

**ECOLE de RECHERCHES ASTROPHYSIQUES CHALONGE-de VEGA
PARIS**

DIALOGUE TERRE-COSMOS II
Échanges entre la Physique Quantique et la Biologie

Helios Jaime
Épistémologue de sciences
Chercheur en Linguistique
Dr en Littérature comparée

Resumé : Suivant sa conception sur l'épistémologie comme l'étude de la genèse des connaissances et de la correspondance entre les divers domaines du savoir, l'auteur de ce travail de recherches sur les relations entre *la physique quantique et la biologie*, pour comprendre les causes de ses relations précise que cette problématique avait été envisagée depuis l'antiquité grecque par les présocratiques *qui posaient la question: comment la nature invisible agit-elle sur la réalité visible*. Ce qui amène à essayer de répondre à la question *pourquoi la microphysique concoure-t-elle à la macrophysique et au fonctionnement biologique*. A cette fin, le concepteur de cette étude présente les recherches *sur la structure des cristaux périodiques et de l'ADN, analyse l'action de l'énergie solaire sur la photosynthèse et sur d'autres phénomènes biologiques, montre l'influence de son activité nucléaire sur les climats et expose l'application des positrons à l'examen physiologique*. Il propose de nouvelles voies de recherches *sur la superposition d'états des particules et la mutation des virus ainsi que sur la double intrication et les neurones empathiques*. Il montre que les échanges entre la physique quantique et la biologie ouvrent un nouvel horizon aux recherches interdisciplinaires et parviennent à susciter des problématiques philosophiques.

- **SOMMAIRE :**
- **Action de la nature invisible sur la réalité visible**
- **La nature dans le devenir**
- **Microphysique et biologie**
- **Le bras d'Orion et la vie**
- **Les positons dans la physiologie**
- **Échanges entre le soleil et la Terre**
- **La photosynthèse**
- **Biologie et physique quantique**
- **L'intrication quantique et les neurones miroir**
- **En guise de fin ouverte**

ECOLE de RECHERCHES ASTROPHYSIQUES CHALONGE-de VEGA
Paris

DIALOGUE TERRE-COSMOS II
Echanges entre la physique quantique et la biologie

Helios Jaime
Epistémologue de sciences
Chercheur en Linguistique
Dr en Littérature comparée

δις ἐς τὸν αὐτὸν ποταμὸν οὐκ ἂν ἐμβαίης
On ne peut pas entrer deux fois dans le même fleuve
Héraclite

Introduction : Dans la suite de mes travaux sur les correspondances entre la Terre et le Cosmos je vais développer une thématique qui intéresse de plus en plus la recherche épistémologique actuelle, c'est-à-dire, je vais essayer de répondre à la question suivante existe-t-il une interrelation entre la physique quantique et la biologie?

Bien que le développement de ces recherches soit plus accentué depuis la fin du siècle dernier et surtout dans ces années du XXI siècle, cette question avait déjà été suscitée par des grands penseurs dont les théories ont permis d'ouvrir un nouvel horizon aux sciences: Louis de Broglie et Erwin Schrödinger. Tous les deux, le prix Nobel français et le prix Nobel autrichien ont conçu l'idée qu'il pouvait avoir une relation intrinsèque entre la microphysique et la microbiologie. Leurs théories ont été exposées pour le premier dans son essai *Physique et Microphysique*, pour le second, dans son livre, *Qu'est-ce que la vie?* Dans mon travail, je vais les analyser un peu plus tard. Mais d'abord nous verrons que cette problématique trouve ses principes historiques épistémologiques dans la pensée de philosophes grecs.

L'action de la nature invisible sur la réalité visible

En fait, du point de vue historique et épistémologique ces scientifiques du XXe siècle ont voulu trouver une réponse à une ancienne question qui avait été posée par les savants grecs présocratiques, Empédocle, Démocrite et Héraclite: comment les éléments invisibles agissent sur la réalité visible? Empédocle dans sa *Περὶ φύσεως* (*Peri fuséos*, *De la Nature*) avait démontré que l'air était composé d'éléments dont l'action pouvait provoquer des

phénomènes visibles. Il soutenait que tout dans le cosmos comme sur la Terre il y avait une transformation continue et que par conséquent bien que les choses et les êtres soient individuellement périssables, l'énergie qui animait leurs transformations était perpétuelle: «Ainsi dans la mesure où l'Un naît naturellement du Multiple et qu'à son tour, par la division de l'Un, le Multiple se constitue, les choses naissent et ne durent pas éternellement. Mais, dans la mesure où le changement perpétuel est sans terme, elles subsistent toujours dans le cercle immuable de l'existence».

Dans son œuvre Περὶ τοῦ (Péri tou) que l'on pourrait traduire par «de la faculté de penser», Démocrite présente sa théorie qui va révolutionner toute la philosophie de l'époque. Bien qu'elle ait évolué vers d'autres principes physiques, elle garde, d'une certaine manière, sa vigueur: la structure du cosmos ainsi que la nature de la Terre sont constituées d'atomes invisibles qui conditionnent toute la réalité visible qu'elle soit strictement matérielle ou biologique. Les atomes sont illimités en grandeur et en nombre et ils sont poussés par un tourbillon (énergie) dans le tout. Ainsi naissent tous les composés, le feu, l'air, l'eau, la Terre voire le soleil et les astres.

Il conçoit un univers sans limites dont une partie est pleine et l'autre vide. Sa force arrive à créer des éléments et des mondes qui sont également infinis.

Toutefois, les théories d'Empédocle et de Démocrite n'expliquaient pas pourquoi les éléments constitutifs de la nature non seulement n'étaient pas stables mais de plus s'opposaient entre eux. Un philosophe du Ve siècle d'Éphèse, Héraclite, va essayer de trouver la raison de ces changements.

La nature dans le devenir

On ne connaît pas toute l'œuvre d'Héraclite mais seulement des fragments qui nous sont arrivés par d'autres philosophes comme Platon. Cependant, ces fragments qui ont été classés par les chercheurs nous permettent de connaître sa pensée sur la nature.

Héraclite pensait que le feu était à l'origine des phénomènes de la nature. Il avait choisi cet élément parce qu'il était le moins corporel et parce que sa manifestation prenait des formes qui changeaient à tout moment et en plus pouvait transformer la matière.. Mais, ce qui le motivait le plus à faire ce choix c'était le fait que cet élément avait une énergie tellement puissante qu'il pouvait engendrer d'autres formes de la matière : «Toutes choses s'échangent pour du feu et le feu pour toutes choses» (Fragment 90).

Héraclite va introduire une notion très importante pour la physique, celle de

tension. Il pense que ce principe pourrait expliquer la permanence relative des éléments mais aussi serait la raison de l'impermanence fondamentale des choses. Ces tensions sont invisibles car elles sont intrinsèques aux phénomènes et s'opposent constamment entre elles. Il peut y avoir un équilibre entre ces tensions mais il est instable en raison du fait qu'une tension peut être plus forte qu'une autre et cela provoque un changement et sa manière de se manifester peut être brusque ou graduelle selon les degrés de l'intensité des tensions. Ce qui explique le devenir des phénomènes de la nature.

Certes, ces processus impliquent des transformations constantes mais ils montrent aussi que ces transformations peuvent faire que les divers éléments de la nature, le feu, la terre, l'air, l'eau peuvent devenir l'un et l'autre: le feu peut devenir la terre, la terre l'eau, l'eau l'air et ainsi de suite: «les transformations du feu sont, en tout premier lieu, la mer, et la moitié de la mer est terre, la moitié prestère (ce mot désigne les effets de l'énergie de l'air comme le vent, le tourbillon entre autres) » (frag 31).

Pour Héraclite la fin d'un monde indiquait en même temps son recommencement, cette pensée il la représente par la circonférence: «Dans la circonférence d'un cercle, le commencement et la fin se confondent».

Cette pensée que la fin implique le recommencement pourrait être mise en relation avec la théorie que Roger Penrose expose dans son livre, *Les cycles du temps*: le big bang établit le commencement d'un univers mais aussi la fin du précédent car les deux se succèdent indéfiniment (Cycles of time, 2010).

Les réflexions sur la nature des penseurs grecs que j'ai mentionné expliquent pourquoi les Grecs plutôt que de les appeler philosophes, les désignaient par le nom de Φισιολογοι (fysiologoï), mot qui désigne ceux qui étudient la nature.

Par sa signification, le mot fysiologoï qui désigne Empédocle, Démocrite et Héraclite permet de comprendre pourquoi en cherchant l'action de l'invisible sur le visible ils sont les pionniers d'une quête qui, en quelque sorte, est repris par l'épistémologie astrophysique et biologique actuelle: comment la microphysique agit sur la macrophysique et anime la structure biologique. Bref, comment la nature est dans le devenir et cet énoncé rejoint le paradoxe énoncé par Héraclite se trouvant dans l'épigraphe de mon travail: “on ne peut pas entrer deux fois dans le même fleuve”.

La microphysique et la biologie

Lors de la première moitié du XX^e siècle deux grands scientifiques ouvrent un nouvel horizon à l'épistémologie interdisciplinaire: Louis de Broglie et Erwin Schrödinger. Ils sont à la recherche des relations entre la physique quantique et la biologie.

Selon Louis de Broglie, les antécédents de cette quête se trouvent dans l'hypothèse formulée par l'un des pionniers de la physique quantique, Niels Bohr. Le scientifique danois prend comme base le principe de complémentarité. Ce principe surmonterait l'apparente contradiction des phénomènes car les mêmes particules peuvent se présenter comme matière ou comme onde. Ainsi, les organismes vivants pourraient se présenter comme des processus physico-chimiques qui toucheraient le rôle des atomes et des particules sous-atomiques ou comme êtres biologiques organisés suivant des structures très complexes au niveau macroscopique.

Il est vrai que la structures organique des humains, animaux voire les organismes unicellulaires sont constituées par des atomes ou molécules. Les analyses montrent bien qu'ils contiennent du fer, calcium, hydrogène, oxygène et tant d'autres atomes que l'on retrouve dans l'organisation des étoiles ou dans d'autres sortes d'astres.

Cependant, si l'on veut réduire un organisme vivant complexe à de stricts processus physico-chimiques on perdrait la notion de vie car il faudrait minimiser tellement les cellules jusqu'à obtenir qu'elles finissent par se comporter comme des simples particules et non comme des organismes vivants.

Mais on peut trouver une autre voie pour essayer d'établir des relations entre la microphysique et la biologie. De Broglie cite les travaux d'un scientifique allemand, Pascual Jordan. Dans son livre, *La physique et le secret de la vie organique* (1^{ère} édition allemande, 1941, traduction française, 1959), celui-ci indique que la physiologie des organismes vivants peut être orientée par quelques centres se trouvant à l'intérieur des cellules, comme les gènes. Cela pourrait signifier que de la même manière la structure de la matière est due à l'activité des atomes et particules qui les constituent, l'organisation et développement des organismes vivants pourraient suivre des lois semblables à celles de la microphysique.

Cette particularité de la vie dont les multiples et diverses manifestations pourraient être déclenchées par des éléments ultra-microscopiques avait été signalée par un philosophe français, Henri Bergson. Dans son original essai, *L'évolution créatrice*, Bergson soutient que l'acte d'organisation biologique a comme origine un stricte minimum de matière et résulte comme d'une sorte de grande explosion créatrice. Cette idée ne laisse de présenter certaine

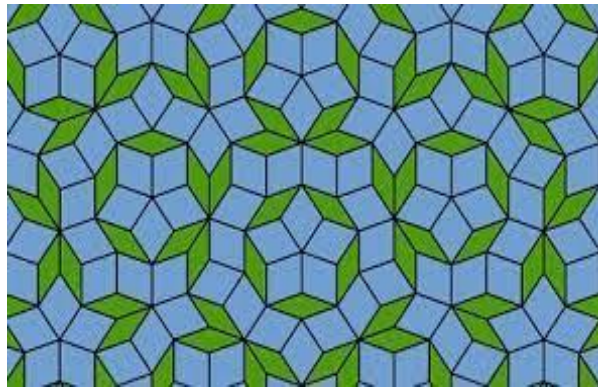
analogie avec celle dite du Big Bang qui aurait été à l'origine de l'Univers. Toutefois, les hypothèses proposées par de Broglie vont au-delà de l'organisation strictement matérielle des êtres vivants. Il s'intéresse aux processus psychiques. Dans son livre, *Physique et microphysique* (1951), il dit: "ce rôle directeur des éléments microscopiques subsiste dans quelques cellules de la substance grise de notre cerveau où siègent les mystérieuses puissances qui orientent toute notre activité intellectuelle, sentimentale et volontaire".

Bien que cette idée soit tout à fait originale il ne précise pas la nature de ces «éléments microscopiques». En fait, la conception épistémologique de de Broglie de la microphysique est qu'elle peut aborder des thèmes philosophiques comme les principes de la vie, de l'existence. C'est pour cette raison qu'il dit: «Si je me suis risqué à vous dire quelques mots en terminant sur ces hypothétiques perspectives d'avenir c'est pour achever de bien montrer tout l'intérêt philosophique de la jeune Microphysique».

Le cristal aperiodique et la génétique

Suivant les recherches des approches de la physique quantique et la biologie, Erwin Schrödinger qui, dans son livre *La Nature et les Grecs*, avait aussi montré son intérêt pour l'épistémologie grecque, donne en 1944 une série des conférences sous les auspices de l'Institut d'études avancées de Dublin. Ces conférences seront publiées sous le titre *What is life*. Pour expliquer la texture de l'ADN, il propose la disposition d'un cristal aperiodique. La structure d'un cristal aperiodique est définie comme un espace physique tridimensionnel où les atomes sont positionnés et auquel s'ajoutent des dimensions supplémentaires dans un deuxième sous-espace. Ainsi, à des échelles plus grandes il devient un cristal periodique.

La dimensionnalité des cristaux aperiodiques peut être synthétisée de la manière suivante: $3+1d$. Le chiffre 3 symbolise les dimensions du premier sous-espace, le d indique la dimension supplémentaire du deuxième sous-espace.



Bien que la structure proposée de l'ADN puisse être acceptée par la biologie, Schrödinger ne limite pas la vie à un cristal aperiodique capable de se reproduire lui-même et codant le système de protéines. Il pense que la constitution des êtres vivants tout en en augmentant leur ordre amplifie les gradients matière/énergie pour se maintenir loin de l'équilibre. En physique un gradient est défini comme le taux de la variation spatiale d'une grandeur physique. Mais, en biologie, le gradient indique les variations d'une substance ou propriété physiologique.

L'idée proposée par Schrödinger pourrait expliquer la tendance des êtres vivants à surmonter les effets de l'entropie. Je pense que d'une certaine manière la diversité des espèces vivantes pourrait être un exemple de cette spécificité des organismes biologiques. Il me semble que sur le plan de la microbiologie, cette hypothèse pourrait contribuer à expliquer l'extraordinaire pouvoir des virus de muter constamment.

La recherche des relations interdisciplinaires de la physique quantique contribue à expliquer aussi les phénomènes cosmologiques. C'est pourquoi on peut envisager que les relations entre la physique quantique et la biologie suscitent une autre thématique: existe-t-il une relation entre la cosmologie et la vie?

Le bras d'Orion et la vie

Encore une fois cette appellation, comme tant d'autres dans le cosmos, d'une zone de la Voie Lactée est due à la mythologie grecque. Orion était un chasseur aussi violent que beau faisant partie du panthéon grec. Il brillait par sa grande force. En cosmologie, le bras d'Orion est un bras en forme de spirale situé à 25.700 années-lumière du noyau de notre galaxie. C'est une zone qui contient les éléments nécessaires pour le développement de la vie. Cette zone est formée des étoiles jeunes et c'est là qu'est situé le système solaire.



Bras d'Orion

Le soleil est une étoile qui fonctionne comme un gigantesque réacteur nucléaire. La fusion des atomes d'hydrogène qui est produite dans son noyau dont la température atteint 15,5 millions de degrés déclenche une puissante énergie qui traverse les diverses couches de l'étoile pour s'étendre dans l'espace. Une partie de cette énergie arrive à la Terre et il est connu que c'est grâce au soleil que la vie existe sur notre planète.

Voyons de plus près comment est formée l'énergie solaire. La combinaison des atomes d'hydrogène produit des noyaux d'atomes de hélium. Ce processus de fusion est désigné comme la chaîne proton-proton. Les quatre protons du commencement de ce processus produisent un noyau d'hélium qui émet à son tour 2 positons, 2 neutrinos et des rayons gamma. Le positon, indiqué e^+ , est une particule élémentaire qui est l'antimatière de l'électron, c'est-à-dire qu'elle a la même quantité de masse mais à la différence de l'électron sa charge est positive. Ainsi, l'annihilation d'un électron par un positon produit une énergie en forme de rayons γ : $(e^- \rightarrow e^+) \rightarrow \gamma$.

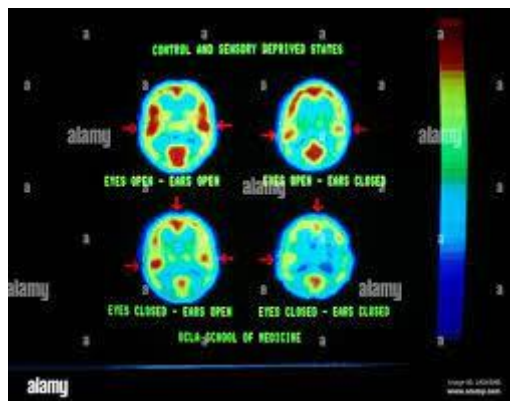
Les positons et la physiologie

Certes, l'étude des positons fait partie des recherches de la physique quantique mais ces particules élémentaires font aussi l'objet de la recherche physiologique et de son application à l'imagerie médicale.

L'un des résultats de l'application des positons à la physiologie est la caméra à positon. Cette application des positons à la physiologie est désignée par TEP: tomographie par émission de positons.

La TEP permet l'étude et la visualisation de l'activité cellulaire car elle explore la répartition des marqueurs radioactifs dans les organes. La matière radioactive émet des positons dont l'annihilation par la combinaison avec d'autres particules à charge opposée émet des photons. Le repérage de la trajectoire des photons émis par la caméra TEP concourt à la localisation de leur émission et focalise la concentration de tension radioactive dans chaque

coin de l'organe.



Images obtenues par la TEP

Echanges entre le soleil et la Terre

Dans mon *Dialogue entre la Terre et le Cosmos: échanges entre la cosmologie et l'astrophysique* (Ecole Internationale d'Astrophysique, septembre 2024) j'avais signalé que l'hélium qui est un élément essentiel de la fusion nucléaire solaire se trouve également dans la Mésosphère. Cette couche de l'atmosphère terrestre qui s'étend de 50 à 80 Km sur notre planète indique la transition entre la Terre et l'espace cosmique. Dans sa composition on trouve l'hélium He.

Toutefois, ces échanges ne se limitent pas aux éléments, ils comprennent aussi une activité magnétique dont la fonction est fondamentale pour la vie sur la Terre.

Une des couches solaires est la magnétosphère. Elle se constitue dans la région la plus profonde de la zone convective de notre étoile dite Tachocline. La convection désigne le transfert de la chaleur c'est-à-dire, de l'énergie dans certaines couches spécifiques de l'étoile. Ainsi, le plasma chaud monte vers l'extérieur tandis que le froid tend vers les profondeurs.

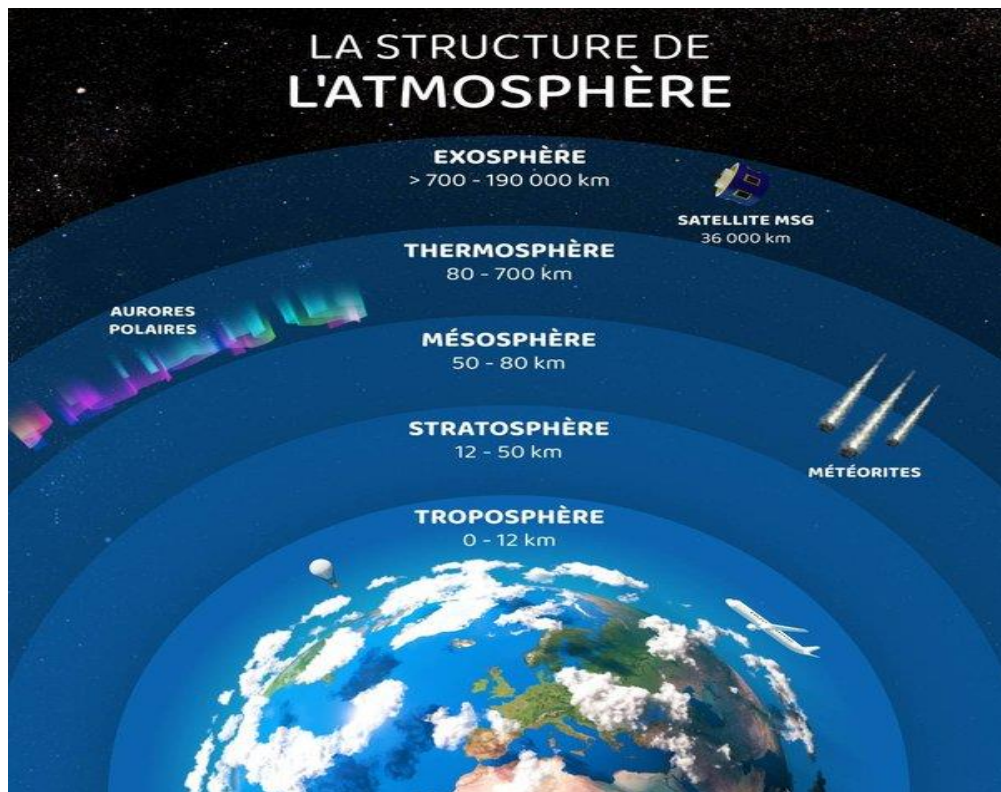
L'énergie déchaînée par la magnétosphère solaire est si puissante que son effet atteint tout le système planétaire. Bien entendu, la Terre qui, après Mercure et Venus est la troisième planète proche du Soleil, n'échappe pas à son influence.

Le vent solaire entraîne un plasma formé de protons, d'électrons et des particules alpha. Son action pousse le champ magnétique et en raison du fait qu'il tourne autour de l'étoile s'étend partout en forme de spirale.

La Terre a aussi une magnétosphère qui, en amoindissant les effets des rayons gamma et ultraviolets, contribue à la protection de la vie. Mais les tempêtes solaires bouleversant son équilibre perturbent l'activité des

satellites de communication, constituent un danger pour les astronautes de la station spatiale et affectent le climat.

Heureusement, au-dessous de cette couche se trouve l'atmosphère qui réfléchit une quantité de la lumière solaire et arrête les effets les plus dangereux pour la vie.



Cependant, l'activité du vent solaire n'est pas toujours nuisible pour la Terre. Lorsqu'il s'étale à une énergie moindre que les tempêtes, les particules solaires se heurtent aux molécules atmosphériques terrestres celles-ci sont ainsi excitées et augmentent le niveau d'énergie des électrons. Au fur et mesure que leur excitation diminue, des photons avec de longueurs d'onde à effets chromatiques sont émis déclenchant ainsi la beauté des aurores polaires.

D'ailleurs, la régulation des couches atmosphériques terrestres des effets de l'action solaire fait que certaines formes de l'énergie produite par l'étoile contribuent efficacement à l'activité biologique. L'un des phénomènes les plus importants qui illustre cette interrelation entre le soleil et la Terre et qui montre les échanges entre la physique quantique et la biologie est la photosynthèse.

La photosynthèse

La composition lexicale de ce mot désigne bien ce phénomène biologique: synthèse procède du grec φως (fôs, lumière) et συνθεσις (synthesis, assembler). Je voudrais aussi signaler que ce mot comme tant d'autres employés dans les divers domaines des sciences montre bien la pertinence du grec pour la terminologie scientifique.

La photosynthèse est le processus bioénergétique qui permet aux organismes vivants d'utiliser l'énergie dégagée de la lumière solaire pour la synthétiser avec l'eau et le dioxyde de carbone.

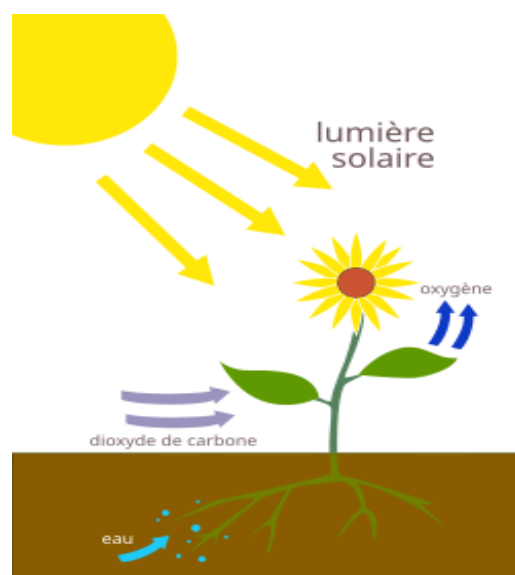
La photosynthèse oxygénique est l'un des grands phénomènes archaïques qui fera évoluer l'atmosphère terrestre et facilitera le développement des organismes vivants. Il a eu lieu cela fait 2,45 Ga (Ga gigannum, 1Ga=1 milliard d'années).

Ce phénomène est à l'origine de l'atmosphère actuelle de notre planète qui est constituée principalement de diazote N_2 (78%) et de O_2 (20, 95%).

Les organismes eucaryotas, c'est-à-dire les organismes unicellulaires ou pluricellulaires présentant un noyau et des organites qui sont des structures spécialisées dans la respiration se trouvent dans le cytoplasme et sont séparés du reste du corps cellulaire par une membrane phospholipidique. Ces éléments biochimiques contiennent de l'acide phosphorique.

Les organismes photosynthétiques sont photoautotrophes cela signifie qu'ils sont capables de biosynthétiser les molécules directement à partir du dioxyde de carbone CO_2 et de l'eau H_2O grâce à l'énergie solaire en forme de lumière.

L'image suivante montre synthétiquement le processus de la photosynthèse



Certes, je pourrais dire bien plus sur la photosynthèse mais ces transformations des molécules faites par les organismes vivants nous donnent déjà un aperçu des relations que la biologie peut avoir avec la physique quantique, ce qui est le but proposé.

Biologie et physique quantique

Les relations entre ces deux vastes domaines sont fort complexes et demanderaient un développement très long qui dépasserait les contours de ce travail, c'est pourquoi je me limiterai à donner une explication succincte sur les causes fondamentales permettant ces échanges.

Nous avons vu que l'énergie solaire qui est tout à fait nécessaire pour le développement de la vie sur notre planète prenait son origine dans la fusion nucléaire. Mais l'étude de la production de cette gigantesque énergie extraterrestre fait partie de la physique quantique, science qui s'intéresse aux atomes, à ses composants, électrons, protons et au fonctionnement des particules élémentaires.

Or les processus biologiques comme ceux de la biosynthèse, de la respiration et tant d'autres demandent la conversion de l'énergie des atomes, des électrons, des protons en activité biologique et ces transformations énergétiques spécifiques des processus biologiques sont de nature quantique.

Pour voir mieux cette relation prenons la photosynthèse. L'énergie des photons solaires s'étale à l'intérieur des cellules de la plante et, d'après les modèles de l'électrodynamique quantique, on peut retracer le chemin le plus probable de la transmission énergétique et la décrire comme une superposition d'ondes.

Voyons un autre exemple. En 1963, le scientifique suédois Per-Olov Lowdin propose l'effet quantique dit tunnel pour essayer d'expliquer les mutations de l'ADN. L'effet tunnel est la capacité qui peut avoir une particule à surmonter une barrière de potentiel même si son énergie est inférieure pour l'énergie nécessaire à franchir cette barrière. Dans la recherche actuelle on essaye d'élargir l'application de cet effet à la photosynthèse et à la respiration. La synthèse de la vitamine D peut relever aussi de la relation entre la physique quantique et de la biologie. Elle est due à l'action des rayons ultraviolets B provenant du soleil qui arrivent aux organismes biologiques par le biais de transformations biochimiques. Chez les humains la vitamine active des organes comme le foie et les reins.

L'intrication quantique et les neurones miroirs

Il me semble qu'une autre voie des relations entre la physique quantique et la biologie pourrait être celle de certaines activités psychiques. Cette nouvelle voie serait la relation entre la double intrication quantique et les neurones miroirs ou empathiques.

L'intrication quantique que, pour préciser qu'il s'agit d'un phénomène physique plutôt que mécanique je préfère l'appeler contiguïté énergétique, est produite lorsque deux particules ou un groupe de particules forment un système qui présente des états quantiques liés indépendamment de la distance qui les sépare.

Or les neurones miroirs sont des cellules situées au cerveau qui fonctionnent pour ainsi dire directement face au stimuli ou indirectement en absence du stimuli. Dans le premier cas, les neurones miroirs agissent lorsque une personne en observe une autre réaliser la même action qu'elle. C'est pourquoi ces neurones participent à l'apprentissage par mimétisme. Mais, les sciences cognitives ont démontré qu'ils sont aussi activés lors des processus psychiques des états affectifs même si la situation ou la personne qui les a déclenchés est loin dans l'espace et dans le temps. C'est pourquoi ces neurones miroirs sont appelés empathiques.

Le fait que la contiguïté énergétique des états quantiques des particules puisse se produire même si les particules se trouvent bien éloignées les unes des autres, en quelque sorte, évoque le fonctionnement à distance spatiale ou temporelle des neurones empathiques.

En guise de fin ouverte

Certes, les échanges quantiques et biologiques ouvrent des perspectives innovantes à la recherche, mais on peut se demander si la physique quantique arrivera à résoudre les secrets des principes de la vie et, en ce qui concerne les humains, si elle pourra établir les fondements des fonctions psychiques comme les pensées, les rêves, le besoin de connaissances, la créativité artistique.

En effet, d'une part elle court le risque que nous avons vu qui avait été évoqué par de Broglie: si l'on voulait réduire la vie à des processus des particules élémentaires elle se désintégrerait. D'ailleurs, Schrödinger se demande comment on peut trouver une réponse au fait que la physiologie organique puisse suivre les principes pour ainsi dire mécaniques de la physique et de la chimie et que la personne ait conscience que c'est bien elle

qui peut contrôler voire diriger la complexité de ce mécanisme. Bref, qu'elle prenne conscience de son identité et de son libre arbitre. Voici ce qu'il dit précisément dans l'ouvrage cité où il est à la quête des relations entre la physique quantique et la vie: "Mon corps fonctionne comme un pur mécanisme, suivant les lois de la nature. Pourtant je sais par l'expérience directe non controversable que je dirige ses mouvements, dont je prévois les effets, qui peuvent être marquants et de la plus grande importance, auquel cas j'en accepte entièrement la responsabilité entière" (Qu'est-ce que la vie, Points Science, 1986, p. 202).

La physique quantique, même si on admet qu'elle peut être appliquée à maints phénomènes biologiques, ne peut pas expliquer pourquoi la vie n'existe que sur la Terre et pas dans tout le système solaire et non plus dans les exoplanètes connues et encore moins déterminer sa finalité, le sens de l'existence.

Toutefois, les échanges entre la physique quantique et la biologie présentent un nouvel horizon à l'épistémologie interdisciplinaire et, en même temps, leurs relations montrent que la science peut parvenir à poser des problématiques philosophiques.

Helios Jaime

Bibliographie citée

Bergson, Henri, *L'évolution créatrice*, PUF, Paris.

de Broglie, Louis, *Physique et Microphysique*, Ed Albin Michel, Paris.

Empédocle, Démocrite, Héraclite, *Les penseurs grecs avant Socrate*, Garnier-Flammarion, Paris.

Farrington, Benjamin, *La science dans l'antiquité*, Payot, Paris.

Jaime, Hélio, *Dialogue entre la Terre et le Cosmos: échanges entre la cosmologie et l'astrophysique*, Ecole Internationale d'Astrophysique Chalonge-de Vega, Paris, 2024.

- *Le défi de la créativité*, Fauves, Paris, 2019.

Jordan, Pascual, *La physique et le secret de la vie organique*, Sciences d'aujourd'hui, Paris, 1959.

Penrose, Roger, *Cycles of time: An Extraordinary new View of the Universe*, Vintage, 2012.

Schrödinger, Erwin, *Qu'est-ce que la vie*, Points Sciences, Paris, 1986.

- *What is Life*, Cambridge University Press, 1957.