

Vivons-nous dans une simulation ?

Matthew R. Francis, *Philosophie Magazine*

L'espèce humaine ne durera pas éternellement. Un jour viendra où les hommes disparaîtront de la surface de la Terre. Mais avant d'en arriver là, il se pourrait qu'ils développent des capacités informatiques telles que leur application leur permette d'imiter l'expérience humaine dans toute sa complexité. Certains philosophes et physiciens se demandent même si ce n'est pas déjà le cas : peut-être vivons-nous dans une simulation informatique ? Peut-être la réalité dont nous faisons l'expérience relève-t-elle d'une programmation ?

La technologie informatique est remarquablement sophistiquée et, grâce à l'informatique quantique, elle est vouée à le devenir encore plus. Équipés d'ordinateurs toujours plus puissants, nous pourrions parvenir à une simulation à grande échelle de systèmes physiques de plus en plus complexes, voire d'organismes vivants et d'êtres humains.

Cette idée n'est pas aussi saugrenue qu'il y paraît. Au vu du degré de complexité que pourrait atteindre, mettons, un disque dur, certains philosophes ont récemment avancé qu'il était tout à fait plausible que nous fassions d'ores et déjà partie d'une « simulation d'ancêtres », reconstitution virtuelle du passé de l'humanité. De leur côté, trois physiciens nucléaires, Silas R. Beane, Zohreh Davoudi et Martin J. Savage, ont cherché à vérifier cette hypothèse, en partant du principe que tout programme scientifique procède par simplifications. Si nous vivons dans une simulation, nous devrions donc pouvoir effectuer des expériences susceptibles de déceler ces simplifications.

Aucune de ces deux approches, logique et empirique, n'exclut cependant la possibilité que nous habitions dans une simulation à notre insu, sans en avoir conscience. Les résultats de l'expérience de simulation pourraient en effet s'expliquer sans que nous évoluions pour autant dans un monde simulé. Alors, comment savoir si nous vivons une vie simulée ou non ?

« Nos lointains descendants s'emploieront peut-être à créer des univers virtuels peuplés d'humains doués de conscience »

Tôt ou tard, l'humanité telle que nous la connaissons disparaîtra ou sera supplantée par une ou plusieurs espèces posthumaines. À supposer que nous laissons derrière nous des descendants futuristes, ceux-ci s'emploieront peut-être à créer des simulations d'ancêtres, des univers virtuels peuplés d'êtres humains doués de conscience. Et si la technologie nécessaire à leur mise en œuvre est amenée à se banaliser, il n'est pas impossible que ces expériences de simulation prolifèrent au point de devenir plus nombreuses que les expériences d'êtres humains ayant réellement existé.

Cette hypothèse soulève une problématique intéressante pour tout individu capable d'une expérience consciente et subjective : comment savoir si nous sommes des êtres humains originaux, ou bien des simulations d'ancêtres, phénomène d'ailleurs bien plus répandu ? Le philosophe Nick Bostrom propose un cadre conceptuel pour aborder cette question. D'après lui, nous sommes obligés de souscrire à l'un ou l'autre de ces trois postulats : soit les espèces humaines et apparentées disparaîtront avant d'avoir pu mettre au point une technologie capable de générer une simulation ; soit les civilisations posthumaines ne se soucieront pas d'élaborer une telle technologie ni de l'appliquer ; soit nous faisons nous-mêmes probablement partie d'une simulation. Je dis *probablement* car, toutes choses étant égales, il y a plus de chances pour qu'une expérience consciente soit une expérience simulée. L'hypothèse de la simulation est d'autant plus plausible que les deux autres hypothèses (celle de l'extinction et celle du désintérêt) ne se réalisent pas.

Encoder l'Univers

Bostrom n'est assurément pas le premier à émettre l'hypothèse selon laquelle la réalité telle que nous la percevons est virtuelle, même si la nature du simulateur varie largement. Outre maintes réflexions philosophiques et scientifiques, l'hypothèse de simulation de la conscience humaine a souvent été exploitée par la science-fiction. Dans la trilogie cinématographique inaugurée en 1999 par *Matrix*, le monde tel que nous le connaissons est une simulation informatique destinée à distraire le cerveau des êtres humains pendant que leur chimie corporelle est prélevée comme source d'énergie. Dans *Matrix*, les hommes perçoivent le monde du point de vue d'avatars immergés dans une réalité virtuelle. Cette simulation n'est cependant pas assez aboutie pour empêcher que certains en décèlent les failles et piratent la matrice.

La thèse de Bostrom est quelque peu différente : selon lui, la simulation englobe l'Univers tout entier, et non pas seulement l'espèce humaine. Tous les aspects de la vie humaine, y compris notre esprit et nos interactions avec les éléments non sensibles du programme, relèvent d'un codage. Bostrom reconnaît toutefois qu'une simulation de la réalité dans sa totalité pourrait s'avérer irréalisable, même par des systèmes informatiques superpuissants. De même que nos simulations scientifiques impliquent des degrés d'abstraction qui requièrent un minimum de détails, les simulations auraient sans doute recours à des lois et à des hypothèses qui dispensent de simuler la réalité dans ses moindres détails. Ces lois et ces hypothèses interviendraient quand nous procédons à des expériences : par exemple, « *quand un être humain s'apprête à faire une observation relative à l'univers microscopique, [la simulation] pourrait détailler ponctuellement le domaine de simulation concerné* », écrit Bostrom dans son article intitulé « *Are You Living in a Computer Simulation ?* » (« *Et si nous vivions dans une simulation informatique ?* », in *Philosophical Quarterly*, 2003, Vol. 53, n° 211). Ainsi, le programme n'aurait pas à suivre à chaque instant chaque particule ou chaque galaxie dans ses moindres détails mais, dans les cas où ces données sont requises, le programme serait suffisamment précis pour présenter une réalité parfaitement cohérente. Les êtres humains eux-mêmes

ne feraient pas forcément l'objet d'une simulation détaillée à chaque instant ; la conscience que nous avons de nous-mêmes dépend en effet des circonstances. À la différence du personnage de Linus dans la bande dessinée *Peanuts*, nous n'avons pas en permanence conscience des mouvements de notre langue dans notre bouche : la simulation n'aurait donc pas besoin de maintenir au premier plan les activités de fonctionnement de notre langue.

Une copie imparfaite, faute de moyens ?

Les physiciens modernes ont l'habitude de concevoir des univers simulés mais, en cela, ils ne prétendent pas forcément imiter la réalité. Quand j'ai demandé à Bostrom ce que notre expérience pouvait nous apprendre sur la simulation hypothétique, voici ce qu'il m'a répondu : « *Le réalisme présente un coût computationnel. À supposer que nous vivions dans une simulation, celle-ci doit impliquer un réalisme maximal pour un coût computationnel minimal. Plusieurs objets ne sont donc pas simulés dans leurs moindres détails, en particulier s'ils sont éloignés de notre centre de focalisation.* » Pour employer une métaphore picturale, les éléments qui figurent au premier plan d'un tableau sont représentés de manière plus détaillée que ceux qui figurent à l'arrière-plan et qui, eux, peuvent être stylisés. Les détails les plus proches de nous doivent être très précis, mais ceux qui composent une galaxie lointaine que nous n'aurons jamais l'occasion d'explorer n'ont pas besoin d'être rendus dans la simulation.

À en juger par notre expérience, nous pouvons également établir que la simulation est orchestrée par nos descendants plutôt que par ceux de créatures extraterrestres. Étant donné le coût computationnel qu'implique la simulation de chaque espèce intelligente et consciente, la simulation se concentre sur les endroits où elle est le plus nécessaire. Ici encore, je cite Bostrom : « *En principe, il est possible que nous soyons le produit dérivé de la simulation d'ancêtres d'une autre espèce, mais la capacité de calcul nécessaire à l'élaboration de simulations aussi détaillées à l'échelle galactique serait bien trop grande.* »

« Peut-être les extraterrestres ne font-ils pas partie du programme. Peut-être qu'une seule civilisation planétaire peut être simulée »

Que nous soyons le produit d'une expérience réalisée par nos descendants humains ou bien par une autre espèce, Bostrom estime que le nombre observé de planètes en orbite autour d'autres étoiles conforte la probabilité des simulations d'ancêtres. Même si les civilisations sont relativement rares et celles qui survivent assez longtemps pour simuler des ancêtres le sont encore plus, l'Univers est vaste et les planètes nombreuses : Bostrom argue ainsi que, pour invalider son hypothèse, il faudrait que « *presque toutes se soient abstenues de créer des simulations d'ancêtres* ».

Au-delà de ses implications philosophiques, l'hypothèse de la simulation peut contribuer à résoudre des problèmes scientifiques. Puisqu'il existe un certain nombre de planètes semblables à la Terre, il n'est pas impossible qu'il existe aussi d'autres civilisations capables de communiquer ou de circuler d'une étoile à l'autre. Nous n'en connaissons encore aucune, ce qui nous amène à nous demander où se cachent les extraterrestres. Mais, si nous évoluons dans une simulation, peut-être les extraterrestres ne font-ils tout simplement pas partie du programme. Peut-être qu'une seule civilisation planétaire peut être simulée sans atteindre les limites de la capacité de calcul.

De même, le fait que les physiciens soient incapables de formuler des théories unifiées pour l'ensemble des forces s'explique peut-être par une inadéquation de la simulation. L'hypothèse de la simulation pourrait même résoudre le problème de « l'ajustement fin » (*fine tuning*, en anglais) : les paramètres de notre univers sont tels qu'ils ont permis l'émergence de la vie, mais la moindre variation dans ces paramètres aurait abouti à un cosmos sans vie. Un univers simulé pourrait être conçu de manière à permettre la vie, ou être le résultat d'une expérience réussie dans laquelle plusieurs paramètres possibles ont été testés avant que la vie ne soit possible. Les cosmologues procèdent aujourd'hui à des simulations semblables (mais plus rudimentaires) en vue de déterminer si le cosmos tel que nous le connaissons aurait pu résulter de conditions de départ aléatoires.

En cas de bug, contacter l'administrateur

Bostrom pousse plus loin encore son argument en faveur de la simulation : « *En cas de bug dans le programme, il suffit que l'administrateur édite les états du cerveau qui a pris conscience d'une anomalie avant que celui-ci ne fasse capoter la simulation. L'administrateur a également la possibilité de revenir quelques secondes en arrière et de recommencer l'expérience de manière à éviter le bug.* » L'hypothèse selon laquelle la simulation dans laquelle nous vivons disposerait d'une correction d'erreur en temps réel est troublante à plusieurs égards. Cela pourrait en effet remettre en cause les fondements même de la science : qu'est-ce qui empêcherait le simulateur de modifier à sa guise les lois de la physique pour tester les paramètres ou tout simplement pour nous faire tourner en bourrique ? Le programmeur s'apparenterait alors à un dieu capricieux, voire à un malin génie, dont la présence serait indétectable.

Si Bostrom cherche avant tout à établir la probabilité de l'hypothèse selon laquelle nous vivons dans une simulation, les scientifiques qui abordent cette problématique sont confrontés à d'autres questions. La science, elle, s'intéresse à ce qui peut être vérifié par l'expérience ou l'observation. Or il s'avère que nous pouvons effectuer certaines déductions à partir de la simulation dans laquelle nous vivrions.

Premièrement, à supposer que nous vivions dans une simulation, celle-ci devrait être régie par un ensemble de lois bien définies, aux variations dynamiques infimes. Cela tient à la prédominance séculaire de l'approche scientifique. En fait, l'hypothèse de simulation est potentiellement investie d'une valeur explicative : si notre univers obéit à des lois relativement simples, c'est parce qu'il a été programmé ainsi. Et les modifications introduites ici ou là par le simulateur pourraient permettre de rendre compte des neutrinos « plus rapides que la lumière » observés en 2011 : le programme contenait une erreur qui a

faussé les mesures mais qui a finalement été rectifiée (à ce jour, rien ne justifie de croire que les neutrinos aient véritablement été investis d'une vitesse supraluminique, puisque cette anomalie trouve une explication toute prosaïque ne faisant intervenir aucune théorie alternative extraordinaire).

Aucun élément de cette législation cosmique ne nous autorise néanmoins à déterminer si nous vivons ou non dans une simulation. Si le programme est suffisamment bien conçu et ne comporte pas d'indices évidents ni de messages cryptés laissés par ses concepteurs, alors n'importe quelle expérience que nous mènerons produira les mêmes résultats, que notre cosmos soit simulé ou non. Quoi qu'en disent les philosophes, nous n'avons donc aucun moyen de déterminer si nous vivons dans un monde virtuel. Nous sommes peut-être dans une simulation mais, en fin de compte, cela n'a aucune incidence sur la manière dont nous menons notre vie, pas plus que n'en aurait l'existence d'un dieu impersonnel.

D'autres lois, un autre réel ?

Il est également possible que notre monde soit une simulation mais qu'il obéisse à d'autres lois que le monde des programmeurs. Il est en effet fréquent que les scientifiques génèrent des modèles qui, sans correspondre directement au monde réel, contribuent simplement à affiner leurs théories. Dans le cas où cette simulation serait une copie imparfaite, peut-être le codage informatique sera-t-il détectable par endroits. À supposer que l'Univers soit une simulation numérique semblable à celles qu'élaborent les physiciens nucléaires modernes, alors il arrivera peut-être un moment où les simplifications nécessaires du programme viendront contredire les prédictions de la physique fondamentale.

Prenons l'exemple des noyaux atomiques composés de protons et de neutrons, eux-mêmes composés de quarks. Tous ces composants supposent que l'on comprenne la force nucléaire forte qui les lie ensemble, même si les interactions complexes des particules libres, à l'instar des électrons, nécessitent une approche différente. L'énergie contenue dans les noyaux est cependant telle que les physiciens sont bien en peine de calculer les interactions faisant intervenir plus de deux particules simultanément.

À un tel niveau de détails, les protons, les neutrons et autres particules (désignées collectivement sous le nom de hadrons) s'effacent au profit de leurs éléments constitutifs, à savoir les quarks et les gluons, vecteurs de la force qui lie tout ensemble et qui (pour la différencier de celle qui lie les noyaux entre eux) est appelée « force de couleur ». Mais les gluons sont eux-mêmes exposés à la force de couleur, ce qui complique considérablement notre affaire : la méthode habituellement employée en théorie quantique pour calculer les interactions aboutit à des nombres infinis. Puisque cela ne correspond pas au comportement des particules réelles, le problème tient forcément aux méthodes des physiciens.

Quand la physique repose sur un trucage

La théorie censée décrire les quarks, les gluons et leurs interactions est la chromodynamique quantique (« chromo » renvoyant à « couleur »). Les physiciens ont avancé plusieurs théories pour contourner les problèmes mathématiques, mais, à ce jour, la seule théorie fiable repose sur un trucage.

Au lieu de les laisser se mouvoir en tous sens, les physiciens nucléaires font en effet comme si les particules se déployaient sur un réseau tridimensionnel, à l'instar des atomes de cristal solide. Étant donné que l'énergie augmente à mesure que les quarks se rapprochent les uns des autres, les obliger à rester à distance fixe permet de gérer leur nombre et de reproduire tout de même les comportements observés dans un cadre expérimental. Ce mode de calcul numérique est appelé chromodynamique quantique sur réseau.

La chromodynamique quantique sur réseau fait intervenir plusieurs approximations. Elle suppose notamment que le réseau soit infiniment grand, pour éviter que des complications ne surviennent à ses frontières et que les quarks (les nodes) soient arbitrairement proches les uns des autres. Or, dans le monde réel, les particules ne sont pas organisées en réseau, encore moins sur un ensemble de cubes. Ici encore, l'analogie picturale est pertinente : la chromodynamique quantique sur réseau présente un tableau réaliste, mais, à y regarder de plus près, nous voyons les touches de pinceau qui révèlent son caractère factice.

Le principe simplificateur de la chromodynamique quantique sur réseau, seule méthode cohérente dont disposent les physiciens nucléaires pour décrire les quarks, enfreint le principe de relativité formulé par Albert Einstein. D'après la théorie de la relativité, le continuum espace-temps ne se déploie pas dans une direction bien définie. Or, le réseau que décrit la chromodynamique quantique a des points et des directions bien précises, correspondant aux connexions entre les nodes. Cela implique que les lois de la relativité ne fonctionnent que suivant ces directions, mais pas, par exemple, à 45 degrés d'écart entre elles. Si les points particuliers sont suffisamment rapprochés les uns des autres, les expériences que nous réaliserons ne décèleront rien d'étrange, ce qui explique que les physiciens recourent à des approximations toujours plus fines pour réduire le réseau jusqu'à ce qu'il ressemble à l'espace-temps normal. Pour faire correspondre la théorie à l'expérience, ces infractions à la théorie de la relativité importent peu, dans la mesure où la chromodynamique quantique sur réseau est toujours considérée comme une approximation d'un ensemble de principes plus profonds : le tableau est une représentation de la réalité, mais il n'est pas la réalité elle-même.

« Faute de théorie convaincante sur les motivations sous-tendant les simulations, difficile de déterminer si une simulation ressemble à l'univers du simulateur »

Nick Bostrom, philosophie

Le fait que des collisions à forte énergie comme celles que produisent les rayons cosmiques présentaient des comportements plus semblables à la chromodynamique quantique sur réseau qu'aux prédictions de la relativité pourrait indiquer que nous sommes dans une simulation dont les programmeurs prennent les mêmes libertés que les physiciens nucléaires modernes. Cependant, comme dans n'importe quelle expérience, nous devons interpréter les résultats à la lumière d'une théorie. Il est possible, par exemple, que la simulation hypothétique dans laquelle nous vivons n'ait pas vocation à représenter la réalité sous-jacente. Comme le fait remarquer Nick Bostrom, nos descendants envisagent peut-être d'autres passés possibles fondés sur des lois physiques différentes : « Une simulation pourrait aussi être menée pour des raisons non instrumentales, et celles-ci pourraient appeler soit un réalisme maximal, soit quelque chose de très différent de l'histoire originale. En fin de compte, faute de théorie convaincante sur les motivations qui sous-tendent la plupart des simulations, il est difficile de déterminer à partir d'une simulation si celle-ci ressemble à l'univers du simulateur. »

Silas R. Beane et ses collègues de l'université de Bonn considèrent d'autres déviations testables dans cette perspective (y compris un comportement anormal du muon, particule similaire à l'électron mais bien plus lourde). Ce schéma est pourtant faillible à plusieurs titres. Le programmeur de la simulation n'utilise pas forcément le même codage que les physiciens nucléaires et, dans ce cas, les déviations prévues n'auront pas lieu d'être. Il se peut aussi que la déviation intervienne à un degré d'énergie tel que nous ne la détecterons pas de si tôt. Enfin, l'espace-temps se déploie peut-être en réseau pour des raisons autres que celle de la simulation, une éventualité sérieusement envisagée par nombre de physiciens.

Beane, Davoudi et Savage, qui ont cherché à vérifier l'hypothèse de simulation, le savent bien, et il ne faut pas croire que ce soit là l'objectif principal de leurs recherches. Il suffit de parcourir la bibliographie de Beane, sur la base de données Inspire-HEP (une gigantesque bibliothèque en ligne et en libre accès qui facilite les communications entre physiciens spécialisés dans l'étude des particules), pour constater que c'est là le seul article qu'il ait jamais consacré à ce sujet ; l'ensemble de ses publications a trait à des recherches classiques dans le domaine de la chromodynamique quantique sur réseau. Ses collègues et lui-même ne prennent assurément pas à la légère leurs travaux sur la simulation cosmique, mais ces préoccupations sont étrangères à la grande majorité des chercheurs : même s'ils s'intéressent à ces questions, ils ne consacrent pas leur vie entière à y apporter des réponses.

Cela tient notamment à des considérations pragmatiques : il est possible d'obtenir des financements pour mener des recherches fondées sur les paradigmes traditionnels de la physique moderne, mais il est autrement plus difficile de financer des recherches relatives à des questions philosophiques insolubles et, soit dit en passant, bien peu rentables. Malgré ce que voudraient nous faire croire les magazines de vulgarisation scientifique, rares sont les carrières fondées sur les grandes questions sur la vie, l'Univers, etc. La raison pour laquelle les découvertes scientifiques révolutionnaires (comme la mécanique quantique dans les années 1920) sont si peu nombreuses, c'est qu'elles sont ardues. La science avance à tous petits pas, sans grand spectacle, mais nous ne nous en plaignons pas.

Pour envisager le cosmos comme une simulation, encore faut-il poser des questions scientifiques pertinentes, aux conséquences vérifiables. À supposer que nous vivions dans un univers simulé, dont le programmeur peut intervenir et régler les bugs en temps réel, nous ne serons pas forcément en mesure de faire la différence entre un cosmos réel et un cosmos simulé. Cela vaut aussi dans le cas où la simulation ne présenterait pas d'imperfections décelables. Même un argument philosophique probant en faveur de la théorie selon laquelle nous vivons à l'intérieur d'un programme informatique semble vain s'il ne peut être étayé par des preuves issues de l'expérience.

À la question de savoir si nous vivons dans une simulation, je serais tenté de répondre par la négative, et pas seulement parce que je refuse de croire en l'existence d'une intelligence qui soit indifférente ou qui programme des êtres pour souffrir sans raison. (Pourquoi ne pas simuler plutôt un paradis ?)

La science procède par généralisation, par abstraction et par simplification. Simuler un univers tout entier de manière suffisamment détaillée pour y inclure des esprits conscients est une entreprise complexe, même si les lois fondamentales qui sous-tendent le programme sont simples. N'est-il pas fastidieux d'élaborer quelque chose d'aussi compliqué, quand un programme plus simple aurait tout aussi bien fait l'affaire ?

Mais ce ne sont là que des réflexions intuitives, plus ou moins valides. Il semble préférable de nous en tenir à l'empirisme, aussi peu attrayant soit-il. D'un point de vue scientifique, si nous sommes incapables de faire la différence entre un univers réel et un univers simulé, comment savoir si nous vivons dans une simulation ? Cette réalité est la nôtre, et c'est la seule que nous ayons.