

Quant la Physique Rencontre la Biologie

Un Clin d'Oeil au COVID19

J.Mimouni, Départ. de Physique, LPMPs, Université de Constantine-1

Président, African Astronomical Society, AfAS

Publié dans El-Watan, 18 juillet 2020



Cet essai se veut être une conversation sur les deux grandes divisions des sciences actuelles ... et qui correspondent aux deux grandes orientations de nos élèves et étudiants: les Sciences de la Vie (Appelés «sciences naturelles» en Algérie) et les Sciences Exactes¹, l'un s'occupant du vivant et l'autre de l'«inerte». Après avoir analysé ces deux branches fondamentales, que nous appellerons ici simplement biologie et physique, et qui se parlent si peu, nous discuterons sur leurs destins en ce 21^{ème} siècle et peut-être même sur leur convergence.

Rappelons que le vocable science couvre tout ce qui est cognitif et a donc trait à la compréhension du monde naturel sous forme de lois, corrélations et catégories. La technique quant à elle, s'occupe d'applications et de réalisations pratiques, y compris la production de biens de consommation, et se réduit en dernière analyse à un problème d'optimisation. Elle est appelée Technologie dans notre système éducatif et constitue dans un contexte universitaire l'objet des «sciences de l'ingénieur». Notons que malgré ses corrélations fortes avec les sciences, la technologie n'a pas la même finalité ni ne procède de la même démarche, aussi elle ne nous concernera pas ici.

Explorer cette dualité étrange entre les deux branches irréductibles du savoir scientifique aujourd'hui, à aussi une finalité didactique par excellence, car au delà de l'intérêt propre à établir un état des lieux de ces deux disciplines fondamentales², c'est aussi faire un bout de chemin

¹ Notons que ces appellations sont confuses et à la limite schizophréniques. Ainsi la physique certainement étudie la nature autant que la biologie, tandis que le qualificatif d'«exactes» pour les «sciences exactes» utilisé exclusivement dans la sphère francophone a son origine dans des luttes philosophico-idéologiques qui relèvent plus de l'histoire des sciences.

² Nous avons déjà dressé un tel état des lieux pour les sciences de la matière dans un article précédent:

dans la compréhension de la science elle-même et de ses modes opératoires.

La pandémie de la COVID-19 est là pour nous rappeler que nous sommes encore loin de maîtriser les mécanismes du vivant, et aussi combien nous sommes désarmés devant le pouvoir de nuisance de simples bouts de gènes!

La Vie vient de loin...

Du feu ardent du Big Bang l'Univers est passé par différents épisodes de transformations particulières³ durant ses trois premières minutes de son existence pour ensuite se structurer et se complexifier. Les galaxies se sont ensuite constituées des premières étoiles à partir des fluctuations du fond cosmologique, le fameux CMB, fluctuations qui se sont amplifiées avec l'expansion pour engendrer les grandes structures galactiques que nous observons aujourd'hui. En parallèle, la nucléosynthèse stellaire avait lieu qui permit l'évolution chimique de procéder et produire l'immense diversité atomique du tableau périodique des éléments. En effet, ces éléments chimiques situés au-delà de l'hélium dans le tableau périodique⁴ ontensemencé le Cosmos au gré des explosions d'étoiles massives⁵ ce qui permit aux planètes «rocheuses» telles que la Terre, donc dotées de toute la palette d'éléments chimiques, de se condenser autour d'étoiles des générations subséquentes tels que notre Soleil, et donna ainsi à la vie une chance pour émerger. Puis dans le sillage des étoiles naissantes, se formèrent les planètes dont la géologie est le fruit de la différenciation des éléments en couches par effet gravitationnel ainsi que la formation et l'agrégation des divers minéraux par le jeu complexe des affinités chimiques. Enfin la vie émergea, sur Terre tout au moins, lors du refroidissement de la planète et lorsque les conditions favorables le permirent, quoique l'unicité de son émergence (Limitée à la Terre) ou sa multiplicité à l'échelle cosmique fasse encore débat.

D'autres formes de vie non humaines?

L'Homme dans son exploration toujours plus poussée du Cosmos finira probablement par rencontrer la vie une vie, sans nul doute différente de la «variante» humaine ici sur Terre. Ce n'est toutefois pas une certitude puisque notre présence, comme tout cas d'unicité en science ne nous permet pas d'extrapoler, mais cette conjecture se base sur un faisceau de présomptions que la biologie actuelle semble conforter. A quel degré se distinguera-t-elle de la notre? Sa biologie sera-t-elle à base de carbone et d'eau auquel cas on devrait pouvoir la reconnaître assez facilement si on en rencontrait? Si l'existence d'un code génétique semble être une nécessité pour caractériser des êtres self reproducteurs, cette vie sera-t-elle basée sur une sorte d'ADN? L'incroyable diversité des structures du vivant semble nous faire pencher vers des solutions

<https://www.elwatan.com/pages-hebdo/etudiant/astronomie-et-sciences-de-la-matiere-parlons-en-27-02-2019>

³ Nous faisons référence ici aux transitions de phase leptonique puis hadronique qui, à partir d'une soupe primitive faite grosso-modo de photons et de quarks, a enfanté les nucléons, puis lors de ce qu'on appelle la nucléosynthèse primordiale, fut engendré les deux éléments stables qui constituent encore aujourd'hui quelque 99% de la matière ordinaire de l'Univers; j'ai nommé l'hydrogène et l'hélium.

⁴ L'année dernière fut célébrée avec faste à travers le Monde le 150^{ième} anniversaire du Tableau Périodique des éléments, ce tableau conçu par Mendeleïev, ce savant russe qui systématisa les propriétés des éléments et de fait, structura la chimie.

⁵ Ces étoiles qui explosent en fin de vie, appelés supernovae, sont donc le moteur de l'évolution chimique de l'Univers grâce à cette nucléosynthèse stellaire. C'est dans ce sens qu'il faut comprendre cette formule choc que nous sommes tous «poussières d'étoiles», c'est à dire que les éléments chimiques dont nous sommes composés ont été élaborés au sein des étoiles qui ont précédées le Soleil.

élégantes basées sur une autre biochimie époustouflante d'imagination. Et si ces «brins» génétiques seraient aussi faits de nucléotides, cela serait probablement des nucléotides d'un autre genre avec des bases azotées responsables du codage différentes que les quatre bases habituelles, et sûrement d'autres acides aminés que les vingt utilisés ici bas sur Terre. A moins que la vie extra terrestre n'aurait pas le choix et devra emprunter des voies similaires à celles ici, avec à la carte une biochimie proche de la notre⁶. Ceci constitue l'objet d'une discipline nouvelle, l'astrobiologie, qui connaît un développement fulgurant ces dernières années, qui se consacre à chercher la vie en d'autres lieux que sur Terre et d'étudier les conditions de son apparition en général. Une discipline bien ambitieuse quand on songe que jusqu'à présent, elle n'a rien à moudre, ni bactérie extraterrestre et encore moins de Martiens!

Physique et biologie, une dichotomie irréductible?

Les différentes sciences se sont différenciées au fil des siècles derniers pour se spécialiser⁷. Puis des ponts se sont établis entre elles et sont apparus des disciplines telles que la physico-chimie, la géochimie, le paléo-magnétisme, la biologie moléculaire, démontrant s'il en fut nécessaire en pratique que l'union fait la force. Mais ceci ne constituait pour la plupart du temps que des juxtapositions utilitaristes. A un niveau plus fondamental, les sciences pour la plupart ont convergé remarquablement, non pour fusionner mais pour exhiber une éminente unité dans leurs objets de recherche. Ainsi la chimie découle de la physique atomique dont elle est intrinsèquement liée par le biais de l'équation de Schrodinger. La géologie découle de la chimie, de la thermodynamique et de la mécanique des fluides... Pourtant, deux disciplines fondamentales semblent refuser de se parler de manière irrémédiable. Cet irrédentisme entre l'inerte et le vivant est des plus profonds possible et semble constituer un point de démarcation indépassable. C'est bien cette dichotomie qui est à la base de cet essai.

Commençons par poser une question «cruciale» : Qu'est ce qui est la plus fondamentale des sciences, la physique ou la biologie? Toute personne sensée vous répondra que c'est la physique, cette discipline qui à partir de lois fondamentales vous explique le monde de la matière partant du plus élémentaire pour arriver au plus complexe, même si l'enjambement de certains niveaux pose encore problème. C'est ce que nous détaillerons dans ce qui suit. Sauf que toute consistance bue, nous nous attellerons ensuite à détruire allègrement ces «évidences» en montrant que c'est la biologie qui sans appel est la science la plus fondamentale. Puis nous montrerons que tout cela relève d'un faux dilemme, d'où la nécessité de surmonter cette opposition factice. En effet une convergence entre ces deux branches fondamentales des sciences durant ce nouveau siècle est dans l'ordre des choses. Elle s'alliera pour cela de manière intime avec l'informatique et en particulier à l'intelligence artificielle.

La physique, la grammaire de la Nature

⁶ C'est ce que défendent les tenants d'une convergence évolutionniste ou ceux de la Panspermie qui parlent d'une vie venue d'ailleurs qui aurait ensemencé la Terre à une certaine période lointaine. Cela donnerait pour simplifier des créatures du type Avatar.

⁷ Ainsi fut le cas en biologie avec la physiologie, la neurobiologie, la génétique, la biologie cellulaire... et pour le cas de la physique, avec la mécanique, la thermodynamique, la physique atomique...

Présentons le point de vue du physicien droit dans ses bottes. La physique est cette discipline fondamentale qui étudie la matière dans ses ultimes recoins, de la plus grande échelle possible, celle de l'Univers extragalactique, à celui des particules élémentaires du monde subnucléaire. Fortement mathématisée, elle est capable de décrire les phénomènes à différentes échelles avec un insolent succès. C'est ainsi le cas de la théorie quantique des champs (QFT) pour la physique subnucléaire, les équations de Navier-Stokes pour les fluides,...

Elle est à la base d'une multitude de disciplines au point où nous ne sommes pas assez conscient de son caractère fondamental! Elle couvre les sciences de la Terre et de l'Univers et même celles biologiques. D'ailleurs l'Univers n'est-il pas le laboratoire ultime pour l'étude de la matière dans des conditions physiques extrêmes. Même les sciences de l'ingénieur ne sont en dernière analyse que l'art d'optimiser les produits manufacturés et ouvrages bâtis en utilisant la physique! C'est de la physique «contrainte» .. En dernière analyse, chaque processus qui a lieu dans le monde matériel est à sa base physique, que la physique aie une bonne explication ou seulement partielle. La physique est pour les autres sciences ce que l'air que nous respirons est pour la vie.

La Biologie, cette Supra physique en Mutation

Les deux disciplines se sont tournées le dos des siècles durant. Toujours aujourd'hui pour nos étudiants munis d'un bac science, c'est ou les sciences de la vie ou celles de la matière c'est à dire la Physique et Chimie⁸. En fait, il est évident que la discipline la plus fondamentale des deux est bien celle qui étudie le vivant, cet extraordinaire «état» de la matière qui ruisselle d'intelligence et d'où a émergé pour les êtres évolués cet état de self perception avec cette capacité d'introspection qu'est la conscience. Les phénomènes qui relèvent du vivant sont d'une complexité telle que leur appliquer la physique est comme utiliser un marteau pour analyser un micro circuit électronique. La vie en effet consiste en des structures supra-physiques d'une incroyable diversité que la chimie du carbone a rendu possible, ainsi que des métabolismes d'une prodigieuse complexité. Ce n'est que depuis quelques décennies que nous commençons à appréhender les mécanismes du vivant dans leur intimité et ce en partant au niveau de la biologie moléculaire. Ce que nous ne connaissons pas encore est probablement plus vaste que ce que nous avons mis le doigt dessus jusqu'à présent.

Le vivant forme aussi, corrélé à son incroyable complexité, les structures matérielles de loin les plus fragiles de tout le monde matériel. Ainsi une structure vivante multicellulaire ne peut exister que dans des habitats spécifiques et dans une fourchette de conditions physiques de pression, température, humidité, alcalinité, composition atmosphérique très étroite. Grosso modo, le seul milieu habitable pour l'humain est la Terre. Et encore, que l'Homme puisse occuper quasiment tous les milieux présents sur Terre, du Grand Nord à la forêt tropicale, est à mettre sur le compte de son intelligence qui lui a permis d'adapter son mode de vie et notamment de confectionner des vêtements et construire des habitats artificiels adéquats.

⁸ Bien sûr la chimie à sa place dans le concert des sciences, mais épistémologiquement parlant, on peut la considérer comme faisant partie de la physique, ou des sciences physiques plus diplomatiquement. Formellement, l'équation de Schrodinger qui est une des équations fondamentales de la physique atomique, est la base de notre compréhension des liaisons chimiques et constitue bien le lien fondamental avec la physique. Mais aucun impérialisme de la physique n'est sous entendu, et même si toutes deux étudient la même «matière», les buts et moyens sont assez différents. Mais si cette sorte de protectorat méthodologique de la physique indispose nos collègues chimistes, à eux de substituer là où apparaît le mot physique celui de physico-chimie. Si on y adjoint les mathématiques, nous obtenons les Sciences Exactes.

Et ce qui est remarquable, c'est que la physique n'a toujours pas grand chose à dire sur les objets de la biologie. Plus précisément elle n'a rien à dire sur la vie elle même, même si bien entendu tous les processus vitaux procèdent fondamentalement par des interactions physiques. Ne nous leurrions pas, des disciplines telles que la biophysique ou la biochimie ne sont que l'utilisation d'outils «grossiers» de la physique et la chimie pour quantifier des effets biologiques. Elles permettent certes de préciser les conditions physico-chimiques de leur occurrence et de faire des bilans d'entrée-sortie des différents métabolismes, mais leur apport cognitif aux processus vitaux mêmes est quasi nul.

En fait, seuls des superlatifs peuvent être à même de caractériser la brèche béante qui existe entre la physique et la biologie. Peut-on en effet raisonnablement comparer une science de l'inerte à celle du vivant, de même que l'on ne peut non plus comparer un simple circuit RLC avec un microchip de dernière génération, ou un mort avec un vivant! Il est clair que la biologie est incommensurablement supérieure à la physique. Dit autrement, la matière inanimée qu'étudie la physique est un cas particulier extrêmement terne de la matière vivante. Les objets de la biologie sont certainement ontologiquement parlant incomparablement plus riches que ceux de la physique. Je dois arrêter là mes juxtapositions «outrancières» pour ne pas me mettre plus à dos mes chers collègues physiciens.

De l'Autonomie des Niveaux d'Explication

Il y a donc une incommensurabilité entre les deux disciplines, qui chacune s'occupent de domaines qui ne se recouvrent pas. Les lois de la biologie quoique compatibles⁹ avec les explications de la physique ne peuvent se déduire de cette dernière. Cela procède d'une problématique plus générale: Les différentes échelles sont autonomes les unes par rapport aux autres. Ces coupures sont bien connues: la physique subnucléaire ne peut faire la jonction avec celle nucléaire¹⁰, la chimie macromoléculaire avec le vivant, la biologie avec la psychologie...

Le Mystère du Vivant... et les leçons du COVID19

Au cœur de la biologie réside le mystère du vivant, le code génétique n'étant que son mode de réalisation. Whewell, comme Auguste Comte d'ailleurs, avaient reconnu en leur temps déjà l'originalité de la biologie et son caractère autonome par rapport aux autres disciplines. Personne qui a étudié la génétique et sa base moléculaire peut ne pas s'émerveiller devant cette incroyable complexité, élégance et génie du codage. Quatre nucléotides qui en groupes de trois pour chaque aminoacide interviennent pour le codage de base. Puis mentionnons ce mécanisme sophistiqué de transcription par l'ARN messager, ARN qui s'exfiltre ensuite du noyau pour rejoindre les ribosomes, ces usines à protéines avec leurs têtes de lecture dédicacées qui vont générer les vingt aminoacides du vivant. Enfin, parlons des enzymes, ces protéines spécialisées qui se déploient dans l'espace tridimensionnel pour s'imbriquer précisément à la protéine spécifique comme un véritable jeu de Lego miniature. Ces macromolécules extraordinaires font en fait travailler la biochimie à leur compte pour abaisser le taux d'activité d'une réaction

⁹ Ainsi, tous les processus biologiques obéissent aux lois de conservation de l'énergie, la locomotion de cellules grâce aux flagelles aux lois du mouvement de Newton, les propriétés du cytoplasme à la chimie des colloïdes...

¹⁰ Partant de la théorie QCD en physique des particules, on ne peut déduire les lois de la physique nucléaire.

donnée que la grossière chimie humaine ne saurait faire. Prenez tout le temps qui vous est octroyé par ces millions d'années d'essais et d'erreurs dans des milieux aussi favorables que vous désirez de la Terre primitive, vous ne pourrez reconstituer la première entité vivante avec son hypothétique brin primitif d'ARN et toute sa machinerie à fabriquer des protéines. Oparine et Miller, ces pionniers d'expériences de vie prébiotique dans les années cinquante n'ont même pas fait un saut de puce avec leur synthèse d'acides aminés et d'urée de leur soupe primitive de laboratoire¹¹ par rapport au chemin à accomplir. Le mystère du vivant aujourd'hui, malgré les prodigieux succès de la biologie moléculaire est encore non entamé. La crise mondiale due à la pandémie du COVID-19 ou un brin d'ARN considéré taxinomiquement comme «non vivant» à mis à genou l'humanité est là pour, s'il en fallait, pratiquer un peu plus la vertu d'humilité.

Pistes Non Darwiniennes

Ecartant l'hypothèse d'une apparition purement due au hasard, mais se tenant à une explication naturaliste, la seule acceptable dans un cadre scientifique, il y a la piste d'une évolution orientée¹² à la Conway Morris, Denton et autres, ou l'apparition de structures vivantes primitives relève de lois intrinsèques à la matière, lois qui restent encore à découvrir. L'autre piste qui rejoindrait celle du hasard mais en se donnant infiniment plus de temps et d'environnements est l'hypothèse de la panspermia, cette vie formée d'ailleurs et qui aurait atterri sur Terre avec la chute de météorites. Là nous avons en effet une vie qui aurait pu se former dans une des innombrables planètes de ces innombrables étoiles de notre Galaxy qui aurait driftée... Scénario fantastique qui, quoique impossible à écarter¹³ facilement, à la difficulté d'être indémontrable. Cela ne veut pas dire qu'un jour on n'arrivera pas à une vision plus précise de cette immense zone d'ombre entourant l'apparition de la vie. Mais à présent, le passage de molécules organiques aussi complexes que la chimie de laboratoire le permet, à une structure auto-répliquante avec matériel génétique prenant en charge de manière autonome la synthèse de molécules est inconcevable. Rappelons que l'autre théorie globale de la vie avant la découverte du code génétique était la théorie de la préformation ou ovisme¹⁴ ou on assumait que chaque embryon était le fruit du déploiement de structures pré-existantes dans l'oeuf et contenait tous les individus qui lui sont issues. En quelques sortes, ces germes de vie seraient des êtres vivants « miniatures » emboîtés comme des poupées russes. Cette théorie qui apparaît aujourd'hui bien obsolète était très répandue jusqu'au 19^{ème} siècle et était même soutenue en son temps par les encyclopédistes tels que Diderot et d'Alembert.

Notre Terre une planète bactérienne: les promesses de la biosphère profonde

Ecologie aidant, nous avons pris conscience que notre Terre est une planète bactérienne

¹¹ Il s'avéra ensuite que les milieux qu'ils avaient utilisés en laboratoire ne correspondaient pas aux conditions de la Terre primitive avec notamment leur emploi d'une atmosphère réductrice riche en hydrogène au lieu d'une atmosphère oxydante sans hydrogène qui régnait alors.

¹² Une sorte de structuralisme inscrit dans les lois du vivant.

¹³ Encore faudrait-il que ces bouts de vie puissent avoir bourlingué durant ces millions d'années dans l'espace intersidéral sans avoir été endommagés. Si d'autres sortes de vie seraient découvertes, elles seraient toutes issues d'une souche commune, et, à part les variations dues à l'évolution subséquente, elles devraient être reconnaissables comme faisant partie de la «famille».

¹⁴ Une division encore plus fondamentale était celle entre le vitalisme et le mécanisme, mais celle-ci aussi correspond à un débat dépassé. Un écho lointain de la notion d'élan vital Bergsonien et repris de manière plus poétique par nombre de penseurs depuis.

avec une biomasse supérieure en poids à celui de tous les organismes évolués. Ainsi on sait aujourd'hui que la majorité des bactéries de notre planète se trouvent non pas en surface ou dans les océans, mais sous terre à des profondeurs atteignant des kilomètres. Cette biosphère profonde dont la masse est estimée à quelque 23 milliards de tonnes constitue un réservoir inattendu de vie bactérienne qui prolifère depuis des milliards d'années. Il est un peu à la biologie ce qu'est la matière noire et l'énergie noire sont pour la physique. Plus fort encore, on a découvert dans ces abysses tout un spectre d'organismes, plutôt zombies, menant une vie latente et qui seraient « à peine vivants » selon la définition traditionnelle.

En un mot, le monde du vivant va bien au delà de ce que nous observons en surface ou ce que nous étudions dans nos Labos! Connaissant l'hyper-capacité d'adaptation du vivant, leur étude pourrait modifier de manière drastique notre compréhension de l'émergence de la vie sur Terre et de ses caractéristiques.

Les Promesses du XXIe Siècle

Tout ce qui précède était en fait un préambule à cette interrogation cruciale auquel nous voudrions y apporter notre grain de sel: que nous réserve ce présent siècle concernant ce dualisme vivant-inerte? En fait nous vivons déjà une période de bouleversements majeurs en biologie confrontée à un passage probable d'un réductionnisme moléculaire qui a dominé le XXe siècle, à une approche interdisciplinaire qui donne une large place aux phénomènes collectifs. Déjà la surprise pourrait venir du mécanisme HGT (Transfert horizontal de gènes) par lequel un organisme intègre du matériel génétique provenant d'un autre organisme sans en être le descendant, même si actuellement il ne s'applique de manière routinière qu'aux micro-organismes et non aux organismes complexes. Ce concept novateur nous projette au delà de la modalité Darwinienne de la préservation génétique ultra lente par le seul mécanisme des mutations. D'ailleurs, la notion d'espèce qui est à la base de la génétique traditionnelle ne s'applique déjà plus au monde microbien tant les échanges de gènes sont monnaie courante. Les virus et bactéries sont en effet un réservoir de gènes qui contribuent à la dynamique de l'évolution¹⁵, dotés en plus d'une remarquable capacité à reconstruire leur génome face à de sévères contraintes environnementales. Il faudrait désormais caractériser le vivant par un flux constant d'énergie, de molécules, mais aussi de gènes entre les organismes vivants et leur environnement! La biologie à papa est bien à mettre au musée....

Comme un clin d'oeil à la physique, une surprise pourrait aussi venir de l'application de la mécanique quantique à la biologie. Déjà des prémisses de cette biologie quantique qui tente de prendre pied est la boussole quantique aviaire, cette capacité des oiseaux migrateurs à s'orienter par rapport à la Terre¹⁶. Peut-être que le puzzle de la vie trouvera son explication dans cette étrange physique quantique, avec l'ubiquité des objets, le phénomène d'intrication, et la capacité des quanta à traverser des barrières classiquement impénétrables¹⁷.

¹⁵ Ceci est indiqué par une induction prophagique grâce à laquelle les virus latents dans les cellules peuvent être activés par l'influence de l'environnement. Ceci n'est certes pas du Lamarckisme ... mais pratiquement parlant c'est équivalent!

¹⁶ On pense que le mécanisme sensoriel biophysique au cœur de cette boussole quantique repose sur des réactions photochimiques magnétiquement sensibles au niveau des protéines cryptochromes de l'œil.

¹⁷ Ceci grâce au fameux effet tunnel, lui même intimement lié aux relations d'indétermination d'Heisenberg.

Conclusions

Nous avons exploré deux sciences fondamentales non incorporable, appelées à connaître des mutations profondes au cours de ce siècle. Au gré de nos déambulations multi-échelles et multidisciplinaires, nous avons vu comment la science du vivant est irrémédiablement détachée des autres sciences plus mondaines, et ceci encore pour un bon bout de temps à venir. Nous avons de plus argumenté que la biologie, une fois arrivée à maturité, trivialisera la physique, ou entrera en communion avec elle!

Il devrait être clair pour tout ambitieux étudiant des sciences aujourd'hui, que la biologie est la branche la plus prometteuse des sciences, même si dans notre pays elle en est avec la physique¹⁸ la moins prestigieuse ! Le bac ayant été décalé à septembre, ceci devrait être une aubaine pour ceux de nos bacheliers qui auront le courage de laisser de coté les branches prisées socialement (Médecine, pharmacie, chirurgie dentaire...) et feront le choix de La Science du XXIe siècle ou de son alliée la physique.

ET MONDE - Samedi 14 octobre 2020 - 18h

CONTRIBUTION

Quand la physique

Par Jean-Michel Moreau



Comme on le voit sur ces images, les deux sciences sont en train de se rapprocher. La physique, qui a été pendant longtemps la science la plus prestigieuse, est aujourd'hui en train de se rapprocher de la biologie. La biologie, qui a été pendant longtemps la science la moins prestigieuse, est aujourd'hui en train de se rapprocher de la physique. Les deux sciences sont en train de se rapprocher.

ET MONDE - Samedi 14 octobre 2020 - 17h

CONTRIBUTION

recontre la biologie

par Jean-Michel Moreau



Comme on le voit sur ces images, les deux sciences sont en train de se rapprocher. La physique, qui a été pendant longtemps la science la plus prestigieuse, est aujourd'hui en train de se rapprocher de la biologie. La biologie, qui a été pendant longtemps la science la moins prestigieuse, est aujourd'hui en train de se rapprocher de la physique. Les deux sciences sont en train de se rapprocher.

¹⁸ Ce sont les branches qui ne demandent point pour l'inscription à l'Université qu'une moyenne générale supérieure à dix grosso-modo.