

*Mise au point concernant l'interview de Paris-Match
(numéro du 5 août 2004, page 71)*

*Jean-Paul Delahaye
delahaye@lifl.fr*

*(Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille CNRS UMR 8022)
14 août 2004*

De manière à ce que chacun puisse se faire une idée de ce que je souhaitais dire et de ce qui a finalement été publié dans Paris-Match (du 5 août 2004) je livre ici les trois versions de mon "interview".

La version V1 est le texte que j'ai envoyé par courrier électronique à Grichka Bogdanoff le lundi 27 juillet 2004 —l'interview ne s'est pas faite avec un micro. Pour rédiger mon texte je disposais des questions que Grichka Bogdanoff m'avait communiquées par téléphone —questions que je n'avais pas choisies.

La version V2 est celle à laquelle Grichka Bogdanoff et moi avons abouti après discussions et modifications. J'ai donné mon accord à cette version le lundi 2 août 2004.

La version V3 est celle qui a été publiée dans le numéro du 5 août de Paris-Match. Je n'ai pas donné mon accord à cette version dont le message général est trop éloigné de celui de V1. J'ai découvert cette version en achetant Paris-Match le 5 août !

Quelques remarques sur les modifications opérées.

Le texte a gardé à peu près sa longueur de V1 à V2, mais a été réduit de moitié de V2 à V3. Cela en change le sens puisque certaines restrictions que je faisais délibérément pour éviter toute interprétation abusive du parallèle entre physique et mathématiques ont été supprimées. Par exemple, la phrase suivante a disparu sans mon accord entre V2 et V3.

«Ce n'est pas le zéro seul qui crée les autres nombres car bien sûr à partir de rien, rien ne se crée : pas plus en mathématiques que dans le monde réel, il n'y a de miracle.»

Entre V1 et V2 on remarquera qu'apparaît explicitement la mention aux Bogdanoff. J'ai accepté cette introduction car j'ai été convaincu que dans cette interview destinée à paraître dans un article qui leur était consacré, il était naturel de les mentionner. Certaines phrases de V2 n'ont pas été écrites par moi, et c'est en me forçant un peu, je l'avoue, que j'ai donné mon accord.

Entre V2 et V3, les modifications ont été faites sans mon accord alors que pourtant j'étais joignable par téléphone et par courrier électronique au moment des dernières modifications. Le texte est écourté alors que j'avais insisté auprès de Grichka Bogdanoff en lui disant que le raccourcir risquait d'en changer le sens. Non seulement le texte de mes réponses a été modifié, mais la formulation de certaines questions a aussi été changée ! Le texte publié apparaît comme un soutien aux idées des Bogdanoff. Le plus grave cependant est que le texte de l'interview est précédé dans V3 d'un titre en rouge qui ne correspond pas au contenu de l'interview (même dans sa version V3) :

"Le Pr Jean-Paul Delahaye, Docteur d'État, Agrégé de Mathématiques, confirme qu'il y a un code cosmologique à l'origine de l'Univers comme il existe un code génétique pour les êtres vivants."

Je n'ai jamais confirmé quoi que ce soit ni employé le terme de code génétique (ni dans V1, ni dans V2, ni même dans V3 !) et quand j'évoque l'idée d'un code cosmologique c'est à titre d'hypothèse (uniquement dans V2) en renvoyant aux Bogdanoff et sans prendre parti. Ce titre en rouge est donc gravement trompeur et ne rend pas justice à ma position mesurée et prudente concernant les travaux des Bogdanoff. Ma spécialité et mes compétences ne me permettent pas de formuler un jugement sur la valeur scientifique des travaux de recherche des Bogdanoff et mon interview n'avait pas ce but mais seulement celui de formuler quelques remarques générales de philosophie des sciences. Mes remarques sont certes parallèles à certains énoncés des Bogdanoff, mais ce que je dis se fonde sur un domaine différent du leur — chez eux il s'agit de cosmologie mathématique, chez moi il s'agit d'informatique théorique et de logique mathématique. Le parallèle donnait un sens à ma présence dans cet article. Ni plus, ni moins.

On est donc passé d'un texte V1 qui (A) tentait en termes déjà très vulgarisés mais prudents d'indiquer qu'en mathématiques, on rencontre fréquemment des situations où "le simple engendre le complexe" et (B), qui évoquait quelques rapports entre théorie du calcul et physique, à un texte simplificateur, précédé d'un titre inexact qui en déforme totalement le sens.

Grichka Bogdanoff m'a assuré le 7 août 2004 que lui et son frère étaient en colère contre Paris-Match qui serait seul responsable de l'intertitre rouge et de la réduction inopportune du texte de l'interview.

Pour ceux que le contenu de ce que je voulais dire (dans V1 ou V2) intéresse, voici quelques références bibliographiques.

D. Bouwmeester, Artur Ekert, Anton Zeilinger (eds.) : «The Physics of Quantum Information», Springer, 2000. (Sur les ordinateurs quantiques.)

J.-P. Delahaye. Les ordinateurs quantiques. Pour La Science (Édition française du Scientific American), n°209, mars 1995, 100-105

J.-P. Delahaye. L'intelligence et le calcul : de Gödel aux ordinateurs quantiques, Editions Pour la science/Belin, Paris, 2002 (Des chapitres sont consacrés à la logique, au calcul quantique, à la théorie de l'information, aux théorie de la complexité, etc.)

S. Lloyd. Ultimate Physical Limits to Computation. Nature, Vol. 406, 2000, pp. 1047-1052. (Sur la physique du calcul.)

S. Lloyd. Computational Capacity of the Universe. Physical Review Letters, Vol. 88, n°23, 237901/1-4, 2002. (Sur l'univers vu comme un ordinateur.)

W. Poundstone. The Recursive Universe. Cosmic complexity and the limit of scientific knowledge. Oxford University Press. 1985. (Sur les réseaux d'automates cellulaires, très bonne introduction.)

T. Siegfried : «The bit and the Pendulum : From Quantum Computing to M Theory, The New Physics of Information», John Wiley and Sons, New York, 2000. (Sur les nouveaux aspects de la théorie de l'information et ses rapports avec la physique.)

T. Toffoli, N. Margolus. Cellular Automata Machines. A New Environment for Modeling. The MIT Press. Cambridge. 1987. (sur les réseaux d'automates cellulaires.)

J. A. Wheeler. Information, Physics, Quantum \square The Search for Links. Dans "Complexity, Entropy and The Physics of Information", SFI Studies in the Science of Complexity, vol VIII, sous la direction de W. H. Zurek, Addison Wesley, 1990 pp.3-28. (Sur l'importance des concepts informationnels en physique)

S. Wolfram. A New Kind of Science. Wolfram Media, Inc.; 2002 (Sur les réseaux d'automates cellulaires et bien d'autres choses ; à lire avec précautions \square car Wolfram a rédigé son livre comme s'il avait tout inventé tout seul !)

S. Wolfram. Theory and applications of cellular automata. World Scientific. 1986. (Sur les réseaux d'automates cellulaires.)

**Version V1 de l'interview envoyée à Grichka Bogdanov
le lundi 27 juillet 2004**

Jean-Paul Delahaye
Professeur au Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (CNRS).
Dernier livre paru : L'intelligence et le calcul. Editions Belin/Pour la science, 2002

Q1 Est-ce qu'à l'origine, l'univers pourrait être une pure information ?

Peut-être bien. Les mathématiciens et les informaticiens théoriciens comme moi rencontrent sans cesse des situations où la pure information engendre des objets d'une richesse et d'une complexité qui n'a rien à envier à celle de l'univers physique. Les fractals sont de remarquables exemples — ce sont des images d'une infinie précision que les ordinateurs nous permettent d'explorer — au fur et à mesure qu'on descend dans le détail de leurs méandres de nouveaux détails apparaissent sans cesse. Ces fractals sont pourtant basées sur des équations simples qui dans l'ordinateur se déploient en une variété infinie de formes et de couleurs. Les physiciens de leur côté dans l'étude de l'univers et particulièrement dans leur tentative pour comprendre ce qui est très petit rencontrent une barrière — ce qu'ils appellent le mur de Planck et qui correspond à 10^{-33} centimètres. Sous cette barrière, les théories actuelles se révèlent inopérantes, on recherche donc de nouveaux concepts. Cette situation suggère d'utiliser des outils et modèles mathématiques nouveaux, ceux justement que les informaticiens théoriciens découvrent et étudient aujourd'hui et qui à partir d'une information réduite à presque rien s'épanouissent en univers aussi riches que l'univers réel dans lequel nous sommes plongés.

Q2 Mais quelle forme pourrait prendre cette information — que vous dites réduite à presque rien — et que penser des physiciens qui disent que l'univers a pu jaillir d'une seule formule ?

Certains théoriciens comme Tommaso Toffoli ou Stephen Wolfram défendent des idées assez précises sur la forme de cette information initiale — cette formule — à partir de laquelle tout pourrait jaillir. Ils envisagent ce qu'on appelle des "réseaux d'automates cellulaires", des "systèmes dynamiques", de "règles de réécritures", etc. Plusieurs modèles sont en concurrence, mais l'idée est cependant toujours à peu près la même : un objet initial très simple qu'on peut appeler «*le zéro*» associé à quelques règles judicieusement choisies, provoque une sorte de dépliement infini créant une explosion de diversité et de complexité.

Q3 Comment le zéro peut-il mathématiquement engendrer quelque chose ?

En arithmétique — la partie des mathématiques qui s'intéresse aux nombres entiers 0, 1, 2, ... — on sait depuis longtemps que le nombre zéro accompagné des axiomes — le tout peut s'écrire sur une demi page — engendrent tous les nombres et l'infinie variété de leurs relations. Ce n'est pas le zéro seul qui crée les autres nombres car bien sûr à partir de rien, rien ne se crée : pas plus en mathématiques que dans le monde réel, il n'y a de miracle. Cependant placé dans la bonne machinerie théorique, oui le zéro engendre tout.

[En théorie des ensembles — c'est la théorie sur laquelle se fondent toutes les mathématiques contemporaines — la situation est encore plus remarquable : l'ensemble vide — celui qui ne contient rien — mis dans la machine axiomatique imaginée au début du XXe siècle fait surgir l'univers des nombres, celui des fonctions, des figures géométriques et même celui des espaces à 2, 3, 4, ... dimensions. Et bien d'autres choses.

On peut dire, sans exagération, que dans un cadre bien choisi, le zéro (ou l'ensemble vide) engendre tout ce qui est imaginable. C'est là une découverte de la logique mathématique moderne □ on peut enfermer l'essentiel du monde mathématique dans un très réduit nombre de principes. De là à penser qu'il en est de même pour notre univers physique, le pas est très tentant à franchir.]

Q4 Est-ce qu'on peut dire que notre réalité physique repose entièrement sur une information mathématique ?

Entendons-nous bien, ce que je dis concerne le monde mathématique □ on ne peut pas l'appliquer sans précaution au monde physique. Cependant il faut aussi réaliser que depuis plusieurs siècles maintenant la physique se construit à partir des mathématiques, et au XXe siècle elle s'est construite sur des théories vraiment très abstraites, au point parfois que le physicien a le sentiment d'appliquer des règles qu'il ne comprend plus. Ça marche, mais il ne réussit plus à saisir pourquoi. Le physicien est donc condamné à faire des mathématiques, et à utiliser les théories de plus en plus difficiles que les mathématiciens lui proposent. En ce sens là on peut dire que notre réalité physique repose entièrement sur une information mathématique et que la situation qu'on découvre en mathématiques où tout peut s'engendrer à partir du zéro est bien celle, la plus vraisemblable, de la réalité physique.

Q5 Quels sont les progrès qu'on peut attendre des recherches actuelles sur ces thèmes ?

Le domaine où les progrès fondamentaux en mathématiques et en physiques se rejoignent et ont une incidence concrète très forte sont liés à la théorie du calcul et de l'information. Cette théorie née dans les années 1930 des travaux de génies comme Kurt Gödel et Alan Turing vient depuis une dizaine d'années de rencontrer la mécanique quantique (c'est la théorie qui aujourd'hui rend compte avec la meilleure précision du monde physique). Citons trois exemples de progrès récents né de cette rencontre et qui excitent tous les esprits.

Le premier est l'idée que l'univers doit être vu comme un immense ordinateur. Seth Lloyd du MIT à Cambridge a entrepris d'explorer sérieusement cette hypothèse que tout dans l'univers est interprétable comme un calcul mené par un grand ordinateur. Cette hypothèse fait penser au scénario de Matrix, pourtant ici il ne s'agit pas science-fiction mais de science. Cette idée avait déjà été défendue par le Prix Nobel John Wheeler mais Seth Lloyd l'a prise vraiment au sérieux et a calculé quelle serait la puissance de *l'ordinateur-monde*. Muni des outils de la mécanique quantique il est arrivé aux chiffres faramineux que depuis sa naissance *l'ordinateur-monde* aurait effectué un calcul d'environ 10^{120} opérations élémentaires (10^{120} c'est un 1 suivi de 120 zéros). Autrement dit, pour simuler l'univers, il faudrait disposer d'un ordinateur ayant cette puissance. On en est loin, puisque les plus gros calculs effectués par l'homme sont de l'ordre de grandeur de 10^{23} opérations élémentaires.

Le second exemple est bien plus qu'un progrès théorique et conceptuel puisqu'il vient de donner lieu à la commercialisation d'un nouveau type de système de cryptographie (de codes secrets). Imaginé par les théoriciens il y a une vingtaine d'années, ce nouveau système permet de communiquer secrètement à travers une fibre optique de telle façon qu'il est impossible à quiconque de percer le secret de la communication. Contrairement aux systèmes utilisés aujourd'hui qui sont basés sur des propriétés mathématiques ne procurant pas de garantie parfaite, ce système — si la mécanique quantique est correcte, ce que tout le monde pense — est absolument inviolable. La généralisation de son utilisation mettrait fin à toutes sortes de piratages informatiques dont le réseau Internet est victime.

Le troisième exemple est théorique mais plein de promesses pratiques. Il s'agit de *l'ordinateur quantique*. Né des nouvelles interactions entre mathématiques et physique créées par la théorie du calcul ce modèle d'ordinateur est capable de résoudre des problèmes impossibles à résoudre sans lui. La factorisation des nombres entiers de grandes tailles est l'un de ces problèmes. Factoriser le nombre 15 c'est l'écrire sous la forme $15=3 \times 5$. Cela paraît facile cependant lorsqu'un nombre est très long, on ne connaît aucune méthode autres que celle de l'ordinateur quantique pour réussir la factorisation (utile dans le domaine de la sécurité informatique). Dans quelques années si les recherches menées actuellement sur les ordinateurs quantiques aboutissent nous réussirons à tirer de nos ordinateurs toutes sortes de choses aujourd'hui interdites.

L'ordinateur nous a fait comprendre l'importance de l'information et du calcul, et nous suggère que tout depuis le commencement du monde pourrait bien s'expliquer dans des termes à la fois simples —partant de zéro— et complexes, car se déployant par le calcul en une réalité physique infiniment riche.

Version V2 de l'interview à laquelle j'ai donné mon accord

le lundi 2 août 2004

Avant le Big Bang physique chaud, y en a-t-il eu un froid, mathématique ?

Jean-Paul Delahaye, mathématicien
Professeur au Laboratoire d'Informatique Fondamentale de Lille (CNRS).
Dernier livre paru : L'intelligence et le calcul. Editions Belin/Pour la science, 2002

Paris-Match *Est-ce qu'à l'origine, avant le Big Bang, l'univers pourrait être une pure information ?*

Peut-être bien. Les mathématiciens et les informaticiens théoriciens comme moi rencontrent sans cesse des situations où une pure information engendre des objets d'une richesse et d'une complexité qui n'a rien à envier à celle de l'univers physique. Les fameux fractals sont de remarquables exemples : ce sont des images d'une infinie précision que les ordinateurs nous permettent d'explorer. Ainsi, au fur et à mesure qu'on descend dans le détail de leurs méandres, de nouveaux détails toujours plus précis apparaissent sans cesse. Ces fractals sont pourtant basés sur des équations très simples qui dans l'ordinateur se déploient en une variété infinie de formes et de couleurs. Les physiciens de leur côté dans leur tentative pour comprendre l'univers au commencement, lorsqu'il était infiniment petit, rencontrent une barrière -qu'ils appellent le 'mur de Planck' et qui correspond à 10^{-33} centimètres (c'est la plus petite longueur physique qui puisse exister). Sous cette barrière, les théories actuelles se révèlent inopérantes et on recherche donc de nouveaux concepts. Cette situation suggère d'utiliser des outils et modèles mathématiques entièrement nouveaux, ceux justement que les informaticiens théoriciens découvrent et étudient aujourd'hui. Ils nous montrent qu'à partir d'une information réduite à *presque rien* s'épanouissent des univers aussi riches que l'univers réel dans lequel nous sommes plongés.

Paris-Match *Mais quelle forme pourrait prendre cette information que vous dites réduite à presque rien et que penser des physiciens qui disent que l'univers a pu jaillir d'une seule formule ?*

Certains théoriciens comme Tommaso Toffoli ou Stephen Wolfram défendent des idées assez précises sur la forme de cette information initiale -cette formule- à partir de laquelle tout le cosmos pourrait avoir jailli il y a 14 milliards d'années. Ils envisagent ce qu'on appelle des "réseaux d'automates cellulaires", des "systèmes dynamiques", des "règles de réécritures", etc. Plusieurs modèles sont en concurrence, mais l'idée est cependant toujours à peu près la même : un objet initial ultra-simple qu'on peut appeler «*le zéro*» associé à quelques règles mathématiques judicieusement choisies, provoque une sorte de dépliement infini créant une explosion de diversité et de complexité qu'on appelle l'univers. Grichka et Igor Bogdanov, avec cette fois un regard de physiciens, défendent avec force l'idée d'un 'code cosmologique' au point zéro de l'univers, idée qu'ils développent à la fois dans leurs travaux scientifiques et le livre qu'ils viennent de publier (Avant le Big Bang Editions Grasset, 2004). La rencontre sur ce thème d'approches cosmologistes (celles de Bogdanov) et mathématiques donne à réfléchir et est certainement l'indice de quelque chose de très important à la fois sur le plan philosophique et sur le plan scientifique.

Paris-Match *Comment le zéro peut-il mathématiquement engendrer quelque chose?*

En arithmétique -la partie des mathématiques qui s'intéresse aux nombres entiers 0, 1, 2, ...- on sait depuis longtemps que le nombre zéro accompagné des axiomes -le tout peut s'écrire sur une demi page- engendrent tous les nombres et l'infini variété de leurs relations. Ce n'est pas le zéro seul qui crée les autres nombres car bien sûr à partir de rien, rien ne se crée : pas plus en mathématiques que dans le monde réel, il n'y a de miracle. Cependant placé dans la bonne machinerie théorique, simplement muni d'une information initiale, oui le zéro engendre tout.

En théorie des ensembles -c'est la théorie sur laquelle se fondent toutes les mathématiques contemporaines- la situation est encore plus remarquable : l'ensemble vide -celui qui ne contient rien- mis dans la machine axiomatique imaginée au début du XXe siècle fait surgir -dans une sorte de Big Bang numérique- l'univers complet des nombres. Cette fois pas seulement des nombres entiers mais de tous les nombres : relatifs, réels, algébriques, transcendants, imaginaires, etc. Surgissent aussi les fonctions, des figures géométriques et même les espaces à 2, 3, 4, ... dimensions, et bien d'autres choses. On peut dire, sans exagération, que dans un cadre bien choisi, le zéro (ou l'ensemble vide) engendre tout ce qui est imaginable. C'est là une découverte de la logique mathématique moderne : on peut enfermer l'essentiel du monde mathématique dans un nombre très réduit de principes. De là à penser qu'il en est de même pour notre univers physique, le pas est très tentant à franchir.

Paris-Match *Est-ce qu'on peut dire que notre réalité physique repose entièrement sur une information mathématique ?*

Entendons-nous bien, ce que je dis concerne le monde mathématique et on ne peut pas l'appliquer sans précaution au monde physique. Cependant il faut aussi réaliser que depuis plusieurs siècles maintenant la physique se construit à partir des mathématiques, et au XXe siècle elle s'est construite sur des théories vraiment très abstraites, au point parfois que le physicien a le sentiment d'appliquer des règles qu'il ne comprend plus. Ça marche, mais il ne réussit plus à saisir pourquoi. Le physicien est donc condamné à faire des mathématiques, et à utiliser les théories de plus en plus difficiles que les mathématiciens lui proposent. En ce sens là on peut dire que notre réalité physique repose entièrement sur une information mathématique et que la situation qu'on découvre en mathématiques où tout peut s'engendrer à partir du zéro est bien celle, la plus vraisemblable, de la réalité physique.

Paris-Match *Quels sont les progrès qu'on peut attendre des recherches actuelles sur ces thèmes ?*

Les domaines où les progrès fondamentaux en mathématiques et en physique se rejoignent et ont une incidence concrète très forte sont liés à la théorie du calcul et de l'information. Cette théorie née dans les années 1930 des travaux de génies comme Kurt Gödel et Alan Turing vient depuis une dizaine d'années de rencontrer la mécanique quantique (c'est la théorie qui aujourd'hui rend compte avec la meilleure précision du monde physique dans le domaine subatomique). Citons deux exemples de progrès récents nés de cette rencontre et qui excitent tous les esprits.

Le premier est l'idée que l'univers et son évolution peuvent être vus comme un immense calcul informatique. Seth Lloyd du MIT à Cambridge a entrepris d'explorer sérieusement cette hypothèse qui fait penser au scénario de Matrix. Pourtant ici il ne s'agit pas de science-fiction mais de science. Cette idée avait déjà été défendue par John Wheeler (inventeur de l'expression trou noir) mais Seth Lloyd l'a prise vraiment au sérieux et a calculé quelle serait la puissance du *programme-univers*. Muni des outils de la physique théorique il est arrivé aux chiffres faramineux que depuis le début de son calcul le *programme-univers* aurait effectué un travail d'environ 10^{120} opérations élémentaires

(10^{120} c'est un 1 suivi de 120 zéros). Autrement dit, pour simuler l'univers, il faudrait disposer d'un ordinateur ayant cette puissance. On en est bien loin, puisque les plus gros calculs effectués par l'homme (armé d'ordinateurs) sont de l'ordre de grandeur de 10^{23} opérations élémentaires : c'est un gouffre énorme qui sépare aujourd'hui ce que fait l'homme de ce que l'univers fait (selon l'hypothèse de Lloyd), et bien sûr ce gouffre est un motif d'humilité.

Le deuxième exemple est plein de promesses pratiques. Il s'agit de *l'ordinateur quantique*. Né des nouvelles interactions entre mathématiques et physique créées par la théorie du calcul ce modèle d'ordinateur sera capable de résoudre des problèmes absolument insolubles aujourd'hui. Dans quelques années si les recherches menées actuellement sur ces mystérieux ordinateurs quantiques aboutissent nous réussirons à en tirer toutes sortes de choses aujourd'hui interdites. Peut-être même, pourquoi pas, la forme du fameux code mathématique à l'origine de l'univers dont parlent les Bogdanoff.

Alors nous pourrions peut-être saisir pleinement l'importance de l'information et du calcul dans l'univers. Et voir ainsi ce que certains chercheurs ont déjà entrevu dans leurs équations : tout depuis le commencement du monde pourrait bien s'expliquer dans des termes à la fois simples -partant de zéro- et complexes, -car se déployant par le calcul en une réalité physique infiniment riche. En somme l'infini de l'univers à partir d'un simple point.

Version V3 de l'interview à laquelle je n'ai pas donné mon accord et parue dans Paris-Match du 5 août 2004

LE PR JEAN-PAUL DELAHAYE, DOCTEUR D'ETAT AGRÉGÉ DE MATHÉMATIQUES, CONFIRME QU'IL Y A UN CODE COSMOLOGIQUE À L'ORIGINE DE L'UNIVERS COMME IL EXISTE UN CODE GÉNÉTIQUE POUR LES ÊTRES VIVANTS

"Avant le Big Bang physique chaud, y en a-t-il eu un froid, mathématique?"

Paris Match. □ A l'origine, avant le Big Bang, l'Univers pourrait-il être une pure information □

Jean-Paul Delahaye. Peut-être bien. Les mathématiciens et les informaticiens théoriciens comme moi rencontrent sans cesse des situations où une pure information engendre des objets d'une richesse et d'une complexité qui n'a rien à envier à celle de l'univers physique. Les physiciens, de leur côté, pour comprendre l'univers au commencement, rencontrent le "mur de Planck". Sous cette barrière, les théories actuelles se révèlent inopérantes : il faut des modèles mathématiques nouveaux, ceux justement que les informaticiens théoriciens étudient aujourd'hui. Ils nous montrent qu'à partir d'une □ information réduite à presque rien s'épanouissent des univers aussi riches que l'Univers réel.

P.M. Que penser des physiciens qui disent que l'Univers a pu jaillir d'une seule formule □

J.-P.D. Certains théoriciens comme Tommaso Toffoli ou Stephen Wolfram défendent des idées assez précises sur la forme de cette information initiale — cette formule — à partir de laquelle tout le cosmos pourrait avoir jailli il y a quatorze milliards d'années. Ils envisagent ce qu'on appelle des "réseaux d'automates cellulaires". L'idée est toujours la même : un objet initial ultra-simple "le zéro", associé à quelques règles, provoque une sorte de dépliement infini, une explosion de complexité qu'on appelle l'Univers. Grichka et Igor Bogdanov, avec un regard de physiciens, défendent avec force l'idée d'un "code cosmologique" au point zéro de l'Univers, idée qu'ils développent à la fois dans leurs travaux scientifiques et leur livre "Avant le Big Bang". La rencontre sur ce thème d'approches cosmologistes (celles des Bogdanov) et mathématiques est certainement l'indice de quelque chose de très important, à la fois sur le plan philosophique et sur le plan scientifique.

P.M. Comment le zéro peut-il mathématiquement engendrer quelque chose ?

J.-P.D. Avant le Big Bang physique chaud, y en a-t-il eu un froid, mathématique ? L'ensemble vide — celui qui ne contient rien — mis dans une machine axiomatique fait surgir — dans une sorte de Big Bang numérique — l'univers complet des nombres. Surgissent aussi des figures géométriques et même les espaces à 2, 3, 4... dimensions. On peut dire, sans exagération, que le zéro engendre tout ce qui est imaginable. De là à penser qu'il en est de même pour notre univers physique, le pas est très tentant à franchir.

P.M. Quels sont les progrès qu'on peut attendre des recherches actuelles sur ces thèmes □

J.-P.D. Le premier est l'idée que l'univers et son évolution peuvent être vus comme un immense calcul informatique. Cette idée avait déjà été défendue par l'inventeur du mot "trou noir", John Wheeler, mais Seth Lloyd, du MIT (Massachusetts Institute of Technology), l'a prise vraiment au sérieux. Il est arrivé au chiffre faramineux de 10^{120} opérations élémentaires. Les plus gros calculs effectués par l'homme (armé d'ordinateurs) sont de l'ordre de grandeur de 10^{23} : un gouffre énorme. Deuxième exemple : l'ordinateur quantique. Dans quelques années, nous réussirons à en tirer toutes sortes de choses aujourd'hui interdites. Peut-être même la forme du fameux code mathématique à l'origine de l'univers dont parlent les Bogdanov. Tout, depuis le commencement du monde, pourrait bien s'expliquer dans des termes à la fois simples — partant de zéro — et complexes — car se déployant par le calcul en une réalité physique infiniment riche. En somme, l'infini de l'Univers à partir d'un simple point.