

« D'AUTRES FENÊTRES POUR REGARDER LE RÉEL »

ENTRETIEN AVEC TRINH XUAN THUAN



**INVITÉ D'HONNEUR DES 39^{ES} RENCONTRES ÉCOSSAISES, LE GRAND
ASTROPHYSICIEN TRINH XUAN THUAN NOUS LIVRE SA VISION DE
L'UNIVERS DANS UN ENTRETIEN MENÉ À BÂTONS ROMPUS AVEC ALAIN
CHAIZE. UNIVERS QUE L'ON PEUT TENTER DE COMPRENDRE AVEC
D'AUTRES OUTILS QUE CEUX DE LA SCIENCE SEULE, À L'INSTAR DE L'ART,
DE LA POÉSIE, DE LA MUSIQUE OU DE LA SPIRITUALITÉ.**

Alain Chaize ~ Que dire de l'homme face à l'univers ?

Trinh Xuan Thuan ~ De tous temps, dans toutes les cultures, l'homme a essayé de prêter un visage familier à ce qui l'entoure afin de dissiper son angoisse des espaces infinis. Il y a quelques 10 000 ans, l'homme vivait dans un univers mythique et pensait que tous les phénomènes naturels, y compris la création de l'univers, étaient la conséquence des actes de Dieu. On pourrait ainsi citer l'univers mythique égyptien dans lequel le ciel était représenté par le corps de la belle déesse Nout et les étoiles par ses bijoux, mais aussi l'univers mythique indien, créé par la danse du Dieu Shiva, et l'univers chinois, dans lequel l'interaction des deux forces polaires appelées Yin et Yang façonnent le monde. Cet univers mythique dura quelques milliers d'années. Au VI^e siècle avant Jésus Christ, dans un endroit au bord de la Méditerranée qui s'appelait Ionie et qui s'appelle aujourd'hui Grèce, une poignée d'hommes extraordinaires eut l'intuition que le savoir n'était pas l'apanage exclusif de Dieu, mais qu'il pouvait être partagé par la raison humaine. C'est ainsi que les Grecs proposèrent pour la première fois un univers cosmologique, un univers géocentrique où la Terre occupait la place centrale, et où tous les objets célestes tournaient autour de la Terre, incrustés dans des sphères cristallines transparentes. Cet univers géocentrique durera quelques 2 500 ans ! Bien sûr, cela arrangeait l'égo humain d'être au centre du monde. Mais cela ne concordait pas avec les observations des positions des planètes qui devenaient de plus en plus précises.

**L'HOMME S'EST
CONSIDÉRABLEMENT
RAPETISSÉ DANS
L'UNIVERS**

Ce n'est qu'en 1543 qu'un chanoine polonais du nom de Nicolas Copernic délogea la Terre de sa position centrale et mit à sa place le Soleil. La Terre fut reléguée au rang d'une simple planète, comme toutes les autres. Ce modèle héliocentrique expliquait beaucoup mieux les mouvements des planètes dans le ciel, par des calculs beaucoup plus simples. Et depuis, le fantôme de Copernic n'a pas cessé de nous hanter ! Les astronomes ont démontré que le Soleil n'était pas au centre de la Voie lactée, mais qu'il était une simple « étoile de banlieue » à 26 000 années-lumière du centre galactique, perdu parmi les centaines de milliards de soleils qui composent notre galaxie. On a alors pensé que si le Soleil n'était pas au centre du monde, c'est que la Voie lactée devait contenir tout l'univers. Patatras ! Les astronomes démontrent que la Voie lactée n'est qu'une parmi les centaines de milliards de galaxies qui peuplent l'univers observable. L'homme s'est considérablement rapetissé dans l'univers.

A. C. ~ Alors quand on veut évoquer l'histoire de l'univers, pour vous, la bonne question à vos yeux, c'est le Big Bang « avant » ou le Big Bang « après » ?

Trinh Xuan Thuan ~ Pour moi, il n'y a pas de doute que c'est le Big Bang *et après*. Parce qu'en fait, comment l'astronome reconstruit-il l'histoire de l'univers ? En extrapolant les lois physiques connues aujourd'hui vers le passé, afin d'arriver au temps *zéro*. Mais nous ne pouvons pas extrapoler les lois physiques jusqu'au temps *zéro*, car il existe une limite appelée le temps de Planck. C'est un temps qui est extrêmement petit : 10^{-43} seconde !

Et la raison pour laquelle on ne peut pas extrapoler jusqu'au temps zéro est que la physique connue perd pied au temps de Planck. On pense que dans les temps primordiaux, c'est l'infiniment petit qui a généré l'infiniment grand. Pour décrire l'univers au début, il nous faut donc unifier les deux théories qui servent de piliers à la cosmologie contemporaine : la mécanique quantique qui décrit l'infiniment petit, et la relativité générale d'Einstein qui décrit l'infiniment grand. Les deux théories devraient s'unifier aux premiers instants de l'univers, mais on ne sait pas encore comment les unifier. On pense que l'univers est né, il y a 13,8 milliards d'années, à partir d'un état extrêmement petit, chaud et dense, dans une explosion fulgurante appelée «Big Bang». Il y avait un vide rempli d'énergie – parce que le vide n'est pas néant – qui s'est transformé en matière. L'univers en expansion s'élargit, se dilue et se refroidit.

Dans ses premières minutes d'existence, l'univers n'est qu'un immense accélérateur de particules élémentaires. Les quarks s'assemblent trois par trois pour

former des protons et des neutrons. Puis les neutrons et les protons se combinent pour former des noyaux d'atomes d'hydrogène et d'hélium. Si l'univers s'en était tenu là, nous ne serions pas ici pour en parler. Parce que les molécules d'ADN et les neurones de nos cerveaux sont faits d'éléments beaucoup plus lourds que l'hydrogène et l'hélium, et avec une chimie beaucoup plus complexe. Il fallait que l'univers invente les étoiles massives, que celles-ci fassent leur alchimie nucléaire pour donner naissance aux éléments lourds. C'est ce que le télescope James Webb va tenter de préciser en remontant le temps jusqu'aux premiers moments de l'univers, quelques centaines de millions d'années après le Big Bang. On pense que, pendant cette période, les premières étoiles et galaxies se forment et fabriquent les éléments lourds nécessaires à la vie et à la conscience. Puis, il y a 4,5 milliards d'années, dans une galaxie

appelée Voie lactée, un nuage interstellaire s'effondre sous l'effet de sa gravité, donnant naissance au Soleil ; et puis, sur la troisième planète du système planétaire autour du Soleil, l'homme apparaît, doué de vie et de conscience et capable de comprendre la beauté et l'harmonie de l'univers.

A. C. ~ On dit aujourd'hui qu'un peu plus des deux tiers de l'univers sont constitués d'énergie noire. Pouvez-vous, tout en restant le plus « simple » possible, tenter de nous décrire ce contenu de l'univers en termes de masse et d'énergie, comme vous avez commencé à le faire ?

Trinh Xuan Thuan ~ Malgré toute notre connaissance, nous ne savons presque rien encore de l'univers ! En fait, 95 % de la masse et de l'énergie de l'univers nous échappent encore. Nous ne connaissons que 5 % du contenu de l'univers. Les cen-

taines de milliards de galaxies contenant les centaines de milliards de soleils chacune, – ce qu'on appelle la masse visible – ne constitue que 0,5 %

de ce contenu de l'univers. Et nous savons qu'il y a environ 4,5 % de masse noire, de masse qui n'émet pas dans la lumière visible, mais qui émet dans d'autres formes de lumière. Mais, des 95 % de l'univers qui restent, nous n'avons aucune idée précise. Nous pensons que de ces 95 %, il y a 25 % de masse noire qui n'émet aucune sorte de lumière et dont nous ne savons aucune-ment la nature. Mais nous savons que cette masse noire existe car nous pouvons mesurer son influence gravitationnelle. Sans elle, les galaxies et les amas de galaxies se désagrégeront. Qu'en est-il des 70 % du contenu de l'univers en masse et énergie qui restent ? On l'appelle « l'énergie sombre », pour faute de plus d'information. Sa découverte a causé une immense surprise : avant, on pensait que l'univers ne contenait que de la matière. Cette matière exerce de la gravité attractive qui devait freiner l'expansion de l'univers. L'univers devait donc

**ON PENSE QUE DANS
LES TEMPS PRIMORDIAUX,
C'EST L'INFINIMENT
PETIT QUI A GÉNÉRÉ
L'INFINIMENT GRAND**



décélérer. En 1998, à la fin du siècle, deux équipes d'astronomes ont tenté de mesurer cette décélération de l'univers. Or, le résultat fut un coup de tonnerre, contraire à toute expectation : au lieu de décélérer, l'univers est en accélération. Cette énergie noire semble exercer une mystérieuse force antigravité qui repousse au lieu d'attirer, et dont on ne connaît aucunement la nature. Voilà les deux grands problèmes de l'astrophysique contemporaine : la nature de la masse noire et celle de l'énergie sombre qui accélère l'expansion de l'univers.

A. C. ~ J'aimerais avoir votre avis sur cette fameuse théorie du multivers qui conduit à une perception encore plus vaste de tout ce que l'on est capable d'imaginer déjà. Vous nous avez ouvert des grandes pistes, mais c'est une piste encore supplémentaire, si j'ai bien compris ?

Trinh Xuan Thuan ~ Certaines théories prédisent une infinité d'univers parallèles en dehors de notre univers observable, formant un multivers. Mais pour l'instant, il

n'y a aucune observation pour soutenir la théorie du multivers. Ce sont seulement des théories. Sans base observationnelle, la physique s'enlise dans la métaphysique.

A. C. ~ Il y a un peu plus de 400 ans, Galilée affirmait que la nature était écrite en langage mathématique. Et pourtant,

vous vous souvenez que, au travers de son célèbre théorème, Gödel a établi les limites de la pensée rationnelle.

Quelle est votre approche personnelle en tant qu'astrophysicien sur ces fameuses limites ?

Trinh Xuan Thuan ~ Pythagore disait que le nombre est le principe, la base de tout phénomène. Les mathématiques nous ont beaucoup aidé à avancer, mais les mathématiques ont aussi montré les limites du raisonnement rationnel. La démonstration par le mathématicien autrichien Kurt Gödel en 1931 d'un des théorèmes les plus mystérieux de l'histoire des mathématiques a établi que, pour tout système arithmétique, il existera toujours des propositions qui ne pourraient être prouvées vraies ou fausses, c'est-à-dire

SANS BASE OBSERVATIONNELLE LA PHYSIQUE **S'ENLISE** DANS LA MÉTAPHYSIQUE



Vue de jeunes
étoiles en
formation par
le télescope
James Webb.

des propositions indécidables. C'est le fameux théorème d'incomplétude. Pour démontrer si des propositions sont vraies ou fausses, il faut sortir du système et imposer des axiomes supplémentaires, et donc le système en lui-même est incomplet. Pour moi, le théorème de Gödel implique qu'il existe des limites au raisonnement rationnel, et qu'il nous faut d'autres fenêtres que la science pour examiner le réel et avancer. Je pense que les fenêtres de la spiritualité, de l'art, de la musique, de la peinture ou de la poésie, peuvent nous aider à comprendre le monde.

A. C. ~ Alors justement, pour vous qui observez scientifiquement ce spectacle extraordinaire et infini de l'espace, est-ce que vous pensez que le sentiment du beau existe en sciences ?

Trinh Xuan Thuan ~ Le sentiment du beau existe et je frémis toujours devant la beauté de l'univers. Et je me sens connecté cosmiquement à chaque fois que je vais contempler l'univers avec les télescopes des grands observatoires. Qui n'est pas pantho d'admiration devant la forme circulaire parfaite d'un arc-en-ciel et cette arche multicolore qui surgit à la fin des orages ? Qui n'a pas été ébloui et fasciné devant la

merveilleuse palette des couleurs ocres et jaunes des couchers de Soleil ? Et moi qui ai la chance de regarder à travers les télescopes et vous qui pouvez regarder les images de Hubble sur internet, vous pouvez apprécier le fantastique paysage des pouponnières stellaires dans les galaxies, ou le tracé délicat des bras spiraux dans les galaxies lointaines. Mais il existe une beauté d'ordre encore plus abstraite, c'est l'ordre et la cohérence du monde. C'est parce que la nature présente des régularités, que son comportement est dicté par ce que nous appelons des « lois », que l'activité scientifique est possible et que je parviens à exercer mon métier de chercheur. Et puis il y a la beauté des théories : de l'avis de tous les spécialistes, la relativité générale d'Einstein est le plus bel édifice jamais édifié par un esprit humain. Et la relativité générale est belle parce qu'elle est conforme à la vérité et parce qu'elle prédit des choses qui ont toujours été vérifiées par l'observation. Je suis admiratif devant l'œuvre d'Einstein, qui a prédit les ondes gravitationnelles en 1915, il y a plus d'un siècle. La technologie a finalement rattrapé la théorie, ces fameuses ondes ont été détectées, et elles ont exactement les propriétés prédites par Einstein ! C'est extraordinaire et cela évoque un sentiment suprême de beauté.



Werner
Heisenberg.

A. C. ~ Dans vos nombreux ouvrages, vous affirmez que la nature joue du jazz. J'aime vraiment beaucoup cette image. Mais qu'est-ce que vous entendez par cette locution ?

Trinh Xuan Thuan ~ La science a subi un profond changement de paradigme au fil du temps. Quand Isaac Newton a conçu sa théorie de la gravitation universelle au XVII^e siècle, il pensait que le monde était déterministe. Qu'il suffisait de remonter le ressort de l'horloge et de laisser l'horloge fonctionner. Dieu était réduit au simple rôle d'un archiviste qui tourne les pages d'un livre cosmique déjà écrit ! Pierre Simon Laplace, qui était le chantre du déterminisme, pensait que si on pouvait connaître la position et la vitesse de chaque particule, on pourrait prédire exactement le futur. C'est-à-dire que le fait que nous sommes ici à parler serait déjà contenu dans la première fraction de seconde du Big Bang ! Mais il y a eu un profond changement de paradigme au début du XX^e siècle avec l'avènement de deux nouvelles théories. La première est la théorie du chaos. Les phénomènes chaotiques sont des phénomènes qu'on ne peut pas prédire : un petit changement de conditions initiales peut provoquer des changements exponentiels dans les résultats.

QUAND DEUX PARTICULES ONT INTERAGI, ELLES SE SOUVIENNENT

L'exemple qu'on donne souvent est celui d'un battement d'aile de papillon à Rio de Janeiro qui fait éclater un orage à Paris.

C'est l'indétermination des phénomènes chaotiques. L'autre grand changement de paradigme est dû à l'indétermination de la physique quantique, théorie née aussi au début du XX^e siècle. Werner Heisenberg a démontré qu'on ne pouvait pas simultanément mesurer avec une infinie précision, la vitesse et la position d'une particule. On ne peut donc pas prédire sa trajectoire avec certitude. Il existera toujours un flou quantique. Le principe énoncé par Heisenberg est appelé « principe d'indétermination ». Ainsi, la mécanique quantique et la théorie du chaos ont-elles conféré de la liberté à la nature. Ce qui fait que la nature est libre d'innover, comme le joueur de jazz qui brode autour d'un thème pour créer de nouveaux sons au gré de son inspiration et de la réaction de l'audience. La nature brode autour des lois physiques connues pour créer et inventer. Elle n'est plus enfermée dans un carcan déterministe, comme Isaac Newton le pensait.

A. C. ~ Et pour vous qui avez vraiment beaucoup écrit sur le rapport entre la science et le bouddhisme, quelles sont les idées fortes que vous pensez nécessaire de mettre en avant ?

Trinh Xuan Thuan ~ La science et le bouddhisme sont deux approches complémentaires vers la vérité

et utilisent tous deux des critères d'authenticité, de rigueur et de logique. Alors, si ces deux modes de pensée sont corrects, ils doivent se rencontrer quelque part s'ils décrivent le même réel. J'ai exploré cette question avec le moine bouddhiste Matthieu Ricard. Et les deux concepts principaux qui sont convergents, en science et dans le bouddhisme, c'est ce qu'on appelle le concept de l'interdépendance et le concept de l'impermanence.

L'interdépendance veut dire que les choses ne peuvent être décrites en elles-mêmes mais toujours en relation avec

d'autres choses. Par exemple, si vous regardez une table, vous ne pouvez pas la décrire toute seule ; il faut penser à l'arbre qui a donné le bois, au soleil et à la pluie qui ont nourri l'arbre, au menuisier qui a construit la table ou au boulanger qui a nourri le menuisier... En science, cette interdépendance a été démontré par des expériences d'intrication quantique. Quand deux particules ont interagi, elles se souviennent, et même si on les sépare de distances de milliers de kilomètres : vous faites quelque chose à l'une, l'autre le sait instantanément, sans aucune transmission d'information. Ainsi le monde est-il interdépendant.

Le monde est aussi impermanent. Tout change, tout bouge, tout évolue, rien ne peut être immuable. L'immutabilité des cieux défendue par Aristote est bien morte. L'univers a acquis une histoire : les étoiles naissent, vivent leur vie et meurent, pas à l'échelle d'une centaine d'années comme les êtres humains, mais sur des millions, voire des milliards d'années. Nous allons tous du berceau vers le tombeau. Nous pensons que nous sommes assis immobiles dans cette pièce, mais au moment même où je vous parle, la Terre nous entraîne dans sa rotation journalière et dans sa révolution annuelle autour du Soleil. Le Soleil à son tour nous fait faire un tour à travers le milieu interstellaire de la Voie lactée tous les

250 millions d'années, la Voie lactée tombe vers Andromède et ainsi de suite. Nous pensons que l'espace dans cette pièce est vide, mais au moment où je vous parle, il y a des milliards de particules virtuelles qui apparaissent et disparaissent dans des cycles de vie et de mort de 10^{-43} seconde.

Tout est interdépendant, tout est impermanent, et la science et le bouddhisme nous donnent le même message.

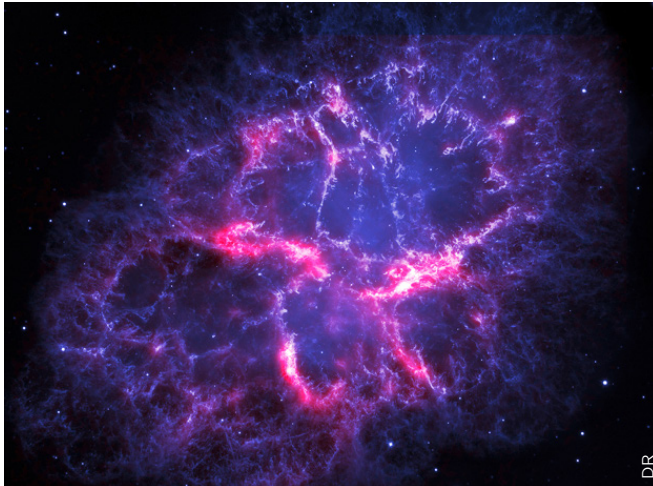
A. C. ~ Vous évoquez aussi ce mystérieux principe anthropique. Pouvez-vous nous aider à mieux le cerner ?

Trinh Xuan Thuan ~ Nous avons vu que l'homme n'est plus le centre du monde, qu'il s'est considérablement rapetissé dans l'univers. Alors, quelle réaction avoir devant ce constat ? Certains se sont adonnés au désespoir, à l'instar de Blaise Pascal, qui disait déjà au XVII^e siècle que « *Le silence éternel des espaces infinis m'effraie* ». Puis en 1971, dans son ouvrage *Le hasard et la nécessité*, Jacques Monod concluait que « *l'homme a émergé par hasard dans un univers qui lui est complètement indifférent* » : tout est hasard, rien n'a de sens, et l'univers se soucie comme d'une guigne de notre existence. Enfin, le prix Nobel américain Steven Weinberg renchérit en déclarant que « *Plus on comprend l'univers et plus il est dépourvu de sens* ».

Amas de
galaxies vue
par le télescope
James Webb.



La nébuleuse
du Crabe.



Je ne partage pas du tout cette opinion. En fait, je pense que, au contraire, la cosmologie moderne a réenchanté le monde. Elle a redonné du sens à l'univers, grâce à deux arguments qui nous relient au cosmos :

D'abord, nous sommes des poussières d'étoiles, nous sommes les descendants des astres. Nous sommes les cousins des coquelicots des champs et les frères des bêtes sauvages. Nous partageons tous la même généalogie cosmique.

Et puis, l'autre argument, c'est que l'univers est réglé de façon extraordinaire pour que les étoiles massives naissent, fassent leur alchimie nucléaire et créent les éléments lourds dont la vie et la conscience ont besoin. La précision du réglage de certaines constantes physiques et conditions initiales de l'univers est fantastique. Ainsi, la précision du réglage de la densité initiale de l'univers est-elle de 10^{-60} , c'est à dire que si vous changez un chiffre à la 60^e décimale, le destin de l'univers bascule. L'univers tend vers la vie et la conscience.



A. C. ~ Vous dites que l'indicible, pour vous, c'est l'univers. Et vous aimez parler de votre propre pari pascalien. Vous avez commencé à en parler en évoquant un principe créateur. Mais, selon vous l'univers a-t-il a un sens ?

Trinh Xuan Thuan ~ Oui, je pense que l'univers a un sens. Comme je vous l'ai dit, on peut choisir entre le hasard et la nécessité.

Jacques Monod, par exemple, opte pour le hasard. Dans ce cas, il suffit de postuler un multivers : la vaste majorité des univers parallèles aura une combinaison perdante de constantes physiques et de conditions initiales, sauf le nôtre qui, par hasard, a une combinaison gagnante et nous sommes le gros lot, en quelque sorte. La science ne peut donc pas éliminer l'hypothèse du hasard, mais il faut postuler un multivers. Or le multivers n'a aucune base observationnelle, et pour moi il est très important que toute science soit basée sur des observations. Je parie donc sur un seul univers. Mais, avec un seul univers, comment régler à 10^{-60} les constantes physiques et les conditions initiales ? Il faut alors postuler un principe créateur, ce que je fais. Mais attention, ce principe créateur n'est pas pour moi un « Dieu barbu », personnifié, qui s'occupe de nos affaires quotidiennes. C'est plutôt un principe panthéiste qui se manifeste dans les lois mêmes de la nature, tel que Spinoza et Einstein l'ont décrit. L'univers a un sens, et c'est nous qui le lui donnons en comprenant sa beauté et son harmonie. Et c'est donc à nous de ne pas générer du non-sens, en nous auto-détruisant et en détruisant notre belle planète bleue. ~

Propos recueillis par Alain Chaize

ALAIN CHAIZE
Membre du S.C.P.L.F.
Ingénieur — DG
Responsable logistique et animateur
des Rencontres écossaises