quoi je n'étais pas bon, mais je pensais que l'interaction entre la foi et la science était quelque chose qui méritait d'être abordé. J'y ai passé trois mois et j'ai vraiment apprécié ces six conférences d'une heure, basées sur quarante minutes de notes et les quinze minutes restantes étaient improvisées comme en ce moment [cette interview], question et réponse. Ces conférences ont été enregistrées et retransmises sur la chaîne Dobbs pendant une dizaine d'années après ça, et elles ont dû obtenir les scores d'audience les plus élevés de cette chaîne pour longtemps. Cela a montré que d'autres personnes trouvaient également qu'il y avait un besoin de contempler différentes parties de leur vie.

SCHOFIELD : Et voir cette science n'était pas antithétique de la religion.

KNUTH : Antithétique, exact. Je n'ai jamais fourni des réponses ou bien dit que je pensais ceci et que je serais content si vous les pensiez aussi. Je disais,

voici les choses que je pense intéressantes. Ne pensez-vous pas vous aussi qu'elles sont intéressantes ? Que pensez-vous de ces questions controversées ?

Je pense que cette idée personnelle de réaliser que nous n'avons pas toutes les réponses peut être explorée pendant énormément de temps. Où mieux le faire qu'à Boston, où il y a eu tant d'études théologiques, ainsi qu'au MIT où ont eu lieu tant d'avancées de la science ?

SCHOFIELD : C'était en quelle année ?

KNUTH : C'était en 1999. J'avais vécu précédemment à Boston, pendant une année sabbatique en 1986 après que le projet TeX ait été terminé. C'était l'année sabbatique de mon épouse. C'était l'année de nos 25 ans de mariage et les enfants avaient terminé le lycée et avaient quitté la maison... Je pouvais faire à manger et les courses et Jill pourrait travailler sur ses livres cette année-là.

SCHOFIELD : C'était votre année sabbatique ?

KNUTH : Un an tous les 25 ans, je donnais à Jill son année sabbatique. J'étais l'homme au foyer et je...

SCHOFIELD : Et vous avez fait ça fidèlement toute l'année ?

KNUTH : Oui. Pendant mon temps libre, je suis allé à la Bibliothèque publique de Boston pour faire mes recherches pour le livre 3 :16, dans lequel j'avais eu l'idée folle d'étudier le chapitre 3, verset 16 de chaque livre de la Bible et voir qu'est-ce qui avait été écrit à ce propos pendant des années. Pendant mon temps libre cette année-là - nous vivions dans le centre-ville de Boston, dans le centre-ville de Cambridge, pas dans la baie de Boston, et donc à six blocs de la bibliothèque municipale de Boston.

SCHOFIELD : Après une année comme homme au foyer, vous avez décidé que ça suffisait ?

KNUTH : Oh, j'ai apprécié ce que ça entraînait. L'un des événements majeurs a été que mon fils dirigeait le groupe de musique de Stanford *The Fleet Street Singers* cette année-là et ils sont venus en tournée et ils ont tous dormi

dans notre appartement une nuit.

SCHOFIELD : Est-ce que vos deux enfants sont allés à Stanford ?

KNUTH : Non, non. Jenny savait qu'elle ne voulait pas aller à Stanford, mais elle voulait tout de même savoir si elle serait admise et elle l'a été.

SCHOFIELD : Elle a été admise et puis elle est allée à... ?

KNUTH : A Brown. Elle voulait choisir sa propre majeure. John ne voulait pas s'aventurer si loin, du coup, il a candidaté aussi loin vers l'est qu'au Lycée du Pacifique à Stockton [*rires*].

SCHOFIELD : Voyons. Laissez-moi vous interroger... Il y a deux ou trois choses ici mais je pensais que nous devrions discuter de votre intérêt en histoire.

KNUTH : En histoire, oui, parce que j'ai trouvé alors que j'écrivais *L'Art de la programmation des ordinateurs*, qu'une des choses les plus importantes est non seulement de réaliser qu'il y a également des geeks qui vivent dans d'autres pays, mais aussi de voir l'aspect humain historique dans cette découverte. Je me dis "ok, nous avons obtenu ces merveilleux résultats ; mais quelqu'un y a pensé le premier.". Et si vous comprenez comment les gens trouvent les grandes idées, alors il est plus probable que vous serez capable d'avoir de grandes et nouvelles idées vous-même. J'ai essayé de montrer la manière dont les idées naissent et se précisent et comment cela entre dans l'expérience de l'humanité.

C'est vraiment merveilleux que les cultures du monde entier aient contribué à l'informatique, et depuis tant d'années. Je me suis souvent trouvé à travailler avec d'autres amis ou élèves à étudier des documents en Sanskrit, et en français, en russe et allemand, en espagnol, japonais, etc.

SCHOFIELD : Vous lisez toutes ces langues ? Ou bien vous lisez leur traduction ?

KNUTH : Oh, j'ai seulement appris à reconnaître un motif, et comment utiliser un dictionnaire... J'ai des dictionnaires ici, d'allemand ou autre. Je

ne suis pas un grand linguiste mais habituellement, je peux reconnaître certains motifs combinatoires que la personne qui écrit a utilisés... du coup, j'ai un petit nombre de pages que je peux montrer à un autre professeur de Stanford. Par exemple, si j'ai une question de latin, je demanderai plutôt à Michael Wigodsky. J'utiliserais les ressources de Stanford pour toutes ces choses. George Brown [George Hardin Brown] m'a également aidé en latin médiéval.

J'ai réalisé tôt sur ces matériaux littéraires écrits par différentes personnes que lorsque des personnes découvrent quelque chose, il est très important pour moi de comprendre ce processus de découverte. J'essaie de faire passer cela dans mes écrits. Mais ça a aussi été le plus gros échec de ma carrière, qu'aucun de mes étudiants - à l'exception d'un seul maintenant - n'ait eu cet amour de l'histoire que j'ai. Je n'ai pas été capable de les convaincre de cela quand j'étais leur tuteur de thèse. Mais Lyle Ramshaw [Lyle Harold Ramshaw] a écrit un article il y a deux ans dans lequel il a fait une grande recherche historique qui remontait au dix-huitième siècle en Suède. Il a un peu attrapé le virus.

SCHOFIELD : Vous essayiez de les amener à l'histoire pendant vos cours ?

KNUTH : Dans mon tutorat davantage que partout ailleurs. Dans mes cours, je raconte l'histoire et je donne des conférences publiques. Par exemple, je me suis focalisé sur l'Arabe et le Sanskrit dans une conférence que j'ai donnée à Noël il y a deux ans je crois. Il y a des histoires fascinantes qui montrent à quel point les gens étaient en avance sur leur temps. Je devrais également mentionner les écrits hébraïques de la Kabbale qui ont anticipé des idées d'informatique. C'est plus qu'un hobby pour moi. Je pense que c'est important.

Maintenant, nous sommes dans une situation où les universités en Amérique ne financent plus l'histoire des sciences de la façon dont c'est fait en Europe. Il y a seulement deux ou trois endroits aux Etats-Unis où il y a un bon professeur d'histoire des mathématiques... Princeton, Yale, et le troisième est la Virginie Ouest ou quelque chose comme ça. Mais les principaux historiens des mathématiques sont en Angleterre, en Allemagne et en France.

SCHOFIELD : Je pense que Stanford avait un petit programme d'histoire des sciences, mais je ne sais pas s'il est poursuivi encore aujourd'hui.

KNUTH : L'histoire des sciences a connu une grande mutation. Il y a cinquante ans, l'histoire des sciences expliquait comment les idées scientifiques avaient été découvertes. Maintenant, elle raconte comment les scientifiques obtiennent des fonds, ils n'entrent pas dans la vraie science profondément du tout. C'est passé de l'histoire interne à l'histoire externe. Regardez par exemple le journal principal d'histoire des sciences ; il s'appelle Isis, il traite de tous les domaines. Isis est la divinité égyptienne de la sagesse [ou de la fertilité] ou quelque chose comme ça. J'ai parcouru et lu ce journal depuis une cinquantaine d'années et je continue de lire les numéros actuels. J'ai mesuré dans ces journaux le rapport entre la science effective et le contexte scientifique, la vie dans le monde, comment les scientifiques payent pour l'éducation, qui les critique pourtant.

SCHOFIELD : Le côté plus sociologique ?

KNUTH : Une partie de la cause de cela est que la science devient de plus en plus difficile [*rises*]. Du coup, si les personnes qui vont vous promouvoir comprennent vos articles, vous feriez mieux de ne pas écrire quelque chose sur cette spécialité qui va les rendre mal à l'aise. Cela leur fera subtilement ressentir qu'ils ne méritent pas suffisamment leur propre position de professeur et alors, ils ne vous financeront pas. En tous cas, pour une raison quelconque, ce changement immense a eu lieu. J'ai été dérangé par ce changement, mais j'ai aussi réalisé qu'une partie du problème provient du fait que pas un seul département d'informatique d'une seule université américaine ne finance un historien de l'informatique.

Il y a des personnes qui s'inscrivent à un programme d'histoire des sciences mais elles ne sont pas autorisées à écrire à propos de l'informatique elle-même parce que leurs collègues ne vont pas comprendre ce qu'elles disent si elles parlent trop technique. Elles écrivent des choses intéressantes comme "voici la première femme qui a fait ça". Elles collent à ces choses plus culturelles et, bien sûr, ce sont des sujets importants, mais cela représente un pour cent du domaine. Je me suis défoulé là-dessus lors d'une conférence que j'ai donné à Kailath en 2014. J'avais travaillé à un plan dans lequel Stanford pourrait employer un historien de l'informatique à temps plein, pour diriger la prochaine génération d'historiens. Pourtant, je n'ai pas assez de temps personnel pour mener cette bataille. Je suis à la retraite et je sais que je fais bien mieux

d'écrire mes livres que de mener des batailles. J'espère que quelqu'un d'autre reprendra le flambeau. En tous cas, puisque nous sommes en train de parler histoire orale, je voulais mentionner l'Histoire.

SCHOFIELD : Bien pour vous, une fiche pour l'Histoire. Je sais que vous êtes fan de nombreuses choses que la Société d'Histoire de Stanford fait. Je vous vois vous régaler dans toutes sortes d'endroits où des conférences intéressantes ont lieu.

KNUTH : Merci.

SCHOFIELD : Sur quoi travaillez-vous en ce moment ? Vous continuez sur *L'Art de la programmation des ordinateurs* et espérez...

KNUTH : Chapitre sept, section 7.2.2.1. J'espère qu'en octobre, j'aurai trois cent pages prêtes à être publiées.

SCHOFIELD : Vous le publiez en morceaux ?

KNUTH : Oui. Ce papier sur le bureau est le numéro six. Le numéro cinq est celui sur lequel je suis en train de travailler en ce moment, qui sera avant le six et quand j'aurai les cinq, six et sept, j'en ferai un nouveau volume relié.

SCHOFIELD : J'ai compris. Très bien. C'est une manière de ressentir que vous avez accompli des étapes de ce livre, et cela s'oppose au fait de ressentir que le volume en entier doit venir d'un seul tenant.

KNUTH : Le sujet s'est tellement développé que je ne peux être calé sur tout. En le sortant de cette manière, j'ai des personnes partout dans le monde qui le critiquent et qui m'aident à le compléter, à rendre l'histoire juste.

SCHOFIELD : Si c'est publié de cette manière, couverture souple et obtention de feedback dessus, le mettez-vous à jour avant qu'il soit relié ?

KNUTH : Oh oui, absolument. C'est exact. Voici la version reliée du Volume 4A. Ceci est le début du chapitre sept mais il a seulement neuf cent pages.

SCHOFIELD : C'est le Volume 4 ?

KNUTH : 4A.

SCHOFIELD : Partie 1 ?

KNUTH : C'est exact [*rires*]. Je suis désolé, le Volume 4A traite des Algorithmes combinatoires, Partie 1. Le Volume 4B sera Algorithmes combinatoires, Partie 2. Ils contiennent des parties du Chapitre 7 qui, comme je le disais, a explosé durant les années 70. Je continue de l'appeler Chapitre 7 mais, vous savez, c'est pour cette raison que j'ai 7.2.2.1 comme sous partie du chapitre 7. Ce volume est initialement sorti comme des fascicules 0, 1, 2, 3, 4 en livres de poche. Avant que les livres de poche ne sortent, ils étaient sur internet au format pré-fascicules. Maintenant, toutes les trois semaines ou environ, je mets à jour la version courante sur laquelle je suis en train de travailler.

SCHOFIELD : Je regarde les réponses aux exercices. Et c'est un livre ? Un livre dans lequel vous posez des problèmes et vous avez les réponses ?

KNUTH : C'est pour les autodidactes. C'était la manière la plus efficace de compresser beaucoup d'information dans un seul livre. Je peux obtenir beaucoup de détails dans les exercices et dans les réponses. Je peux compresser un article de dix pages en un exercice suivi de dix lignes de réponses. Si quelqu'un est motivé pour travailler sur l'exercice, alors les réponses sont suffisantes pour lui donner toutes les idées clefs qui étaient dans cet article. Si je devais tout écrire et introduire tous les processus de pensée et tout ça, ce serait beaucoup plus long.

SCHOFIELD : Je viens juste de trouver une page dans laquelle vous avez des notations au crayon en haut de page ? Est-ce quelque-chose que vous aimeriez changer ?

KNUTH : C'est mon original. Ce volume particulier en est maintenant à sa onzième édition et dans chacune d'elle peut-être soixante pages ont été mises à jour.

SCHOFIELD : Je vois. Vous écrivez quelque chose et vous souhaitez le mettre à jour.

KNUTH : C'est cela, oui.

SCHOFIELD : Quelle méthode et ça ne s'arrête jamais !

KNUTH : Si c'est en bleu dans cet original, j'ai corrigé une erreur. Si c'est en orange, c'est une amélioration mineure. Et si c'est en jaune, c'est un amendement ou une extension.

SCHOFIELD : Et c'est juste au crayon ?

KNUTH : C'est une erreur. J'aurais dû le coder en couleur. Où est la nouvelle réponse ? J'aurais dû l'écrire en jaune *[rires]*.

SCHOFIELD : Maintenant, il faut que vous la coloriez en jaune ? *[rires]*. Oh mon Dieu. Une vie de travail effectivement.

KNUTH : Vous avez mentionné que mes valeurs étaient la rigueur et l'élégance... J'essaie de trouver la manière la plus élégante de présenter ces réponses. Je suis étonné que nous ne voyions pas plus de bleu. C'était une erreur.

SCHOFIELD : J'ai lu, et vous en avez parlé, que vous encouragez toute personne qui trouverait des erreurs à vous le faire savoir. Et si vous êtes d'accord sur le fait qu'il y a une erreur, vous les payez ?

KNUTH : Deux dollars cinquante-cinq cents.

SCHOFIELD : Deux dollars cinquante-cinq cents, qui n'ont pas changé ?

KNUTH : Exact. Cette pile là-bas contient des lettres [que j'ai reçues]... comme ici, il y a une erreur d'orthographe dans des noms en russe ; ici quelqu'un dit "regardez à la page 862". Oui, il y a des lettres auxquelles je n'ai pas encore répondu. Toutes les quatre semaines environ, je parcours cette pile.

SCHOFIELD : Et votre assistant lit tous les mails que vous ne recevez pas directement et choisit les choses qu'elle - je suppose que c'est une femme - pense devoir vous montrer ?

KNUTH : C'était la manière dont ça fonctionnait jusqu'à ce qu'elle prenne sa retraite il y a quinze ans.

SCHOFIELD : Oh oh. Maintenant comment faites-vous ?

KNUTH : Les gens ne sont pas censés savoir cela mais le mail va à Maggie McLaughlin [Margaret McLaughlin] qui a travaillé à Stanford de nombreuses années. J'utilise sa boîte mail.

SCHOFIELD : Oh, du coup, c'est vraiment vous ?

KNUTH : C'est vraiment moi.

SCHOFIELD : Fascinant. Souhaitez-vous que nous retirions ceci de cette histoire orale de façon à ce que les gens ne l'apprennent pas ?

KNUTH : C'est bien. Voici des cas où j'ai déjà fait la correction. J'ai maintenant une secrétaire qui vient un après-midi par semaine et renvoie les vérifications.

SCHOFIELD : Renvoie les deux dollars et cinquante-cinq cents ? J'adore ça.

KNUTH : Les chèques sont émis par mon épouse, de ma propre banque. C'est une banque fictive, la Banque de San Serriffe. Jill a dessiné ces chèques.

SCHOFIELD : Mais ils sont échangeables contre de l'argent ?

KNUTH : Non, non, il s'agit juste de les déposer sur un compte et alors ça va sur internet et tout le monde obtient des points factices pour que leur nom apparaisse là. S'ils veulent du cash, ils peuvent me le demander, je peux leur envoyer des timbres ou autre.

SCHOFIELD : Oui, mais ils préféreront probablement avoir ce chèque unique.

KNUTH : C'est pour ça que nous avons essayé de donner un joli look au chèque en question.

SCHOFIELD : Oui, il est joli. Arrêtons là sur ce sujet auquel nous avons consacré suffisamment de temps. Terminons en parlant de l'environnement à Stanford, peut-être de certains moments mémorables ou des personnes que vous avez connues. J'ai vu que vous étiez sur la liste des invités quand la Reine Elizabeth [la Reine du Royaume-Uni] est venue en visite. Je ne sais pas si vous êtes effectivement allés à cette réception mais...

KNUTH : Oui, nous sommes allés à Hoover House, au domicile du Président. Je me rappelle qu'elle était très petite. Il y avait un emploi du temps merveilleux pour elle, et toutes les quelques minutes, elle devait partir. Je me rappelle que le Prince Philip [Prince Philip, Duc d'Edinburgh] était très grand.

SCHOFIELD : C'est plutôt inhabituel. C'était en 1983 je crois ?

KNUTH : Exact. Ca fait quoi ? Il y a trente-cinq ans. Je ne sais pas comment il est maintenant. C'était la maison de Don Kennedy alors, n'est-ce pas ?

SCHOFIELD : Oui, Hoover House est la résidence du président.

KNUTH : A quelques occasions, j'ai rencontré quelques sénateurs américains, et autres. Un jour, j'ai rencontré Nicolae Ceausescu quand je suis allé en Roumanie.

SCHOFIELD : Comment était-il ?

KNUTH : C'était un homme occupé qui, à ce moment-là, était entouré de caméras de télévision. Il a juste marmonné quelques mots. Beaucoup plus important, j'ai eu à rencontrer le roi de Suède. Ah oui. Jill et moi avons dîné avec lui et pendant une demi-heure, nous avons pu juste discuter.

SCHOFIELD : Quand était-ce ?

KNUTH : J'ai eu une médaille par l'Académie suédoise, la médaille Adelsköld. Je devrais être capable de me rappeler en quelle année c'était. Oui, 1994.

SCHOFIELD : Du coup, vous êtes allé en Suède pour recevoir cette médaille ?

KNUTH : C'est exact. Il n'y a pas d'argent associé comme pour le prix Nobel. C'est une jolie médaille. Elle provient de la même Académie que celle qui donne les Prix Nobel. Elle est donnée tous les, je ne sais pas, dix ans ou quelque chose comme ça. Des personnes telles que Edison l'ont reçue par le passé.

SCHOFIELD : C'est un honneur, d'être en pareille compagnie, charmant.

KNUTH : Nous étions là et le roi a assisté à la cérémonie. Les Etats-Unis avaient un nouvel ambassadeur de Suède qui avait été recruté par Bill Clinton ; il venait de présenter ses références ou quelque-chose comme ça, et le roi nous a remis nos récompenses. Je lui ai parlé. Il parlait de ce qu'ils appelaient alors l'autoroute de l'information. L'Internet commençait tout juste et il expliquait que sa fille adolescente était intéressée par les ordinateurs et tout ça. C'était un homme charmant. Il était très timide et parlait vraiment très bien anglais. Il est dyslexique et les gens peuvent penser qu'il n'est pas aussi sympathique qu'il l'est réellement.

SCHOFIELD : Et concernant Gorbachev [Mikhaïl Gorbachev], qui a visité le campus deux fois ? Ne l'avez-vous jamais croisé ?

KNUTH : Je l'admire beaucoup. Pendant qu'il était ici, j'ai vu quelqu'un qui l'avait vu. Il y avait une telle foule. Mais j'ai pu regarder une personne et voir que cette personne voyait vraiment Gorbachev.

SCHOFIELD : Par associativité.

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : Que pouvez-vous dire d'autres personnes, je ne sais pas, des personnes célèbres ou qui sont intéressantes pour vous... Des informaticiens, peut-être les avez-vous tous rencontrés, ou des musiciens peut-être ?

KNUTH : Bien sûr, Stanford étant toujours je pense numéro un en informatique, tout le monde vient ici un jour. Stanford était si prestigieuse à l'époque, nous n'avons même pas un coin du marché maintenant. Je suis heureux qu'il y ait autant d'endroits dans le monde...

SCHOFIELD : Où ils font ce genre de bon travail ?

KNUTH : De bons endroits, oui. A l'époque, on admettait seulement vingt étudiants par an et seuls dix-huit valideraient leur diplôme. Cinq d'entre eux obtiendraient des récompenses de l'Agence Scientifique Nationale (NSF). Ils viendraient tous à Stanford. Tout bon endroit a accueilli ces personnes et a eu à les rayer de sa liste des meilleurs. Nous avons un taux de quatre-vingt dix pour cent d'admission.

SCHOFIELD : Pour les vingt qui étaient acceptés, combien avaient candidaté ?

KNUTH : Oh, trois cent. Oui.

SCHOFIELD : Vous avez travaillé aux admissions pour les diplômés, non ?

KNUTH : J'ai été président de ce comité à mon tour.

SCHOFIELD : Mais vous n'avez jamais été directeur du département ?

KNUTH : Non, non, non. J'ai dit à Stanford que la seule raison qui me ferait quitter serait si on me demandait d'être directeur du département [*rires*].

SCHOFIELD : Vous saviez où étaient vos talents, vos centres d'intérêt et vos engagements ?

KNUTH : Je savais aussi où étaient mes défauts. Ok, dans le comité d'admission, j'ai inventé une procédure assez intéressante pour lire les candidatures, une sorte de modèle tel que tout candidat serait traité correctement mais qui ne prendrait pas trop de temps à être appliqué par le comité. Ils continuent à l'utiliser... J'ai écrit une sorte de modèle combinatoire dans ce but. Une fois, j'ai été directeur du comité des Curriculum et ils essayaient de décider de politiques pour les cours qu'ils donnaient aux premiers cycles. J'ai pensé "Ok, j'ai une bonne idée pour gérer ces questions de contentieux". Je vais louer le second étage d'un restaurant chinois, puis nous irons là-bas et tiendrons notre meeting et gérerons toutes ces histoires et nous résoudrons tous ces problèmes.

SCHOFIELD : Vous y êtes parvenus ?

KNUTH : Oui. On a bien travaillé. Tous les problèmes ont été résolus et nous sommes rentrés chez nous. Mais j'ai oublié de dire à quelqu'un quelle était la solution [*rires*]. Elle était sortie de mon esprit. Oui, je sais que je l'ai soufflée. En d'autres mots, comme administrateur potentiel, je suis un très mauvais communicant.

SCHOFIELD : Heureusement, quelqu'un a comblé le trou... Je pense que c'est ce que nous avons décidé n'est-ce pas ?

KNUTH : Je me suis finalement souvenu de la solution.

SCHOFIELD : Quand vous regardez le campus...

KNUTH : Il est très beau...

SCHOFIELD : ... ou sa culture, toutes ces choses, pendant cinquante ans, qu'est-ce qui vous frappe ? Les changements ici ?

KNUTH : Au premier chef, ce qui me frappe, c'est que je devrais plutôt traverser le campus vers un autre immeuble pour parler à quelqu'un, parce que c'est juste un merveilleux campus, plutôt que de prendre mon téléphone et de les appeler. Ca a changé, quoique. Si je prends le téléphone maintenant, je n'obtiens la plupart du temps qu'une voix de boîte mail. C'est rare que quelqu'un réponde à son téléphone, y compris dans les rares lieux réservés aux livres de la bibliothèque. Les gens trouvent que maintenant, ils ont cette machine qui prend les messages, et ils oublient cette partie de leur vie beaucoup plus souvent qu'ils ne le faisaient il y a cinquante ans. Mais maintenant je n'ai plus à faire cela si souvent parce que j'aime aller dans les jardins et regarder les immeubles devant lesquels je passe. Par exemple, j'utilise le site de la bibliothèque très intensivement et j'y trouve souvent des problèmes. Il y a un gars dénommé James Harris qui devrait répondre à mes mails quand je dis quelque chose à propos du site qui pourrait être amélioré. Je me demandais qui c'était. Je suis sorti "oh il est dans son bureau, pas dans la bibliothèque, mais dans la vieille école d'affaires". Le quatrième étage a été modifié et vous ne pouvez pas monter là-bas à moins d'avoir une clef ou je ne sais quoi. Mais j'ai trouvé mon chemin jusqu'à son bureau... parlé

à des gens de manière à ce qu'on me permette de le voir en personne. C'est la manière dont j'aime travailler à Stanford... Voir les gens. J'aime beaucoup ça. J'ai toujours aimé cet aspect de mon travail.

SCHOFIELD : Ca devient de plus en plus difficile. Je pense que vous avez raison.

KNUTH : Oui. L'autre chose est qu'il y a des constructions qui sont en train de se monter sur le campus. J'avais l'habitude de dire "Oh, comme ce sera beau quand cette construction sera terminée." [*rires*]. Maintenant je réalise que ça ne sera jamais terminé. Je dois changer mon chemin à vélo tous les quelques mois jusqu'à la fin de mes jours.

SCHOFIELD : Le changement est-il bon ? Je suis d'accord avec vous. Dans l'une de mes incarnations précédentes, j'avais des responsabilités pour des accès facilités au campus, et je pensais "ok, nous pouvons projeter peut-être cinq ou six immeubles vraiment importants et après, ça sera bon.". Jamais, jamais, jamais. Au début des années 70, je me rappelle qu'il y avait de belles clôtures en contre-plaqué, et quelqu'un avait peint "Stanford a un complexe compliqué." [*rires*]. Je crois que c'est vraiment le cas.

KNUTH : Oui. Il est nécessaire de toujours se réinventer soi-même. C'est la nature d'une université.

SCHOFIELD : J'imagine. Mais je pense que de bonnes idées peuvent naître dans de vieux immeubles.

KNUTH : C'est vrai. A chaque fois que vous ajoutez un nouvel immeuble, vous devez le maintenir pour toujours.

SCHOFIELD : Du coup, vous devez le remplir avec de nouvelles personnes et...

KNUTH : Je comprends. Ils vont détruire l'immeuble du département de Biologie, Herrin Lab, et en construire un nouveau pour le département d'informatique, pour nous, l'année prochaine.

SCHOFIELD : C'est vrai ?

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : Où est l'informatique en ce moment ?

KNUTH : Elle est dans l'immeuble Gates.

SCHOFIELD : Mais il y a besoin d'un autre immeuble ?

KNUTH : Oui, alors nous aurons deux immeubles.

SCHOFIELD : Est-ce parce que l'informatique grossit... le département ?

KNUTH : Vous vous moquez de moi ?

SCHOFIELD : Je sais que le domaine grossit, mais est-ce que votre département grossit ?

KNUTH : Oh absolument, oui. Nous avons également tellement de positions que nous ne pouvons remplir parce qu'il n'y a pas tant de personnes qualifiées que ça.

SCHOFIELD : C'est à cause de la faculté ?

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : Des postes d'enseignants de faculté. Pas seulement davantage de post-docs ou d'étudiants diplômés ?

KNUTH : C'est cela. Le domaine est en train de se développer extrêmement rapidement. Nous avons aussi beaucoup de notre faculté dans le... comment appelez-vous cela... Bio-X. Nous sommes beaucoup trop développés pour pouvoir organiser une party pour tout le département maintenant.

SCHOFIELD : Intéressant. Combien d'enseignants de faculté ?

KNUTH : Je ne sais pas. Il y en a environ soixante<sup>6</sup>.

---

6. Note de l'éditeur : en 2018, le département d'informatique de Stanford compte 58

SCHOFIELD : Oh mon Dieu. Plus grand que quelques petites écoles. Peut-être que votre idée que cela devienne une Ecole d'Informatique était une bonne idée.

KNUTH : J'étais à Berkeley hier et j'ai remarqué qu'ils venaient juste de démarrer une nouvelle école de Science des données. Leur doyen va probablement demander que l'Ecole d'Informatique quitte l'Ecole d'Ingénierie et aille... Je ne sais pas.

SCHOFIELD : Une nouvelle Ecole de Sciences des Données. Je me damnerai.

KNUTH : Je ne sais pas. Je n'ai pas d'idée. Cela est très litigieux. J'ai parlé au gars... C'est tout nouveau et ils n'ont vraiment pas de curriculum. Leurs cours sont très populaires mais ils semblent changer chaque semaine. La manière dont les étudiants voient la science des données maintenant c'est : "cette semaine, nous allons étudier des données d'astronomie et la semaine prochaine, nous étudierons des données d'un autre champ." Chaque étudiant Google tout ce qu'il peut là-dessus et travaille dessus, et étudie, et après, ils vont faire ça sur un autre domaine.

SCHOFIELD : En parlant de Google, c'étaient vos étudiants ?

KNUTH : J'étais à la retraite mais nous avons vraiment travaillé ensemble. Je parlais toujours à Sergey [Sergey Mikhaylovich Brin]... mais pas tant que ça à Larry [Lawrence Edward Page], mais je connaissais Sergey assez bien. On avait fait un pari Sergey et moi sur qui de nous deux finirait le premier, lui, sa thèse, et moi *L'Art de la programmation des ordinateurs* [rires].

SCHOFIELD : Ils ont filé pour monter une sacrée boîte. Une dernière question, peut-être en est-ce une bonne<sup>7</sup>. Quelles sont vos opinions et observations à propos des relations entre Stanford et la Silicon Valley ?

KNUTH : C'est une merveilleuse source et un lieu catalyseur de nouvelles professeurs de faculté, en comptant également les assistants, les maîtres-assistants, les adjoints à la faculté et les professeurs émérites.

---

7. segue ?

idées qui nous garde jeunes. Nous pouvons avoir des projets sur l'état de l'art pour nos étudiants et nous avons des professeurs invités tout le temps qui donnent des cours absolument de premier plan. C'est déprimant quand nous perdons leurs grandes qualités pour des start-ups. Beaucoup de départs en retraite anticipés sont venus de personnes qui ont réalisé que leurs compétences pouvaient changer le monde plutôt que changer une centaine d'étudiants. Nous les voyons encore fréquemment et certainement que le fait que Terman ait développé l'expertise en électronique et l'ait amené à la Silicon Valley a été bénéfique pour le monde et pour Stanford. C'était la raison pour laquelle Stanford a pu passer à autre chose et se réinventer elle-même.

SCHOFIELD : Je pense que quelques personnes s'inquiètent que peut-être les connexions soient trop profondes, que les entrecroisements entre quelques départements de Stanford et l'industrie ne sont pas sains. Mais je n'ai certainement pas la connaissance pour en juger.

KNUTH : Je ne sais pas. Je pense vous avoir dit que les choses que je comprends le moins au monde sont la finance et l'économie. Comme je l'ai dit, au début des années 70, je savais que si pour une raison ou pour une autre, l'université était amenée à fermer, je continuerais d'enseigner... je trouverais un moyen d'enseigner. C'était ma principale motivation. Mais alors j'ai fait ce travail de typographie. Il n'y avait pas d'enjeu financier là-dedans. Mais je ne suis pas sûr que mon attitude soit l'attitude correcte à avoir en général.

SCHOFIELD : C'est l'attitude que vous avez.

KNUTH : Oui.

SCHOFIELD : C'est votre approche. Terminons.

KNUTH : Ok, merci Susan.

SCHOFIELD : Y a-t-il des questions que vous auriez souhaité que je pose, ou des commentaires que vous souhaitez faire en conclusion, au sujet de ces 50 années passées à Stanford ?

KNUTH : Juste que je suis comblé par votre merveilleuse manière d'interviewer.

SCHOFIELD : C'est gentil à vous, mais ça n'est probablement pas vrai.

KNUTH : C'est absolument vrai. Je ne peux imaginer comment l'interview aurait pu être mieux menée qu'elle ne l'a été. Je suis sûr que vous avez d'autres compétences, mais cette capacité à interviewer est indéniable.

SCHOFIELD : Merci. C'est une sorte de passion. J'ai beaucoup apprécié d'être impliquée dans ce programme, et d'aider à le faire se développer, ce programme d'Histoire parlée. Nous vous sommes si reconnaissants de nous avoir donné de votre temps, même après de si nombreuses interviews données ailleurs. Ces réflexions sur Stanford, en particulier, sont je crois d'une grande valeur.

KNUTH : Oui, vous avez été capable de poser le contexte de telle manière que je dise toutes sortes de choses que j'étais vraiment content d'enregistrer, et dont je ne pense pas qu'on les trouve sur les enregistrements précédents.

SCHOFIELD : Bien. Merci beaucoup.

“Don’t just believe that it’s because something is trendy that it’s good. I probably go the other extreme where if I find too many people adopting a certain idea, I’d probably think it’s wrong. Or if my work had become too popular, I probably would think I had to change. This is of course ridiculous but I see the other side of it too often where people who will do something against their own agot-instinct because they think the community wants them to do it that way, so people will work on a certain subjective and know they aren’t terribly interested in because they think that they will get more prestige by working on it. I think you get more prestige by doing good science than by doing popular science because if you go with what you really think is important then it higher chance that it really is important in the long run and it’s the long run which has the most benefit to the world.”

(Donald Knuth)

“Ne croyez pas qu’une chose soit importante sous prétexte qu’elle est à la mode. J’aurais même plutôt tendance à penser complètement l’opposé qui est que si beaucoup de personnes adoptent une certaine idée, je pense qu’elle est probablement mauvaise. Ou si mon travail était devenu trop populaire, j’aurais probablement pensé qu’il fallait que je change. C’est bien sûr complètement ridicule mais je vois si souvent le contraire, lorsque des personnes font des choses contre leur instinct naturel parce qu’elles pensent que la communauté souhaite qu’elles agissent ainsi. Et alors les gens travaillent sur un sujet dont ils savent intérieurement qu’il ne les intéresse pas vraiment parce qu’ils pensent qu’ils obtiendront plus de prestige à travailler sur le sujet en question. Je pense qu’on obtient davantage de prestige en faisant de la science de qualité plutôt qu’en faisant de la science à la mode parce qu’être en accord avec ce que l’on pense vraiment est important, et que ça augmente les chances que ça soit important à long terme et que c’est le long terme qui est le plus bénéfique au monde.”

# L'informatique comme un art

DONALD E. KNUTH

Conférence de remise de récompense

---

[La citation pour la remise de la récompense Turing a été lue par Bernard A. Galler, directeur du Comité de remise de la récompense Turing en 1974, en présentation de cette conférence le 11 novembre à la conférence annuelle de l'ACM à San Diego.]

La récompense A.M. Turing de l'ACM est attribuée chaque année à un individu sélectionné par l'ACM pour ses contributions de nature technique faites à la communauté informatique. En particulier, ces contributions devraient avoir une influence significative sur un segment majeur du domaine de l'informatique.

“La récompense A.M. Turing pour l'année 1974 est attribuée au Professeur Donald E. Knuth de l'Université de Stanford pour ces nombreuses contributions à l'analyse des algorithmes et à la conception des langages de programmation, et en particulier à ses notables contributions à l'“Art de la programmation des ordinateurs” à travers sa série de livres très renommés. Les collections de techniques, d'algorithmes et de théorie dans ces livres a servi de point focal pour développer les curricula informatiques et a influencé l'organisation de l'informatique.”

Une telle présentation formelle ne met pas réellement en perspective le rôle que Don Knuth a joué en informatique, ainsi que dans l'industrie des ordinateurs vue comme un tout. Cela a été mon sentiment par rapport au premier récipiendaire de la récompense Turing, le Professeur Alan J. Perlis, qui à chaque meeting auquel il participe réussit à fournir l'éclairage sur les problèmes discutés qui devient le point focal de la discussion pour le reste de la rencontre. D'une façon très similaire, le vocabulaire, les exemples, les algorithmes, et l'éclairage que Don Knuth a fournis dans son excellente collection de livres et articles a commencé à trouver son chemin dans un très grand nombre de discussions dans la plupart des champs du domaine. Cela n'advient pas aisément. Comme tout auteur le sait, même un seul livre nécessite une grande quantité d'une organisation sans faille et un dur travail. Tous peuvent apprécier la vision claire et la patience et l'énergie avec lesquels Knuth a pu planifier sept volumes et comment il a pu mener à bien son plan si précautionneusement et de façon si approfondie.

Il est remarquable que cette récompense et les autres qu'il a déjà reçues lui soient données après que trois volumes de cette œuvre aient été publiés. Nous sommes maintenant prêts à dire à tous combien nous apprécions le dévouement de Don Knuth et ses contributions à notre discipline. Je suis très heureux d'avoir présidé le Comité qui a choisi Don Knuth comme le récipiendaire de la récompense A.M. Turing Award de l'ACM en cette année 1974.

---

Quand les Communications de l'ACM ont commencé à publier en 1959, les membres du comité éditorial de l'ACM firent la remarque suivante alors qu'ils décrivaient les objectifs des périodiques de l'ACM [2] : “Si la programmation des ordinateurs doit devenir une partie importante de la recherche et du développement des ordinateurs, une transition faisant passer la programmation du statut d'art à celui de discipline scientifique doit avoir lieu.” Un tel objectif a été un thème toujours récurrent les années suivantes ; par exemple, nous lisons en 1970 les “premières étapes en vue de transformer l'art de la programmation en une science” [26]. Pendant tout ce temps, nous avons

---

1974 ACM Turing Copyright ©1974, Association pour les machines à calculer, Inc.

Permission générale de republier, mais non à des fins commerciales, tout ou partie de ce matériau sous réserve que la notice de copyright de l'ACM est fournie et que cette référence soit faite et au fait que l'ACM ait donné son accord. Communications de l'ACM, Décembre 1974, Volume 17, numéro 12.

Adresse de l'auteur, Département d'informatique, Université de Stanford, Stanford, CA 94305

vraiment réussi à transformer notre discipline en science, et d'une façon remarquablement simple : seulement en décidant de l'appeler la "science des ordinateurs".

Sous-jacente à ces remarques, il y a l'idée qu'il n'est pas très désirable qu'un domaine de l'activité humaine soit classé comme un "art"; il doit être une science avant d'acquérir tout statut réel. D'un autre côté, j'ai travaillé plus de 12 ans sur une série de livres appelés "L'Art de la programmation des ordinateurs." Les gens me demandent souvent pourquoi j'ai choisi un tel titre; et en fait, quelques personnes apparemment ne croient pas que je l'aie vraiment fait, puisque j'ai vu au moins une référence bibliographique à mes livres sous la forme l'"Acte de la programmation des ordinateurs."

Dans cet exposé, j'essaierai d'expliquer pourquoi je pense que le mot "Art" est le mot approprié. Je discuterai de ce que cela signifie pour quelque chose d'être un art, par opposition au fait d'être une science; j'essaierai d'examiner si les arts sont de bonnes ou de mauvaises choses; et j'essaierai de montrer qu'un point de vue approprié sur ce sujet nous aidera à améliorer la qualité de ce que nous faisons.

L'une des premières fois où j'ai été interrogé à propos du titre de mes livres eut lieu en 1966, durant le meeting national précédent de l'ACM qui eut lieu dans le sud de la Californie. C'était avant qu'aucun de ces livres n'ait été publié et je me rappelle avoir déjeuné avec un ami à l'hôtel du colloque. Il savait combien j'étais vaniteux, déjà à cette époque, alors il me demanda si j'allais appeler mes livres "Une introduction à Don Knuth." Je lui répondis que, au contraire, j'avais appelé ces livres comme une introduction à *lui*. Son nom était Art Evans, (L'Art de la programmation des ordinateurs en personne.)

De cette histoire, nous pouvons conclure que le mot "art" a plus d'un sens. En fait, un des plus belles choses au monde est qu'il est utilisé selon de nombreux sens différents, chacune de ces acceptions étant assez appropriée pour la programmation des ordinateurs. Lorsque j'ai préparé cet exposé, je suis allé à la bibliothèque pour trouver ce que les gens avait écrit à propos du mot "art" au fil des ans; et après avoir passé quelques jours fascinants parmi les piles de livres, j'en vins à la conclusion que le mot "art" doit être l'un des mots les plus intéressants de la langue anglaise.

## Les arts des anciens

Si l'on revient aux racines latines, on trouve qu'*ars*, *artis* signifie "compétence." Cela est sûrement significatif que le mot grec correspondant soit  $\tau\acute{\epsilon}\chi\upsilon\eta$ , la racine à la fois du mot "technologie" et du mot "technique."

De nos jours, quand on parle d'"art", on pense probablement d'abord aux Beaux-Arts, comme la peinture et la sculpture, mais avant le vingtième siècle, le mot était généralement utilisé dans un sens plutôt différent. Puisque cet ancien sens de "art" perdure dans de nombreux idiomes, particulièrement lorsque nous opposons l'art et la science, je voudrais prendre quelques minutes pour vous parler de l'art au sens classique du terme.

Au Moyen-Âge, les premières universités furent créées pour enseigner les "arts libéraux", que sont

la grammaire, la rhétorique, la logique, l'arithmétique, la géométrie, la musique et l'astronomie. Notez combien cela diffère du curriculum enseigné dans les lycées d'arts libéraux de nos jours, ainsi que la manière dont trois des sept arts libéraux initiaux sont des composants importants de l'informatique. À cette époque, un "art" était une activité conçue par l'intellect humain, par opposition aux activités dérivées de la nature ou de l'instinct ; les arts "libéraux" étaient libérés, ou libres, par opposition aux arts manuels, comme le labour (cf. [6]). Au Moyen-Âge, le mot "art" lui-même désignait habituellement la logique [4], qui était alors l'étude des syllogismes.

## Science vs. Art

Le mot "science" semble avoir été utilisé pendant de nombreuses années à peu près dans le même sens que le mot "art" ; par exemple, les gens parlaient également des sept sciences libérales, qui étaient identiques aux sept arts libéraux [1], Duns Scotus au treizième siècle appelait la logique "la Science des Sciences, et l'Art des Arts" (cf. [12, p. 34f]). Alors que la civilisation et les connaissances se développaient, les mots prirent des significations de plus en plus indépendantes, le mot "science" étant utilisé pour désigner les connaissances, et le mot "art" pour l'application des connaissances. Ainsi, la science astronomique était la base de l'art de la navigation. La situation ressemblait à la manière dont aujourd'hui, nous faisons la distinction entre la "science" et l'"ingénierie."

De nombreux auteurs ont écrit à propos des relations entre art et science au dix-neuvième siècle, et je crois que les meilleurs arguments ont été donnés par John Stuart Mill. Il a dit les choses suivantes, parmi d'autres, en 1843 [28] :

Plusieurs sciences sont souvent nécessaires pour former le socle d'un seul art. Telle est la complexité des affaires des hommes, qui permet que pour qu'une seule chose soit *faite*, il est souvent nécessaire de *connaître* la nature et les propriétés de nombreuses choses... L'art en général consiste à assembler les vérités de la science, de la manière la plus efficace pour que cet art soit pratiqué, plutôt que de la manière la plus efficace pour que cet art soit pensé. Les domaines scientifiques groupent et arrangent leurs vérités de manière à nous permettre d'appréhender autant que possible d'un seul regard l'ordre général de l'univers. L'art... assemble les vérités de différents domaines de la science éloignés les uns des autres, vérités liées à la production de conditions différentes et hétérogènes nécessaires à chaque effet que nécessitent les exigences de la vie pratique.

Comme je regardais ces choses à propos de la signification du mot "art," je trouvai que les auteurs parlaient d'une transition de l'art à la science durant au moins deux siècles. Par exemple, on trouve dans la préface d'un livre de minéralogie, écrit en 1784, la phrase suivante [17] : "Avant l'année 1780, la minéralogie, bien qu'elle ait pu vraiment être perçue par beaucoup comme un art, pouvait difficilement être considérée comme une science."

Selon la plupart des dictionnaires, le mot "science" signifie une connaissance qui a été logiquement organisée et systématisée sous la forme de "lois" générales. L'avantage de la science est qu'elle nous préserve de la nécessité de penser aux choses dans chaque cas particulier ; nous pouvons orienter nos pensées vers des concepts de plus haut niveau. Comme l'a écrit John Ruskin en 1853 [32] : "Le travail de la science consiste à remplacer les apparences par des faits, et les impressions par des

démonstrations.”

Il me semble que si les auteurs que j’ai étudiés écrivaient de nos jours, ils seraient d’accord avec la caractérisation suivante : la science est une connaissance que nous comprenons si bien que nous pouvons l’inculquer à un ordinateur ; et si nous ne comprenons pas correctement quelque chose, c’est un art que d’y faire face. Puisque la notion d’algorithme et de programme d’ordinateur nous fournit un test extrêmement utile pour connaître la profondeur de notre connaissance de n’importe quel sujet, le processus consistant à aller de l’art vers la science signifie que nous apprenons à automatiser ce processus.

L’intelligence artificielle a fait des progrès significatifs, même s’il reste un écart énorme entre ce que les ordinateurs pourront faire dans un futur proche et ce que les gens ordinaires sont capables de faire. Les processus mystérieux mis en œuvre par les personnes lorsqu’elles parlent, écoutent, créent, et même lorsqu’elles programment, sont hors de portée de la science ; presque tout ce que nous faisons est encore artisanal.

De ce point de vue, il est certainement souhaitable de faire de l’informatique une science, et nous avons en effet suivi un long chemin pendant ces 15 années nous séparant de la publication des remarques que j’ai citées au début de mon intervention. Il y a quinze ans, la programmation des ordinateurs était si mal comprise que presque personne ne pensait à prouver que les programmes étaient corrects ; nous nous dépatouillons avec un programme jusqu’à ce que nous “sachions” qu’il marchait. À ce moment-là, nous ne savions même pas comment exprimer le *concept* de correction d’un programme, d’une façon rigoureuse quelle qu’elle soit. C’est seulement dans les années récentes que nous avons appris le processus d’abstraction par lequel les programmes sont écrits et compris ; et cette nouvelle connaissance à propos de la programmation est en train de produire de gros gains en pratique, même si peu de programmes sont vraiment prouvés comme étant corrects selon une parfaite rigueur, puisque nous commençons à comprendre les principes de la structure des programmes. Le point important est que quand nous écrivons des programmes aujourd’hui, nous savons que nous pourrions en principe construire des preuves formelles de leur correction si nous le voulions vraiment, maintenant que nous comprenons comment de telles preuves doivent être écrites. Cette base scientifique résultent dans des programmes plus robustes que ceux que nous écrivions aux premiers jours de l’informatique quand l’intuition était la seule base étayant la correction des programmes.

Le domaine de la “programmation automatique” est l’un des champs de recherche les plus vastes de l’intelligence artificielle aujourd’hui. Ses partisans rêveraient de donner une conférence intitulée “la programmation des ordinateurs comme artefact” (signifiant que la programmation serait simplement devenue une relique des jours passés), parce que leur objectif est de créer des machines qui écriraient des programmes mieux que nous, en leur donnant seulement les spécifications d’un problème. Personnellement, je ne pense pas qu’un tel but soit jamais atteint, mais je pense que leur recherche est extrêmement importante, parce que tout ce que nous apprenons au sujet de la programmation nous aide à améliorer notre propre art. En ce sens-là, nous devrions sans cesse nous efforcer de transformer *tout* art en une science : dans ce processus, nous faisons avancer l’art.

## Science et Art

Notre exposé montre que la programmation des ordinateurs est maintenant *à la fois* une science et un art, et que les deux aspects se complètent joliment l'un l'autre. Apparemment la plupart des auteurs qui étudient une telle question aboutissent à cette même conclusion, que leur sujet est à la fois une science et un art, quel que soit leur sujet (cf. [25]). J'ai trouvé un livre au sujet de la photographie, écrit en 1893, qui énonçait que "le développement de l'image photographique est à la fois un art et une science" [13]. En fait, quand j'ai ouvert un dictionnaire pour la première fois pour étudier les définitions des mots "art" et "science," j'ai jeté un œil aux préfaces des éditeurs, qui commençaient par dire "L'écriture d'un dictionnaire est à la fois une science et un art." L'éditeur du dictionnaire Funk & Wagnall [27] a observé que l'accumulation méticuleuse et la classification des données à propos des mots a un caractère scientifique, dans la mesure où l'écriture de définitions contenant des mots bien choisis nécessite d'être capable d'écrire avec économie et précision : "La science sans l'art est susceptible d'être inefficace ; l'art sans la science est de façon certaine inapproprié."

En préparant cette conférence, j'ai parcouru le catalogue des cartes à la bibliothèque de Stanford pour voir comment d'autres personnes avaient utilisé les mots "art" et "science" dans les titres de leurs livres. Cela s'est avéré assez intéressant.

Par exemple, j'ai trouvé deux livres intitulés *L'art de jouer du piano* [5, 15], et d'autres appelés *La science de la technique du pianoforte* [10], *La science de la pratique du pianoforte* [30]. Il y a également un livre appelé *L'art de jouer du piano : une approche scientifique* [22].

J'ai aussi trouvé un joli petit livre intitulé *L'art doux des mathématiques* [31], qui m'a rendu assez triste parce que je ne peux honnêtement décrire la programmation des ordinateurs comme un "art doux".

Je connaissais depuis plusieurs années un livre dont le titre est *L'art du calcul*, publié à San Francisco, en 1879, par un homme nommé C. Frusher Howard [14]. C'était un livre sur l'arithmétique pratique pour les affaires qui avait été vendu à 400 000 exemplaires dans plusieurs éditions depuis 1890. J'avais été amusé par la lecture de la préface de ce livre, puisqu'elle montre que la philosophie d'Howard et l'intention de son titre étaient quelque peu différentes des miennes ; il écrit : "La connaissance de la science des nombres est d'une importance mineure ; la compétence dans l'art du calcul est absolument indispensable."

Plusieurs livres mentionnent à la fois la science et l'art dans leur titre, notamment *La science d'être et l'art de vivre* de Maharishi Mahesh Yogi [24]. Il y a aussi un livre dont le titre est *L'art de la découverte scientifique* [11], qui analyse comment ont été faites quelques unes des grandes découvertes de la science.

Voici tout ce qu'on peut trouver à propos du mot "art" dans son acception classique. Vraiment lorsque j'ai choisi ce titre pour mes livres, je ne pensais pas en premier lieu à l'art dans ce sens-là, je pensais davantage à ses acceptions courantes. Le livre probablement le plus intéressant qui se présenta à moi durant ces recherches est un livre relativement récent de Robert E. Mueller intitulé

*La science de l'art* [29]. De tous les livres que j'ai mentionnés, celui de Mueller est le plus proche de ce que je souhaitais être le thème central de mon allocution aujourd'hui, par rapport à l'art tel que nous entendons ce terme maintenant. Il observe : "On a un jour pensé que les perspectives imaginatives de l'artiste signaient la mort du scientifique. Et que la logique de la science semblait jeter un sort à tous les vols artistiques de la fantaisie." Il continue à explorer les avantages qui résultent effectivement d'une synthèse entre la science et l'art.

Une approche scientifique est en général caractérisée par les mots logique, systématique, impersonnelle, calme, rationnelle, alors qu'une approche artistique est caractérisée par les mots esthétique, créative, humanitaire, anxieuse, irrationnelle. Il me semble que ces deux approches apparemment contradictoires sont très appropriées pour qualifier la programmation des ordinateurs.

Emma Lehmer a écrit en 1956 qu'elle avait trouvé que la programmation était "une science exigeante autant qu'un art intrigant" [23]. H.S.M. Coxeter remarqua en 1957 qu'il se percevait lui-même "plus comme un artiste que comme un scientifique." [7]. C'est à cette époque que C.P. Snow tirait la sonnette d'alarme au sujet de la polarisation grandissante entre "deux cultures" des personnes cultivées [34, 35]. Il insista sur le fait que nous avons besoin de combiner les valeurs scientifiques et artistiques si nous voulions réellement progresser.

## Les œuvres d'art

Lorsque je suis auditeur d'une longue conférence, mon attention tend à diminuer à peu près à ce moment dans l'heure. Par conséquent, je me demande si vous commencez à être las de ma harangue à propos de la "science" et de l'"art"? J'espère vraiment que vous pourrez écouter attentivement ce qui va suivre, parce que c'est maintenant qu'arrive la partie que je ressens la plus profondément.

Quand je parle de programmation des ordinateurs comme un art, je pense d'abord à elle comme à une *forme* d'art, au sens esthétique du terme. Le but principal de mon travail en tant qu'enseignant et auteur est d'aider les gens à apprendre à écrire de *beaux programmes*. C'est pour cette raison que j'étais particulièrement heureux d'apprendre récemment [32] que mes livres étaient présentés dans la bibliothèque des Beaux-Arts à l'Université Cornell. (Pourtant, il semblerait que les trois volumes soient soigneusement restés sur l'étagère, sans être utilisés, et je crains que les bibliothécaires n'aient fait une erreur en interprétant leur titre d'une manière trop littérale.)

Mon sentiment est que quand nous préparons un programme, cela peut être comme lorsque nous composons un poème ou un morceau de musique; comme l'a dit Andrei Ershov [9], la programmation peut nous donner à la fois une satisfaction intellectuelle et une satisfaction émotionnelle, parce que cela consiste effectivement à maîtriser la complexité et à établir un système de règles consistantes.

En outre, quand nous lisons les programmes des autres, nous pouvons voir certains d'entre eux comme de véritables œuvres d'art d'ingéniosité. J'ai encore le souvenir du grand frisson que j'ai ressenti en lisant le listing du programme en assembleur de Stan Poley SOAP II en 1958; vous pensez probablement que je suis fou, et les styles ont probablement beaucoup changé depuis lors, mais à ce moment-là, cela avait beaucoup de signification pour moi que de voir à quel point un programme

système pouvait être élégant, spécialement en le comparant aux autres codes maladroits que j'avais trouvés dans d'autres listings que j'avais étudiés au même moment. La possibilité d'écrire de beaux programmes, même en assembleur, est ce qui m'a accroché à la programmation en premier lieu.

Certains programmes sont élégants, d'autres sont exquis, d'autres sont pétillants. Ce que je prétends, c'est qu'il est possible d'écrire de *grands* programmes, de *nobles* programmes, des programmes vraiment *magnifiques* !

## Le goût et le style

L'idée d'un *style* de programmation devient d'avant-garde maintenant, et j'espère que la plupart d'entre vous avez vu l'excellent petit livre sur les *Éléments de style de programmation* de Kernighan et Plauger [16]. Dans cette relation faite ici, il est plus important de rappeler pour nous tous qu'il n'y a pas un style "meilleur" qu'un autre ; tout le monde a ses propres préférences, et c'est une erreur que d'essayer de forcer les gens à entrer dans un moule qui ne leur serait pas naturel. Nous entendons souvent dire "Je ne connais rien à l'art, mais je sais ce que j'aime". La chose importante est que vous *aimiez* vraiment le style qui est le vôtre ; cela devrait être la façon par laquelle vous préférez vous exprimer.

Edsger Dijkstra a souligné ce point dans la préface de sa *Courte introduction à l'art de la programmation* [8] :

Mon but est de transmettre l'important du bon goût et du style dans la programmation, [mais] les éléments spécifiques de style qui seront présentés ne serviront qu'à illustrer quels bénéfices peuvent être tirés du "style" en général. Selon ce point de vue, je me sens comme le professeur de composition au conservatoire : il n'apprend pas à ses élèves à composer une symphonie particulière, il les aide à trouver leur propre style et doit leur expliquer ce que cela implique. (C'est cette analogie qui m'a fait parler de "l'art de la programmation." )

Maintenant nous devons nous demander "Qu'est-ce qu'un bon style et qu'est-ce qu'un mauvais style?" Nous ne devrions pas être trop rigides par rapport à cela en jugeant le travail d'autrui. Le philosophe du début du dix-neuvième siècle Jeremy Bentham a noté cela ainsi [3, Bk. 3, Ch. 1] :

Les juges de l'élégance et du bon goût se considèrent comme des bienfaiteurs de l'humanité, alors qu'ils ne sont que les interrupteurs de son plaisir... Il n'y a pas de goût qui mérite l'épithète *bon*, à moins que ça ne soit un goût qui soit utilisé de telle manière que, par le plaisir qu'il procure vraiment, il procure également une utilité simultanée ou future : il n'y a pas de goût qui puisse mériter d'être qualifié de mauvais, à moins qu'il soit le goût pour une activité qui est d'une mauvaise tendance.

Quand nous appliquons nos propres préjugés pour "réformer" le goût de quelqu'un d'autre, nous pouvons inconsciemment lui dénier un plaisir totalement légitime. C'est pour cette raison que je ne condamne pas de nombreuses choses que les programmeurs font, même si je n'appréciais jamais de les faire moi-même. La chose importante est qu'ils sont en train de créer quelque chose dont *ils*

ont le sentiment que c'est beau.

Dans le passage que je viens juste de citer, Bentham nous donne effectivement quelque avis à propos de certains principes d'esthétique qui sont meilleurs que d'autres, notamment l'"utilité" du résultat. Nous avons quelque liberté pour choisir nos propres standards de beauté, mais ce qui est particulièrement bien, c'est lorsque ce que nous trouvons nous-même comme beau est perçu par d'autres comme étant utile. Je dois concéder que j'apprécie vraiment d'écrire des programmes qui font le plus de bien, dans un certain sens.

Il y a de nombreux sens selon lesquels un programme peut-être "bon", bien sûr. En premier lieu, c'est particulièrement bon d'avoir un programme qui fonctionne correctement. Deuxièmement, c'est souvent bon d'avoir un programme qu'il ne sera pas trop compliqué de modifier, quand il faudra l'adapter à une nouvelle situation. Ces deux objectifs sont atteints lorsque le programme est à la fois facile à lire et compréhensible par une personne qui connaît le langage approprié.

Une autre façon importante pour un programme produit d'être bon, c'est qu'il soit capable d'interagir harmonieusement avec ses utilisateurs, spécialement en se comportant agréablement malgré les erreurs fournies en données par les utilisateurs. C'est vraiment un art de concevoir des messages d'erreur suffisamment significatifs ou d'anticiper des formats d'entrées suffisamment flexibles qui ne sont pas sources d'erreurs de la part de l'utilisateur.

Un autre aspect important de la qualité d'un programme est son efficacité à utiliser les ressources machine. Je suis désolé de dire que de nombreuses personnes de nos jours condamnent l'efficacité des programmes, en nous disant que c'est de mauvais goût de s'en préoccuper. La raison de cela est que nous sommes dans une époque de réaction par rapport à une époque récente dans laquelle l'efficacité était le seul critère d'évaluation des algorithmes, et les programmeurs dans le passé avaient tendance à être si préoccupés par l'efficacité qu'ils produisaient du code inutilement compliqué; le résultat de cette complexité non-nécessaire a été que les préoccupations à propos de l'efficacité ont chuté, notamment à cause des difficultés de debugging et de maintenance de ces programmes si compliqués.

Le problème effectif est que les programmeurs ont dépensé trop de temps à s'interroger sur l'efficacité des programmes aux mauvais endroits et aux mauvais moments; une optimisation prématurée est la source de tous les dangers (ou du moins de nombreux d'entre eux) en programmation.

Nous ne devrions pas nous perdre dans les détails et être globalement dispendieux, mais nous ne devrions pas non plus penser à l'efficacité uniquement en termes de tant de pourcent de gain ou perte sur un temps d'exécution, ou un espace utilisé. Quand nous achetons une voiture, beaucoup d'entre nous ne sommes pas trop regardant sur une différence de 50 ou 100 \$ sur le prix, alors que nous serions parfois capables d'aller dans un magasin particulier pour acheter quelque chose à seulement 25 ¢ au lieu de 50 ¢. Mon idée par rapport à ce problème est qu'il y a un temps et un lieu pour l'efficacité; j'ai discuté de ce sujet dans mon article sur la programmation structurée, qui paraît dans le numéro consultable en ce moment des *Computing Surveys* [21].

## Moins de facilités : davantage de plaisir

Une chose plutôt curieuse que j'ai noté au sujet de la satisfaction esthétique est que notre plaisir est significativement augmenté quand nous réalisons quelque chose avec des outils limités. Par exemple, le programme dont je suis le plus content est un compilateur que j'ai un jour écrit pour un mini-ordinateur primitif qui avait seulement 4096 mots de mémoire, 16 bits par mot. Cela fait que l'on se sent vraiment être un virtuose lorsqu'on réussit à faire quelque chose dans des conditions si drastiques.

Un phénomène similaire a lieu dans beaucoup d'autres contextes. Par exemple, les gens tombent souvent amoureux de leur Volkswagen mais rarement de leur Lincoln Continental (qui marche vraisemblablement mieux). Quand j'ai appris à programmer, c'était un passe-temps populaire que de faire un maximum de choses avec des programmes qui tenaient sur une seule carte perforée. Je suppose que c'est le même phénomène qui fait savourer aux enthousiastes d'APL leurs programmes "tenant-en-une-ligne". Quand nous enseignons la programmation de nos jours, c'est un fait curieux que nous ne saisissons pas la passion d'un étudiant pour l'informatique jusqu'à ce qu'il ait également eu un cours avec les "mains dans le cambouis" de l'expérience de la programmation sur mini-ordinateur. L'utilisation de grosses machines avec leur système d'exploitation bizarre ne semble pas occasionner une quelconque passion pour la programmation, du moins pas au début.

La façon d'appliquer ce principe pour augmenter le plaisir que les programmeurs ont dans leur travail n'est pas évidente. Les programmeurs gémiraient sûrement si leur chef leur annonçait soudain que leur nouvel ordinateur aura seulement moitié moins de mémoire que l'ancien. Et je ne pense pas que l'on puisse attendre de quiconque, même pas du plus dévoué des "artistes programmeurs", qu'il accueille une telle éventualité de gaieté de cœur, parce que personne n'aime perdre ses acquis sans bonne raison. Un autre exemple peut aider à clarifier la situation : les réalisateurs ont fermement résisté à l'introduction du cinéma parlant dans les années 1920 parce qu'ils étaient fiers à juste titre de la manière dont ils pouvaient faire passer des messages dans leurs films muets. Un véritable artiste programmeur pourrait bien ressentir l'introduction de matériels plus puissants de la même façon ; les matériels de stockage de masse font pâlir nos méthodes de tri à l'ancienne. Mais aujourd'hui, les réalisateurs ne veulent plus revenir au cinéma muet, non pas parce qu'ils sont fainéants, mais parce qu'ils savent qu'il est parfaitement possible de faire de très beaux films en utilisant la technologie améliorée. La forme de leur art a changé, mais il reste toujours beaucoup de place pour l'art.

Comment ont-ils développé leur compétence ? Les meilleurs réalisateurs de films à travers les années semblent en général avoir appris leur art dans des circonstances relativement primitives, souvent dans d'autres pays avec une industrie cinématographique limitée. Et dans les dernières années, les choses les plus importantes que nous ayons apprises à propos de la programmation semblent avoir démarré avec des personnes qui n'avaient pas accès à des ordinateurs trop grands. La morale de cette histoire, il me semble, est que nous devrions utiliser l'idée des ressources limitées dans notre propre enseignement. Nous pouvons tous tirer du bénéfice du fait d'écrire à l'occasion des programmes "jouets", quand les restrictions artificielles sont levées, ainsi nous sommes forcés de pousser nos facultés à leur limite. Nous ne devrions pas vivre dans l'habitude constante du luxe, puisque cela a tendance à nous rendre léthargiques. L'art d'attaquer des mini-problèmes avec toute notre énergie aiguisera nos talents pour les problèmes réels, et l'expérience nous aidera à être plus

heureux encore lorsque nous réussirons sur des équipements moins restreints.

Dans une veine similaire, nous ne devrions pas avoir peur de faire de “l’art pour l’art” ; nous ne devrions pas nous sentir coupable à propos de programmes qu’on écrit juste pour le plaisir. J’ai vraiment pris mon pied en écrivant une fois un programme en ALGOL d’une seule instruction qui faisait appel à une procédure interne d’une telle façon qu’il calculait le  $m$ -ième nombre premier, plutôt que le produit intérieur [19]. Il y a quelques années, des étudiants de Stanford étaient excités d’avoir trouvé le programme FORTRAN le plus court qui s’imprimait lui-même, au sens où la sortie du programme était son propre code source. Le même problème a été considéré dans de nombreux autres langages. Je ne pense pas que c’était une perte de temps pour eux de travailler là-dessus ; et Jeremy Bentham, que j’ai déjà cité plus haut, n’aurait pas dénié l’“utilité” de telles utilisations du temps [3, Bk. 3, Ch. 1]. “Au contraire,” écrit-il, “il n’y a rien dont l’utilité ne soit plus incontestable. À quoi l’utilité peut-elle être attribuée, si elle ne l’est pas à quelque chose qui est source de plaisir ?”

### Fournir de beaux outils

Une autre caractéristique de l’art moderne est l’insistance qu’elle place dans la créativité. Il semblerait que de nombreux artistes de nos jours ne se soucient de rien moins que de créer de belles choses ; c’est seulement la nouveauté d’une idée qui importe. Je ne considère pas que la programmation des ordinateurs pourrait ressembler à l’art moderne selon ce sens-là, mais cela m’amène à une observation qui me semble importante. Parfois nous sommes contraints d’effectuer une tâche de programmation qui est désespérément terne, ne nous permettant aucune échappatoire créative ; et à ce moment-là, quelqu’un pourrait très bien me dire, “alors, c’est beau la programmation ? C’est bien beau de crier que je devrais prendre un grand plaisir à créer des programmes élégants et charmants, mais comment suis-je supposé transformer tout ce bazar en travail d’art ?” Bon, c’est vrai, toutes les tâches de programmation ne vont pas forcément être amusantes. Considérons la “ménagère” qui doit chaque jour nettoyer la même table : il n’y a pas forcément de place pour la créativité ou l’art dans toute situation. Mais même dans de tels cas, il y a moyen de faire une grosse amélioration : c’est toujours un plaisir de faire des travaux de routine si vous avez de beaux outils avec lesquels les faire. Par exemple, une personne aura vraiment plaisir à nettoyer la table, jour après jour, si c’est une table merveilleusement bien ouvragée avec un bois de luxe.

Donc je veux adresser mes remarques terminales aux programmeurs systèmes et aux concepteurs de machines qui produisent les outils avec lesquels le reste d’entre nous travaillons. *S’il vous plaît*, donnez-nous des outils qui sont agréables à utiliser, spécialement pour nos travaux de routine, au lieu de fournir quelque chose avec quoi nous devons nous battre. *S’il vous plaît*, donnez-nous des outils qui nous encouragent à écrire de meilleurs programmes, en augmentant notre plaisir quand nous le faisons.

C’est très difficile pour moi de convaincre de jeunes gens que la programmation est belle, quand la première chose que je dois leur dire est comment taper “slash slash JOB égal etc, etc.” Même les langages pour le travail de contrôle peuvent être conçus de telle façon que c’en est un plaisir que de les utiliser, au lieu d’être strictement fonctionnel.

Les concepteurs de matériels informatiques peuvent faire que leurs machines soient beaucoup plus

agréables à utiliser, par exemple en fournissant une arithmétique des réels qui satisfasse des lois mathématiques simples. Les possibilités offertes par la plupart des machines actuellement en vente rendent le travail d'analyse rigoureuse des erreurs difficile et sans espoir, mais les opérations proprement conçues devraient encourager les analystes numériques à fournir de meilleures sous-procédures dont la précision a été certifiée (cf. [20, p. 204]).

Considérons aussi ce que peuvent faire les concepteurs de logiciels. La meilleure manière de rester dans l'esprit d'un utilisateur système est de lui fournir des procédures avec lesquelles il peut interagir. Nous ne devrions pas rendre les systèmes trop automatiques, de telle façon que l'action part toujours derrière la scène; nous devons offrir à l'utilisateur programmeur une possibilité de diriger sa créativité vers des canaux utiles. Une chose que tous les programmeurs ont en commun est qu'ils apprécient de travailler avec des machines; alors gardons-les dans la boucle. Certaines tâches sont mieux faites par la machine alors que d'autres sont mieux faites par les humains; et un système convenablement spécifié trouvera l'équilibre correct. (J'ai essayé d'éviter une automatisation mal-dirigée pendant de nombreuses années, cf. [18].)

Les outils d'évaluation des programmes sont un bon cas d'école. Pendant des années, les programmeurs ne savaient pas comment étaient effectivement distribués les coûts de calcul dans leurs programmes. L'expérience montre que presque tous les programmeurs ont une mauvaise idée de l'endroit effectif où se situent les nœuds d'engorgement de leurs programmes; il n'est pas étonnant que les tentatives pour tendre vers plus d'efficacité se trompent, si on ne donne jamais au programmeur une estimation de la baisse des coûts selon les lignes de code qu'il a écrites. Sa tâche ressemble à celle d'un couple de jeunes mariés qui essaient de programmer un budget équilibré sans connaître le coût des items individuels comme la nourriture, le logement, l'habillement. Tout ce que nous avons fourni aux programmeurs, c'est un compilateur optimisé, qui fait mystérieusement quelque chose aux programmes qu'il traduit, mais qui n'explique jamais ce qu'il fait. Heureusement, nous voyons apparaître des systèmes qui accordent à l'utilisateur un peu de crédit pour son intelligence; ils fournissent automatiquement une instrumentation des programmes et un retour à propos des coûts effectifs. Ces systèmes expérimentaux ont rencontré un franc succès, parce qu'ils produisent des améliorations mesurables, et spécialement aussi parce qu'ils sont marrants à utiliser, donc j'ai confiance sur le fait que ce n'est qu'une affaire de temps avant que l'utilisation de tels systèmes devienne une manière standard de procéder. Mon article dans *Computing Surveys* [21] discute de cela plus avant, et présente quelques idées d'autres manières selon lesquelles une procédure interactive peut améliorer la satisfaction des programmeurs utilisateurs.

Les concepteurs de langage aussi ont une obligation de fournir des langages qui encouragent un bon style, dans la mesure où nous savons tous combien le style est fortement influencé par le langage dans lequel il s'exprime. Le sursaut d'intérêt actuel pour la programmation structurée a révélé qu'aucun de nos langages existant n'est vraiment idéal pour gérer la structure des programmes et des données, et on ne sait pas encore de façon claire comment devrait être un tel langage idéal. Par conséquent, je regarderai attentivement les expériences de conception des langages qui seront faites dans les quelques prochaines années.

## Résumé

Pour résumer : nous avons vu que la programmation des ordinateurs est un art, parce qu'elle applique des connaissances accumulées au monde, parce qu'elle requiert des compétences et de l'ingéniosité, et particulièrement parce qu'elle produit des objets de beauté. Un programmeur qui se voit inconsciemment lui-même comme un artiste appréciera davantage ce qu'il fait et le fera mieux. Ainsi, nous pouvons nous réjouir du fait que les personnes qui donnent des conférences d'informatique parlent de *l'état de l'Art*.

## Références

1. Bailey, Nathan. *The Universal Etymological English Dictionary*, T. Cox, London, 1727, See "Art," "Liberal," and "Science."
2. Bauer, Walter F., Juncosa, Mario L., and Perlis, Alan J. ACM publication policies and plans. *J. ACM* 6 (Apr. 1959), 121-122.
3. Bentham, Jeremy. *The Rationale of Reward*. Trans. from *Théorie des peines et des récompenses*, 1811, by Richard Smith. J. & H. L. Hunt, London, 1825.
4. *The Century Dictionary and Cyclopaedia 1*. The Century Co., New York, 1889.
5. Clementi, Muzio. *The Art of Playing the Piano*. Trans. from *L'art de jouer le pianoforte* by Max Vogrich. Schirmer, New York, 1898.
6. Colvin, Sidney. "Art." *Encyclopaedia Britannica*, eds 9, 11, 12, 13, 1875-1926.
7. Coxeter, H. S. M. Convocation address, Proc. 4th Canadian Math. Congress, 1957, pp. 8-10.
8. Dijkstra, Edsger W. *EWD316 : A Short Introduction to the Art of Programming*. T. H. Eindhoven, The Netherlands, Aug. 1971.
9. Ershov, A. P. Aesthetics and the human factor in programming, *Comm. ACM* 15 (July 1972), 501-505.
10. Fielden, Thomas. *The Science of Pianoforte Technique*. Macmillan, London, 1927.
11. Gore, George, *The Art of Scientific Discovery*. Longmans, Green, London, 1878.
12. Hamilton, Willian, *Lectures on Logic 1*. Wm. Blackwood, Edinburgh, 1874.
13. Hodges, John A. *Elementary Photography : The "Amateur Photographer" Library 7*. London, 1893. Sixth ed, revised and enlarged, 1907, p. 58.
14. Howard, C. Frusher. Howard's *Art of Computation* and golden rule for equation of payments for schools, business colleges and self-culture.... C.F. Howard, San Francisco, 1879.
15. Hummel, J.N. *The Art of Playing she Piano Forte*. Boosey, London, 1827.
16. Kernighan B.W., and Plauger, P.J. *The Elements of Programming Style*. McGraw-Hill, New York, 1974.

17. Kirwan, Richard. *Elements of Mineralogy*. Elmsly, London, 1784.
18. Knuth, Donald E, Minimizing drum latency time. *J. ACM* 8 (Apr. 1961), 119-150.
19. Knuth, Donald E., and Merner, J.N. ALGOL 60 confidential. *Comm. ACM* 4 (June 1961), 268-272.
20. Knuth, Donald E. *Seminumerical Algorithms : The Art of Computer Programming 2*. Addison-Wesley, Reading, Mass., 1969.
21. Knuth, Donald E. Structured programming with go to statements, *Computing Surveys* 6 (Dec. 1974), pages in makeup.
22. Kochevitsky, George. *The Art of Piano Playing : A Scientific Approach*. Summy-Birchard, Evanston, III, 1967.
23. Lehmer, Emma. Number theory on the SWAC. *Proc. Symp. Applied Math.* 6, Amer. Math. Soc. (1956), 103-108.
24. Mahesh Yogi, Maharishi. *The Science of Being and Art of Living*. Allen & Unwin, London, 1963.
25. Malevinsky, Moses L. *The Science of Playwriting*. Brentano's, New York, 1925.
26. Manna, Zohar, and Pnueli, Amir. Formalization of properties of functional programs. *J. ACM* 17 (July 1970), 555-569.
27. Marckwardt, Albert H. Preface to *Funk and Wagnall's Standard College Dictionary*. Harcourt, Brace & World, New York, 1963, vii.
28. Mill, John Stuart. *A System of Logic, Ratiocinative and Inductive*. London, 1843, The quotations are from the introduction, §2, and from Book 6, Chap. 11 (12 in later editions), §5.
29. Mueller, Robert E. *The Science of Art*. John Day, New York, 1967.
30. Parsons, Albert Ross. *The Science of Pianoforte Practice*. Schirmer, New York, 1886.
31. Pedoe, Daniel. *The Gentle Art of Mathematics*. English U. Press, London, 1953.
32. Ruskin, John. *The Stones of Venice* 3. London, 1853.
33. Salton, G.A. Personal communication, June 21, 1974.
34. Snow, C.P. *The two cultures*. *The New Statesman and Nation* 52 (Oct. 6, 1956), 413-414.
35. Snow, C.P. *The Two Cultures : and a Second Look*. Cambridge University Press, 1964.

# L'informaticien qui ne peut pas s'arrêter de raconter des histoires

DONALD E. KNUTH

Pour le pionnier de l'informatique Donald Knuth, une bonne programmation est synonyme d'une belle expression.

Susan D'Agostino, 16 avril 2020

Donald Knuth est un informaticien majeur de sa discipline. Pendant les années du démarrage de l'informatique, dans le milieu du siècle dernier, une compagnie fabriquant du sucre lança un concours qui consacra les talents de Donald Knuth alors qu'il avait 13 ans. Le concours demandait aux enfants de déterminer le nombre de mots qu'on pourrait faire avec les lettres de la société : Ziegler's Giant Bar. C'était un problème bien défini avec différentes parties, juste le genre de problème qu'il adorait.

“J'ai eu une période obsessionnelle-compulsive qui m'a dirigé vers les problèmes digitaux, discrets. Et j'adore me pencher sur de grandes quantités d'information”, dit Knuth.

Knuth feuilleta méthodiquement le dictionnaire intégral Funk & Wagnalls de 2000 pages de sa famille. Il réussit même à convaincre ses parents qu'il était malade, gagnant deux semaines loin de l'école pour travailler sur ce problème. Après avoir étiqueté les index avec des entêtes comme “Aa,” “Ab” et “Ba” basés sur les commencements possibles des mots utilisant les lettres de la société sucrière, il éplucha les colonnes du dictionnaire en notant les mots qui devaient être conservés. Il découvrit qu'il pouvait sauter des sections entières du dictionnaire, comme les pages commençant par la lettre “C,” ou bien les sections des mots commençant par “B” et dont la deuxième lettre était “U.”

Les instances officielles du concours avaient identifié environ 2 000 mots qui pouvaient leur être fournis, mais Knuth en trouva plus de 4 700. Son gain au concours fut un spot publicitaire à la télévision et du chocolat pour toute sa classe. Il continuerait à gagner de nombreuses autres récompenses, incluant la première récompense Grace Murray Hopper de l'ACM Award, la médaille nationale de la Science et la récompense A.M. Turing.

Knuth finit par agréger ses deux amours des problèmes discrets digitaux et des larges collections d'informations dans son œuvre majeure, *L'Art de la programmation des ordinateurs* - une série de livres qu'il commença à écrire pendant ses études en 1962 et qui n'est toujours pas achevée. Il publia le volume 1 en 1968, et la version actuelle en est sa 42<sup>ème</sup> réimpression. Le volume 2 suivit en 1969 et le volume 3 en 1973. Donald Knuth était alors professeur d'informatique à l'Université Stanford, mais le fait que son travail puisse l'empêcher de terminer ses livres l'inquiétait. Alors il prit un congé sabbatique en 1990 et il prit sa retraite en 1993

---

traduction (Denise Paule Vella-Chemla, 11.10.2020) d'un article de Quanta magazine, lisible ici <https://www.quantamagazine.org/computer-scientist-donald-knuth-cant-stop-telling-stories-20200416/>.

pour passer le reste de sa vie à terminer l'ensemble des sept volumes. Maintenant âgé de 82 ans, il travaille dur sur la partie B du volume 4, et il anticipe que ce volume aura au moins six parties de A à F.

*L'Art de la programmation des ordinateurs* est plus qu'un manuel d'utilisation. Comme Isaac Asimov et Eric Temple Bell ont tissé dans leurs romans et autour de leurs personnages des histoires de science et de math, Knuth se régale à raconter des histoires d'informatique.

“Le meilleur moyen de communiquer d'un être humain à un autre consiste à raconter une histoire,” dit-il.

Cette passion pour la communication l'a aidé à jouer un rôle mettant en vedette son œuvre majeure dans l'histoire de l'informatique. Lorsque son éditeur lui envoya les épreuves de la seconde édition du volume 2 dans les années 70, Knuth fut perturbé par l'agencement et l'apparence des nombres, des symboles et des mots sur les pages. Il prit un vol pour Los Angeles pour voir une machine qui imprimait des magazines sur papier brillant, en espérant que cela lui offrirait un gain esthétique, mais c'était trop cher. Toutefois, pendant ce voyage, il commença à développer un langage informatique qui lui permettrait de composer des mathématiques de manière digitale.

De retour à Stanford, Knuth mit en sommeil *L'Art de la programmation des ordinateurs* pendant presque une dizaine d'années pour développer TeX (prononcé “tech”), un langage sophistiqué et qui changea la donne, en pourvoyant les ordinateurs de la typographie digitale. Il le rendit open source, surtout pour le bénéfice des mathématiciens professionnels, des informaticiens, des économistes, des ingénieurs, des linguistes, des statisticiens et de toute autre personne pour qui des symboles techniques manquaient à son clavier mais qui maîtrisait le placement de formules complexes mieux que ses éditeurs. Dans le monde des programmes éphémères d'ordinateurs, TeX a perduré comme le standard en or pour écrire des articles scientifiques plus beaux et plus faciles à lire et à comprendre par des experts.

L'intérêt de Knuth pour la narration d'histoire l'a également amené à développer une philosophie de la programmation littéraire - une méthode pour écrire des programmes d'ordinateurs comme des essais littéraires. Un programme littéraire intercale au sein du source une élégante prose en une langue naturelle, comme l'anglais. Le code source a pour caractéristique d'être fonctionnel et efficace, alors que l'exposé en langage naturel cible le lecteur humain plutôt que le compilateur de l'ordinateur. Quiconque devra un jour mettre à jour ou debugger un programme littéraire évitera le problème chronophage et coûteux consistant à essayer de comprendre les algorithmes qu'a mis en place le programmeur initial, les décisions conceptuelles et les stratégies d'implémentation qu'il a choisis. Knuth est un informaticien qui comprend que les mots comptent.

*Quanta Magazine* s'est entretenu avec Knuth en Févriererchez lui sur le campus de Stanford. L'interview a été condensée et éditée pour être plus claire.

## **Avez-vous toujours été intéressé par l'écriture ?**

J'ai compris tôt que le monde réel était trop difficile pour moi. Je ne m'attendais pas à découvrir quoi que ce soit de nouveau, mais j'aimais transmettre mon enthousiasme pour les idées en écrivant.

En classe de sixième, deux amis et moi commençâmes un journal de deux pages sur une machine ditto. Nous avions des blagues. Au collège, chaque nuit de lundi en tant qu'éditeur de journal, je faisais une nuit blanche pour que le journal puisse sortir. J'ai vu ma première ligne tapée au lycée, en tant qu'éditeur du journal des étudiants. Quand j'étais junior et senior, nous avons commencé l'ingénierie et les revues scientifiques. Par exemple, j'ai écrit, " $\text{Th}_5\text{E}_4 \text{C}_3\text{EmIC}_2\text{Al}_2 \text{Ca}_3\text{P}_4\text{Er}$ ." Chaque mot était une formule chimique.

## **Et cela vous a amené à votre œuvre majeure ? Y pensez-vous comme à une autre histoire ?**

*L'Art de la programmation des ordinateurs* est un manifeste. Il décrit la façon dont j'aime les maths et la manière dont j'aurais aimé qu'on me les apprenne. Dès la page 1, je racontais l'histoire des algorithmes. La plupart des livres à ce moment-là n'exploraient pas le côté humain des découvertes. Ils disaient juste, "Voici comment marche la chimie," ou "Voici comment marche la physique."

Je raconte aussi une histoire technique. Je dis, "Voici quelque chose qui ne marche pas, et voici la manière de résoudre ce problème." Plutôt que de présenter seulement des faits, j'ajoute du drame. La science est beaucoup plus facile à apprendre si vous connaissez l'ordre dans lequel ont eu lieu les découvertes. En outre, je suis incapable de résister à une bonne histoire. Je ne me voyais pas comme un pionnier, mais comme un journaliste.

## **Au-delà de l'histoire, alors, de quoi parle *L'Art de la programmation des ordinateurs* ?**

Après deux années passées à écrire mon livre, j'ai réalisé qu'un programme était quantitativement déterminé comme bon quand il était nouveau. Je ne voulais pas juste dire qu'un programme était meilleur qu'un autre. Je voulais dire celui-ci est de 13.8 % meilleur que celui-là, et expliquer comment les comparer.

Admettons que l'auteur A parle de son algorithme A, et que l'auteur B parle de son algorithme concurrent B. Et l'auteur A n'a jamais écrit à propos de l'algorithme B, et l'auteur B n'a jamais écrit à propos de l'algorithme A. En plus, les auteurs A et B ont utilisé des ordinateurs différents. En tant que journaliste neutre, j'expliquais les deux d'un seul point de vue. Demander "Dans quelle proportion cet algorithme est-il bon ?" est un problème marrant. C'est cela l'analyse des algorithmes.

## **Est-ce que “l’analyse des algorithmes” est juste une manière différente de dire “l’art de la programmation des ordinateurs” ?**

J’assistais à une conférence de la Société de mathématiques industrielles et appliquées en 1967 quand quelqu’un me demanda ce que je faisais. À ce moment-là, l’informatique était découpée en analyse numérique, intelligence artificielle et langages de programmation. C’était ça. J’ai réalisé que j’avais besoin d’un nom pour ce que je faisais.

La nouveauté dans mon livre, c’étaient les études rigoureuses de l’efficacité des algorithmes. Je décidai que la prochaine fois qu’on me poserait la question, je répondrais “l’analyse des algorithmes”. Ma définition était : si ça m’intéresse, c’est de l’analyse des algorithmes. Ça n’était pas une très bonne définition.

Plus tard, je décidai de le justifier. Je décidai que c’était l’étude quantitative, i.e. la mesure de la valeur d’un algorithme, que je divisais en deux parties. Une partie considérait tous les algorithmes possibles pour résoudre un problème donné. L’autre partie considérait un algorithme particulier pour un certain problème.

L’Analyse des algorithmes allait devenir le travail de ma vie. Je dis à mon éditeur de changer le titre de mon livre en *L’analyse des algorithmes*. Mon éditeur dit, “ça ne se vendra jamais”. Ils ont pris la bonne décision. Et j’ai été content quand, 40 ans plus tard, cinq ou six livres sont sortis avec le titre *Analyse des algorithmes*.

**Mais pour vous, la programmation est davantage que simplement fonctionnelle. Quand vous avez conçu TeX, par exemple, vous vouliez trouver “la courbe la plus plaisante” reliant certains points. Étiez-vous en train d’essayer de programmer la beauté ?**

Mon programme devait relier des points d’une manière qui correspondrait à l’ingénierie-inverse de ce que ferait un expert calligraphe. Il y a un point dans la lettre “S” où la courbure change et de positive devient négative. Alors peut-être peut-elle rester constante un peu de temps. Les concepteurs de lettres suivent une certaine logique pour transformer des lignes en formes de lettres. Je voulais capturer non seulement le résultat de cette conception, mais également l’intelligence qui se cache derrière cette conception. C’est comme écrire un programme d’ordinateur.

J’ai parlé à des designers pour comprendre comment ils parvenaient à procéder de la sorte. Les maths étaient là pour capturer le design de manière quantitative. Avec les mathématiques, j’ai mis des cadrans autour de chaque partie. Je pouvais dire la lettre “A” a ce point, cette épaisseur, ces angles ici, elle diminue là, une bosse en haut et une certaine longueur d’empanchement.

Je n’ai jamais essayé de remplacer les concepteurs. Je voulais seulement capturer exactement

pour les générations futures ce que nous étions alors en train de faire. Avec TeX, le design est reproductible.

**Aviez-vous anticipé l'acceptation globale de TeX ou sa capacité à perdurer longtemps ?**

TeX était seulement conçu pour être utilisé par ma secrétaire et moi-même. Phyllis [Astrid Benson Winkler] était une merveilleuse secrétaire. Elle pouvait lire mes manuscrits et les rendre beaux. La technologie de l'impression était en train de passer de mode parce que les méthodes par essais-erreurs devenaient trop chères. Presque tous les articles publiés dans les années 70 étaient atroces à regarder. Dans les *American Mathematical Monthly*, les indices étaient écrits dans une fonte différente des lignes principales de texte. Je savais que l'informatique rendrait à nouveau les livres beaux.

Je finis de déboguer une version temporaire de TeX en avril 1978. En mai, j'avais 10 utilisateurs. En juin, j'avais 100 utilisateurs. En juillet, j'en avais 1000. Chaque nouveau groupe dirait "Est-ce que vous avez cette fonctionnalité dont j'ai besoin?". Cinq ans après, je produisais une mise à jour qui est essentiellement le TeX que nous avons aujourd'hui. Il était destiné à des américains. Alors les européens ont commencé à l'utiliser. De ce fait, dans les années 80, je l'ai fait fonctionner pour les langages du monde entier.

**À vous entendre, on a le sentiment que la découverte a toujours fait partie de votre cheminement. Cela reste-t-il vrai aujourd'hui ?**

J'écris en moyenne cinq nouveaux programmes par semaine. Les poètes doivent écrire des poèmes. Je dois écrire des programmes d'ordinateur.

Le test ultime pour savoir si je comprends quelque chose est de voir si je peux l'expliquer à un ordinateur. Je peux vous dire quelque chose et vous opinerez de la tête, mais je ne suis pas sûr que je vous l'ai bien expliqué. Mais l'ordinateur n'acquiesce pas de la tête. Il me répète exactement ce que je lui ai appris. Dans la plupart des circonstances dans la vie, vous pouvez bluffer, mais pas avec les ordinateurs.

**Vous passez vos journées à écrire, mais vous avez aussi d'autres centres d'intérêt. Comment abordez-vous chaque journée ?**

Jack London écrivait 1000 mots chaque jour avant de s'adresser à tout le monde. Il était assez totalitaire par rapport à ça, "Laissez-moi seul jusqu'à ce que j'aie écrit mon millier de mots!" Alors il pouvait boire ou relire le reste de la journée. Non, mon principe en terme d'emploi du temps est de faire la chose que je déteste le plus qui est sur ma liste de choses à faire. Quand approche le week-end, je suis très heureux.

**Vraiment ? Comment faire des choses que vous détestez peut-il vous rendre heureux ?**

Ce serait très facile pour moi de dire “Oh, laissez-moi être un génie et ne jamais nettoyer les toilettes.” Mais même laver les toilettes est une tâche faisable. [Mon épouse] Jill et moi avons des uniformes dotés d’une fente dans laquelle on peut glisser un flacon de nettoyant 409. Vous y allez, faites gicler le produit et vous vous sentez bien d’avoir nettoyé les toilettes !

Le succès d’une personne dans la vie est déterminé par le fait qu’elle ait un potentiel minimum élevé, pas un potentiel maximum élevé. Si vous pouvez vraiment bien faire quelque chose mais qu’il y a d’autres choses que vous ne savez pas bien faire, ces dernières choses vous retarderont. Mais si pour presque tout ce que vous faites, vous êtes au top, alors vous aurez une bonne vie. Et c’est pour ça que j’essaie d’apprendre comment passer à travers les choses que les autres trouvent déplaisantes.

**Vous avez aussi de nombreux projets qui n’ont rien à voir avec l’informatique, comme la composition musicale, *Fantasia Apocalyptica*. Vous avez même construit votre maison autour d’un orgue à tuyaux à deux étages. Est-ce que cette variété fait aussi partie de ce qui vous rend heureux ?**

J’ai écrit deux livres, incluant *Les choses dont un informaticien parle rarement*, qui parlent de théologie - des choses que vous ne pouvez pas prouver - plutôt que de mathématiques ou d’informatique. Ma vie ne serait pas complète si elle était entièrement consacrée à des choses déconnectées et arides. Les choses mystiques que je ne comprends pas me donne de l’humilité. Il y a des choses au-delà de ma compréhension.

En mathématiques, je sais quand un théorème est correct. J’aime ça. Mais la vie ne vaudrait pas le coup si tout était faisable. Cette connaissance ne m’affaiblit pas. Plutôt, elle m’assure de ne pas rester coincé dans une ornière.

**Est-ce que cela importe que vous terminiez *L’Art de la programmation des ordinateurs* ?**

Oh, je réalise que l’informatique continuera de vivre et de se développer. L’un des scénari est que tout le monde cessera de travailler sur les ordinateurs que nous avons actuellement. On ira tous vers l’apprentissage machine et les ordinateurs quantiques. Alors je pourrai assister à la fin de l’histoire des ordinateurs non quantiques. Je suis toujours plus content quand je peux dire “Voici la fin de l’histoire”. C’est la façon la plus facile d’imaginer que moi aussi, je finirai. Mais je ne réponds pas à votre question.

## Légendes des photos

*Donald Knuth a travaillé sa vie entière pour raconter des histoires avec et à propos des programmes d'ordinateur. (Vivian Cromwell)*

*Knuth travaille en ce moment sur la partie B du volume 4 de L'Art de la programmation des ordinateurs. Il envisage que ce volume ait quatre parties de plus, et que l'ensemble de la série ait trois volumes de plus. (Jill Knuth)*

*Knuth a toujours raconté des histoires, en leur donnant une tournure scientifique. Au lycée, il écrivit une courte histoire dans laquelle chaque mot était une formule chimique. (Jill Knuth)*

*Knuth dans son bureau à Stanford avec le concepteur de fontes Herman Zapf en 1980, juste quelques années après la version du programme de typographie de Knuth, TeX. (Chuck Painter / Stanford News Service)*

*“Le meilleur moyen de communiquer d'un être humain à un autre consiste à raconter une histoire,” dit Knuth. Cette approche lui a permis d'analyser les algorithmes plus rigoureusement et de façon neutre. (Vivian Cromwell)*

*Knuth chez lui en 2020. Il a pris sa retraite en 1993 pour terminer son œuvre majeure, L'Art de la programmation des ordinateurs. (Jill Knuth)*

## Textes des “accroches” ou “coiffes”<sup>1</sup>

*Je suis incapable de résister à une bonne histoire. Je ne me voyais pas comme un pionnier, mais comme un journaliste.*

*Je savais que la programmation des ordinateurs rendraient à nouveau les livres beaux à regarder.*

---

1. terme journalistique exact ?

## 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 renommment 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.

## Les arts culinaires et l'informatique

*La pensée dépend absolument de l'estomac.*  
— DIDEROT, lettre à d'Alembert (1770)

Bien sûr nous savons que nos navigateurs utilisent des “cookies” et des “menus”. Et il y a une organisation appelée CodeChef, qui traite chaque mois les concours de Codage. Mais la relation entre l'informatique et la nourriture s'étend maintenant au cœur profond de notre discipline, depuis que nous sommes fondamentalement concernés par l'étude systématique des processus. Bien longtemps avant que l'informatique n'ait été inventée, des chefs anonymes ont découvert un grand nombre des principes de base qui nous guident aujourd'hui : les séquences pas à pas d'instructions ; l'exécution conditionnelle ; les répétitions aléatoires ; le parallélisme ; l'évaluation paresseuse ; la liaison tardive ; le codage participatif ; etc.

Merci à Dieu, pour cette faculté que nous avons de griller, rôtir, pocher, badigeonner, braiser, malaxer, faire cuire, pétrir, et pour la faculté que nous avons de communiquer ces techniques de génération en génération !

Des siècles d'expérimentation ont montré quelles recettes si goûteuses on pouvait tirer d'ingrédients de la nature qui ne sont habituellement pas délicieux ou nutritifs. Mais il est également clair que de nombreux plats restent à découvrir, parce que seule une minuscule fraction des possibilités a déjà été testée. Le nombre d'ingrédients est limité, mais le nombre de façons de les combiner et les préparer est exponentiel. Même si nous nous limitons à un temps polynomial, nous serons capables de n'explorer qu'une minuscule part de ce vaste territoire gustatif.

Par exemple, saviez-vous que les myrtilles fraîches et les avocats, enveloppés de pâte sont assez délicieux ? En combinant simplement trois ingrédients, choisis au hasard dans différents rayons du magasin d'alimentation près de chez vous, il y a de grandes chances que vous soyez le premier à découvrir quelque chose qui mérite d'être partagé.

Quand je cuisine pour moi seul, j'aime bien utiliser la “méthode du diagramme de Venn”, selon laquelle je peux tester tous les sous-ensembles d'un ensemble donné de saveurs. Par exemple, je peux mettre des œufs frais, de l'ail, de la menthe, et des petits-pois dans un poêlon, de telle manière que chacune des 15 combinaisons non vides occupe environ 1/15ème de la place totale dans l'ustensile. Alors, si j'étais capable de me retenir de remuer le contenu, je pourrais manger mon déjeuner à même la poêle, savourant chacune des possibilités isolément.

Les biochimistes ont introduit de nouvelles expériences gustatives révolutionnaires connues sous le nom de *gastronomie moléculaire*. Les informaticiens ont-ils quelque chose de similaire à offrir au monde, quelque chose qui mériterait le nom de *cuisine à l'informatique* ? Je pense que nous pouvons le faire : nous pouvons potentiellement enrichir la gastronomie en y incorporant ce que nous avons appris à propos des *paramètres*. En effet, j'ai souhaité une application que mon épouse et moi utiliserions quotidiennement, qui pourrait peut-être s'appeler METAFOOD. Cette appli saurait exactement quels ingrédients sont disponibles dans notre garde-manger et notre réfrigérateur, ainsi que le genre de matériels de cuisine dont nous disposons. Nous demanderions à METAFOOD de nous suggérer un menu (potentiellement aléatoirement) basé sur ce qu'on pourrait faire et le temps nécessaire pour le faire. Quand nous nous serions mis d'accord sur le but, METAFOOD nous dirait quoi faire en premier, quoi faire ensuite, etc. Il regarderait nos progrès - en changeant en cours de route, si nécessaire, comme le fait le système de navigation dans une automobile. Naturellement, nous communiquerions avec METAFOOD par micro et caméra, pas en touchant l'écran avec nos doigts, parce que nos doigts seraient couverts de trucs gluants. Après, METAFOOD nous aiderait à planifier une liste d'achats, etc.

Bon appétit !

Donald B. Knuth  
Stanford, California  
Autumn 2019