

# Hypothèse fractaquantique

**François Dubois**

Paris-France

e-mail : <dubois@asci.fr>

## Résumé

Dans ce texte, nous proposons de qualifier d’“élément insécable” tout “objet” ou “être” naturel dont les propriétés qualitatives sont modifiées dans chacune des parties si on le divise en deux. Nous rappelons la vision quantique qui décrit les éléments insécables à l’échelle microscopique et insistons sur leur indiscernabilité fondamentale. Nous énonçons une hypothèse fractaquantique selon laquelle tout élément insécable de la Nature, quelle que soit sa taille, peut être décrit par l’approche quantique. Comme l’indiscernabilité quantique n’est pas opératoire si on se fie aux apparences du monde qui nous entoure à notre échelle, nous proposons quelques pistes de recherche pour tenter de mettre en évidence cette indiscernabilité cachée à l’échelle macroscopique.

## Fractaquantum hypothesis

### Abstract

In this contribution, we propose to denominate by “undivisible element” any natural “object” whose qualitative prooerties are modified in each subset if we divide it into two parts. We recall the quantum approach that describes undivisible elements at the microscopic scale and we insist on their fundamental indiscernability. We propose a fractaquantum hypothesis that claims that any undivisible element in Nature, whatever his size, can be described by the quantum approach. Because quantum indiscernability is not operational if we restrict ourselves to the appearances of the world at a macroscopic scale, we propose some research directions to establish this hidden indiscernability at the macroscopic scale.

## Elémentarité

- Je bois de l’eau. Un verre. Non, un demi-verre. Un demi-verre d’eau, c’est toujours de l’eau ; cela ne fait pas question. Je recommence cette division par deux et j’obtiens un quart de verre. A nouveau, pas de problème ; j’ai toujours de l’eau. Par la pensée, je recommence environ soixante dix neuf fois cette opération de couper mon verre d’eau en deux. Et bien après avoir divisé en deux parties le devenu bien léger contenu de mon verre, après cette fatidique quatre-vingtième étape, je n’ai plus de l’eau dans mon verre ; j’ai autre chose. J’ai surtout atteint les limites élémentaires du sujet que l’on nomme “eau”. La physique, qui permet de construire la chimie de l’eau, nous apprend que lorsque j’ai réussi à détruire l’eau, à la transformer, à briser les liens internes qui caractérisent sa structure, j’obtiens trois nouveaux objets : deux d’hydrogène et un d’oxygène. Pour distinguer l’objet “eau” de ses trois constituants “hydrogène deux fois et oxygène une fois”, on appelle ma première “molécule” et mes seconds “atomes”. Rappelons que pour Démocrite, au cinquième siècle avant Jesus Christ, l’atome est “ce qui ne peut pas être séparé”, ce qui permet ensuite de la voir comme une “brique élémentaire”. Nous renvoyons au travail de Jean Salem [*L’Atomisme antique ; Démocrite, Epicure, Lucrèce*, Librairie générale française, 1997] pour un développement des diverses facettes proposées par les inventeurs de l’hypothèse atomique lorsqu’ils utilisaient le mot “atome”.

- La molécule est le constituant élémentaire de la chimie. Elle nous apparaît en très grand nombre à notre échelle humaine, et le nombre  $k=80$  de fois que j’ai dû couper mon verre d’eau en deux a été choisi de sorte que

$$6 \cdot 10^{23} = 2^k \quad [\text{Avogadro}]$$

où  $6 \cdot 10^{23}$  est le nombre d'Avogadro, ordre de grandeur du nombre de molécules d'eau dans un verre d'eau. L'idée-même de l'existence d'une molécule d'eau "élémentaire" n'est pas du tout évidente quand je regarde un verre d'eau. Celui-ci apparaît au contraire comme un milieu continu, que la mécanique des 18<sup>e</sup> et 19<sup>e</sup> siècles (Bernoulli, Euler, Cauchy, Navier, Saint-Venant, Stokes, *etc.*) nous ont appris à décrire correctement. Ce sont les transformations telles que décrites par la chimie moderne, qui naît à la même époque avec les travaux de Lavoisier, Berthollet, Berzelius, Gay-Lussac, Kékulé, qui rendent nécessaires la notion d'atome. Ceci suppose *in fine* deux choses : (i) il existe un objet élémentaire qu'on appelle "molécule d'eau" , (ii) l'objet élémentaire "molécule d'eau" a une structure.

- Il existe des molécules plus simples que la molécule d'eau. La molécule d'hydrogène ( $H_2$ ) est formée de deux atomes d'hydrogène liés entre eux et il en est de même pour l'oxygène ( $O_2$ ). Si on étudie dans le détail une molécule d'hydrogène (elle a l'avantage d'être la plus "simple" des molécules, sans être triviale), on découvre que la distance entre les centres des deux atomes (typiquement un nanomètre, soit  $10^{-9}$  mètre) correspond à un équilibre dynamique entre les forces électrostatiques qui lient les constituants de l'atome d'hydrogène et le mouvement des électrons et des noyaux. La matière est donc constituée d'une multitude d'objets élémentaires. Quand nous "coupons en deux parties" un tel objet, nous devons dépenser de l'énergie et si nous le cassons, nous le transformons et nous le faisons disparaître en tant que quantité propre.

## Quantique

- Quelles idées avons-nous sur la structure ultime de la matière ? Celles que nous propose l'expérience. Celle-ci n'est pas facile, ne nous est pas accessible à notre échelle macroscopique, échelle de longueur de l'ordre de un mètre, de temps de l'ordre de la seconde, de masse de l'ordre du kilogramme, *etc.* Nous faisons confiance aux physiciens, spécialistes en hautes énergies (particules "élémentaires"), physique nucléaire, physique atomique et moléculaire, chimie. On admet que le bon modèle, le bon cadre intellectuel pour comprendre le comportement de l'eau à échelle d'une molécule ou de quelques molécules est celui donné par la mécanique quantique, avec toutes les bizarreries qu'elle contient, comme nous verrons au paragraphe suivant. L'approche quantique est également complètement efficace pour décrire l'atome.

- Rappelons que la structure interne des molécules et des réactions chimiques met en évidence un ensemble d'"éléments" atomiques, classifiés au milieu du 19<sup>e</sup> siècle par Mendeleiev. Ce tableau commence par l'hydrogène, continue par l'hélium, le lithium, le beryllium, le bore, le carbone, *et caetera*. Grâce à la présence de **nombres entiers** qui classifient les divers éléments (un pour l'hydrogène, deux pour l'hélium, trois pour le lithium, six pour le carbone) et donne un cadre mathématique simple au tableau de Mendeleiev, on peut imaginer que l'atome est une structure stable de la matière et accessible à l'expérience, à condition soit de casser les molécules qui regroupent plusieurs atomes, soit d'"oublier" que les atomes se regroupent et doivent être étudiés en interaction au sein de molécules. Aux conditions usuelles de température et de pression, la molécule  $H_2O$  est donc plus stable que ses deux constituants. Nous devons pour la casser en deux "tirer sur deux de ses atomes", c'est à dire fournir de l'énergie, chauffer... Au sein d'une molécule, il y a donc autre chose que la matière des atomes qui la constituent. Il y a l'**interaction** entre ces atomes, les **relations** entre les constituants de l'atome, mis en commun pour former l'objet "complexe" qu'on appelle molécule et qui constituent la "liaison chimique".

- Ainsi, nous avons vu que l'eau dispose d'une structure élémentaire, la "molécule d'eau", qu'on nomme  $H_2O$  en référence à sa sous-structure plus intime. Ce qui nous importe ici est que pour toute une série d'applications, l'eau est une structure stable, qui existe selon les conditions extérieures de température et de pression sous des formes très variées comme solide (glace), liquide ou gazeux (vapeur d'eau) selon que les molécules sont "collées" les unes aux autres, "roulent sans glisser" les unes sur les autres, ou sont distantes, c'est à dire laissent entre elles une distance au moins comparable à celle de leur structure, de l'ordre du nanomètre. L'eau est un corps aux propriétés physico-chimiques fantasques, avec de nombreuses anomalies. Par exemple, à pression ambiante, la densité de la glace est inférieure à celle du liquide ; la glace occupe plus de volume qu'une même masse de liquide alors que les molécules sont "soudées" au sein d'un cristal régulier ! L'étude de la "liaison hydrogène" entre les atomes de deux molécules d'eau différentes

permet de construire un modèle de la structure complexe qu’offre une simple goutte d’eau. Pour plus ample information, nous renvoyons le lecteur par exemple au *dossier sur l’eau* disponible sur le site web du Centre national de la recherche scientifique : [//cnrs.fr/av/dossiers/doseau](http://cnrs.fr/av/dossiers/doseau).

## Indiscernabilité

- Une caractéristique fondamentale des objets quantiques est leur indiscernabilité. Si par la pensée, j’imagine que je dispose de deux électrons et que je les échange, je n’ai par là **rien** changé au monde. Les deux électrons sont indiscernables et rien ne me permet de les reconnaître. Cete indiscernabilité se traduit de manière opérationnelle au sein de la théorie quantique : une population de  $N$  particules élémentaires (individus quantiques ?) est décrite par **un** seul objet, une fonction d’onde  $\psi$ , un vecteur d’état dans un espace de Hilbert, qui prend en compte de manière première l’indiscernabilité *via* une hypothèse de symétrie.

- Le modèle mathématique qui sous-tend cette réalité s’exprime de la manière suivante : la fonction d’onde  $\psi$  est une fonction de  $N$  arguments quantiques “élémentaires”  $q_1, q_2, \dots, q_N$  :

$$\psi = \psi(q_1, q_2, \dots, q_N), \quad \text{[fonction d'onde]}$$

et dans l’échange de deux des arguments  $q_i$  et  $q_j$ , elle se transforme de manière particulière. On note  $\tau_{ij}$  l’opération de transposition qui consiste à échanger les deux états  $q_i$  et  $q_j$  :

$$\begin{cases} \tau_{ij}(q_1, q_2, \dots, q_N) = & \text{[transposition]} \\ = (q_1, q_2, \dots, q_{i-1}, q_j, q_{i+1}, \dots, q_{j-1}, q_i, q_{j+1}, \dots, q_N), \end{cases}$$

et sous l’action de  $\tau_{ij}$ , la fonction d’onde  $\psi$  peut être inchangée

$$\psi(\tau_{ij}(q_1, q_2, \dots, q_N)) = \psi(\tau_{ij}(q_1, q_2, \dots, q_N)), \quad \text{[boson]}$$

ou bien changer de signe :

$$\psi(\tau_{ij}(q_1, q_2, \dots, q_N)) = -\psi(\tau_{ij}(q_1, q_2, \dots, q_N)), \quad \text{[fermion]}$$

ce qui la rend *in fine* symétrique dans le premier cas et antisymétrique dans le second.

- Les objets élémentaires de la théorie quantique sont de nature double : quand on assemble deux objets identiques, ou bien la fonction qui décrit l’assemblage est symétrique (relation [boson]), et on parle alors de bosons, en référence à Bose et Einstein qui ont inventé la statistique qui permet de quantifier leur comportement global, ou bien la fonction d’onde est antisymétrique (relation [fermion]), et on parle alors de fermions, pour les particules qui suivent la statistique de Fermi et Dirac. Pour des raisons profondes délicates à expliquer pour lesquelles nous renvoyons le lecteur au “modèle standard” (voir par exemple le livre de Gilles Cohen-Tannoudgi et Michel Spiro [*La matière-espace-temps ; la logique des particules élémentaires*, Fayard, 1984], ou la page web [[//perso.club-internet.fr/gicotan/](http://perso.club-internet.fr/gicotan/)] du premier auteur), les physiciens admettent que les bosons sont toujours les porteurs individualisés des interactions : photon pour la lumière, l’électricité et le magnétisme, c’est à dire l’ensemble de l’électromagnétisme, gluon pour l’interaction forte au sein des noyaux atomiques, neutrino et boson intermédiaire pour l’interaction faible, graviton encore à découvrir pour la gravitation de Newton et Einstein en cours de quantification géométrique. De manière duale, les fermions représentent les constituants “ultimes” de la matière, proton ou noyau de l’atome d’hydrogène, électron qui lui tourne autour à la manière de Rutherford et Bohr, en sautant d’un niveau d’énergie à l’autre dans la représentation spectrale qu’offre l’équation de Schrödinger. Une conséquence de l’antisymétrie de la fonction d’onde qui représente un ensemble de fermions est que deux constituants de matière de même nature ne peuvent occuper la même position : c’est le “principe d’exclusion de Pauli”.

- La manière dont les objets quantiques “font tourner l’espace autour d’eux”, ou tournent sur eux-mêmes dans un langage plus familier, est décrite de manière abstraite par le spin, qui ne se comprend bien que dans le cadre de la théorie mathématique de la représentation des groupes. De la même façon que la notion de nombre premier est une conséquence élaborée de la notion de nombre entier et de multiplication, la notion de spin est une conséquence de la notion mathématique de groupe, proposée par Galois et Klein au dix-neuvième siècle (dans la dynamique d’une pensée collective), dans le cas des rotations de notre espace ordinaire à trois dimensions. Ce qui est important à retenir est que le spin  $\sigma$  d’un objet quantique est toujours un nombre entier ou multiple entier de un demi.

$$\sigma : 0, \frac{1}{2}, 1, \frac{3}{2}, 2, \dots \quad [\text{spin}]$$

De plus, les bosons (l'interaction, la relation) sont toujours de spin décrit par un nombre entier : zéro pour le neutrino, un pour le photon, le boson intermédiaire et le gluon, deux pour le graviton, alors que les fermions (la matière) ont un spin "demi-entier" : un demi pour les électrons, les protons ou les quarks.

## Echelles

- Rappelons le jeu de poupées russes (spatiales) sous laquelle la matière se présente, mais sans incorporer dans notre approche présente la théorie des cordes ou la "théorie M", en intense développement, dont le programme consiste à donner un cadre mathématique à une vision unifiée de l'ensemble des interactions connues en incluant la géométrie gravitation. Nous renvoyons le lecteur par exemple au livre de Brian Green [*l'univers élégant*, Robert Laffont, 2000], à la note *Cordes et supercordes, ou le rêve d'Einstein*, [Phases Magazine n°3, janvier 1990], sur le site web des physiciens théoriciens du Commissariat à l'énergie atomique : //www-drecam.cea.fr/phases, ou à la synthèse mathématique *les supercordes* proposée par I. Antoniadis, E. Cremmer et K.S. Stelle dans les numéros 87 et 88 de la Gazette des mathématiciens en janvier et avril 2000. Regardons simplement les différentes échelles que la Nature nous présente au laboratoire.
- A toute petite échelle, intéressons-nous au noyau de l'atome. Selon l'hypothèse des quarks formulée par Gell Mann dans les années soixante, un assemblage de trois quarks et de leur interaction mutuelle "colorée" constitue dans les conditions thermodynamiques actuelles de l'univers un proton ou un neutron ainsi que l'interaction "forte". On n'a jamais réussi à isoler expérimentalement les quarks, mais on dispose d'un cadre théorique satisfaisant, le "modèle standard", pour expliquer cette impossibilité d'aller plus avant dans l'élémentaire. Les protons ou neutrons sont de masse comparable, mais de charges différentes puisque le proton est chargé et que le neutron, comme son nom l'indique, n'a pas de charge électrique. Dans la Nature, les protons et les neutrons sont regroupés sous forme de noyaux atomiques qui en comportent quelques unités à quelques centaines ; on les nomme "nucléons" pour cette raison. Ce noyau est très petit, de l'ordre du Fermi, soit  $10^{-14}$  mètre. Les électrons (et ses compagnons variés, comme positron ou muon) sont aussi des particules élémentaires, très actifs et domestiqués dans les circuits électriques de notre quotidien.
- A échelle plus grande, l'atome. Depuis Bohr au début du 20<sup>e</sup> siècle, on imagine un atome formé d'un noyau central très petit et très dense, et d'électrons très légers qui parcourent l'espace autour, échangent de l'énergie *via* des multiples entiers de grains élémentaires de lumière, les photons, quanta du rayonnement électromagnétique. L'approche quantique est également complètement efficace pour décrire l'atome et le succès de la prédiction des états d'énergie stables des atomes offerte par la résolution de l'équation quantique de Schrödinger peut être considéré comme une réelle victoire de l'Esprit humain. L'ensemble de tous les atomes est bien "rangé", par le nombre de protons que contient son noyau, ou d'électrons qui lui tournent autour, de manière à garantir la neutralité de la charge électrique.
- A une échelle plus grande encore, caractérisée aussi par des échanges d'énergie électrique et magnétique de plus en plus faibles, les molécules et leurs assemblages "simples", puis de plus en plus complexes qui caractérisent la biochimie des macromolécules. A un stade encore plus grand (le micromètre typiquement), la structure cellulaire apparaît, avec un noyau central, une membrane protectrice, des protéines actives et la capacité de se reproduire et aussi de disparaître, de mourir.
- Les assemblages de plus en plus complexes de cellules permettent de déployer l'ensemble du règne vivant, qui aboutit à de nouvelles structures stables, complexes, fragiles, mortelles et reproductibles, végétales et animales. L'homme est le prototype d'un tel être complexe. Au delà, aux "échelles mégascopiques", il n'est pas clair qu'il existe de structure élémentaire stable, même si Pierre Teilhard de Chardin avec sa "noosphère" [*Le phénomène humain*, 1955] ou James Lovelock avec l'hypothèse Gaïa [*La Terre est un être vivant ; l'hypothèse Gaïa*, Champs, Flammarion, 1987] imaginent la planète Terre dotée d'une structure d'être vivant régulé et pensant. Nous n'irons pas plus loin ici dans cette direction, un des objets favoris d'étude de la systémique.

## Macroscopique-microscopique

- Il est intéressant de noter ici la tension très forte entre le monde tel qu'on peut le décrire et le comprendre à petite échelle (et même extrêmement bien le décrire), et le monde tel qu'il nous apparaît à notre échelle macroscopique. Cela n'a *a priori* rien à voir : à cause du principe d'incertitude de Heisenberg, on ne peut par exemple connaître en même temps position et vitesse d'un objet quantique, et l'expression chère aux mécaniciens des fluides fidèles à Euler telle que "champ de vitesse"

$$\mathbb{R}^3 \ni x \longmapsto u(x) \in \mathbb{R}^3 \quad [\text{champ de vitesse}]$$

ne peut exister dans le monde quantique ; le comportement ondulatoire de la matière et les franges d'interférence dans l'expérience de Young qui le prouvent expérimentalement ne peuvent s'interpréter que par une phrase telle que "l'électron passe par les deux trous", qui n'a aucun sens à notre échelle macroscopique !

- Nous n'avons pas de mot simple pour dire "l'électron passe par les deux trous des fentes d'Young" ou si nous le disons, ils peuvent appeler de hauts cris d'impossibilité matérielle, alors que le modèle mathématique du dispositif expérimental et les prédictions qu'il permet l'admettent, et la comparaison de la prévision et des résultats accessibles est de l'ordre de la perfection intellectuelle ! D'ailleurs, l'expérience des fentes d'Young, où l'électron "passe par les deux trous" pourrait être reproduite avec des molécules "lourdes" comme par exemple le benzène, ainsi que le suggérait Alfred Kastler, l'un des inventeurs du laser dans les années soixante (voir par exemple le site [//www.lkb.ens.fr](http://www.lkb.ens.fr)) au cours d'un débat qui suivait un exposé qu'il venait de donner dans la salle Dussane, à l'École normale supérieure, au début des années quatre vingt du vingtième siècle. La petitesse de la longueur d'onde de De Broglie (1923) associée aux objets "massifs" que sont les atomes demande pour faire ce type d'expérience de les ralentir en les refroidissant, ce qui a été réalisé au début des années quatre vingt dix au Japon. Les "ondes atomiques" ont une existence expérimentale...

- Pour les conséquences philosophiques de ce comportement non local de la matière, on renvoie aux travaux de Bernard d'Espagnat [*A la recherche du réel, le regard d'un physicien*, Gauthier-Villars, 1979], [*Le réel voilé ; analyse des concepts quantiques*, Fayard, 1994] et Michel Bitbol [*Mécanique quantique, une introduction philosophique*, Champs, Flammarion, 1996]. Cette contradiction entre les deux descriptions du monde est bien connue depuis presque un siècle.

- L'approche adoptée par nos contemporains consiste essentiellement à tenter de décrire de manière la plus précise possible le "processus de mesure" qui relie les diverses échelles micro et macroscopiques. Avec l'empilement des échelles spatiales, la multiplicité des particules et des interactions induit des pertes de cohérence, à la manière dont la lumière peut être polarisée dans une direction puis perdre cet alignement si elle est perturbée, ce qui n'est pas le cas du rayonnement laser où la phase de l'onde est conservée. Il faut faire alors des statistiques qui induisent une perte de la cohérence, et cette décohérence associée au changement d'échelle spatiale permet de comprendre qu'à une échelle macroscopique, les éléments microscopiques de la Nature aient un comportement classique. Pour les avancées récentes dont nous avons eu connaissance sur le sujet, on pourra consulter l'annonce *Du monde quantique au monde macroscopique : la décohérence prise sur le fait* sur le site web du Cnrs : [www.cnrs.fr/cnrspresse/n34a2.html](http://www.cnrs.fr/cnrspresse/n34a2.html), qui relate l'expérience faite par Serge Haroche, Jean-Michel Raimond et leurs collègues, publiée en 1996, ainsi que le livre de Roland Omnès [*Alors l'un devint deux ; la question du réalisme en physique et en philosophie des mathématiques*, Flammarion, 2002].

## Hypothèse fractaquantique

- Dans ce texte, nous proposons d'adopter un point de vue de pensée qui part de la qualité opératoire de la description quantitative de la Nature à petite échelle offerte par la mécanique quantique. Avec l'hypothèse fractaquantique, nous supposons que tout "élément insécable" *id est* dont les propriétés qualitatives ne sont pas maintenues dans chacune des parties si on le coupe en deux, relève de la théorie quantique. En conséquence, selon l'hypothèse fractaquantique, la théorie quantique s'applique à **toutes** les échelles spatiales de la Nature. L'hypothèse fractaquantique peut être formulée comme suit. D'une part, tous les

objets “élémentaires” que présente la Nature, à savoir nucléon, atome, molécule, cellule, homme, *etc* sont analogues du point de vue de leur structure. En d’autres termes, le monde est “fractal”. D’autre part, ces structures “élémentaires” peuvent être décrites par l’approche quantique, qui est opératoire pour la petite échelle spatiale et doit s’étendre à l’aide de méthodes encore à concevoir aux éléments “macroscopiques”.

## Le grand comme le petit ?

- Nous notons que la question de l’indiscernabilité qui est un fait établi pour les petites échelles se pose aux échelles supérieures, et en particulier en biologie : quelle est la part de profonde identité entre les cellules ? Elles le sont de manière primitive avant de se spécialiser. En effet, les cellules de notre organisme sont au départ indifférenciées et se spécialisent ensuite en fonction de leur position initiale lors de la croissance du fœtus. De plus, ce qui caractérise une cellule insérée au sein d’un tissu vivant est sa profonde interaction avec ses voisines qui peuvent en particulier lui donner l’ordre de mourir. Cette mort programmée des cellules, ou apoptose, est décrite par exemple dans l’ouvrage de Jean-Claude Ameisen [*La sculpture du vivant ; le suicide cellulaire ou la mort créatrice*, Seuil, 1999]. Par une mort volontaire de cellules individuelles, les grands équilibres des organismes supérieurs pluricellulaires sont maintenus, et en un certain sens, c’est cette disparition des cellules non indispensables à la régulation du “très complexe”, qui le “sculpte”.
- Ce comportement dynamique indifférencié peut être vu comme une trace de l’indiscernabilité quantique à l’échelle des cellules. De plus, les approches modernes du cancer comme celle proposée par exemple par Danièle Saltarelli analysent la dynamique d’une cellule cancéreuse comme “un retour à un état primitif” en réponse à un ordre d’apoptose transmis par les voisines. Ce “refus de la mort” pourrait à un niveau donné d’échelle, entraîner une volonté, pour une cellule, de vivre “pour soi”, se séparer des autres tout en continuant de se multiplier. En un sens, le cancer résulte d’un souci d’immortalité des cellules qui “veulent vivre pour elles-mêmes”, au lieu de s’éliminer au bénéfice d’une demande émanant d’un “autre niveau d’échelle”. En vingt ans de ce régime, on développe un cancer et c’est l’individu, l’univers à une échelle supérieure, qui meurt. On observe donc pour les cellules une absence d’indiscernabilité totale, c’est à dire une rupture partielle de l’invariance d’échelle de la mécanique quantique, qui crée l’individuation, l’unicité, et probablement la conscience.
- L’indiscernabilité est au cœur des fondements de la théorie quantique. La conséquence première est que cette théorie “divise” le monde selon une dialectique d’interaction et de matière, de relation et d’objet, de lien et de chose. La première question qui se pose lorsqu’on imagine que l’homme, l’être humain, peut être décrit par la théorie quantique, que l’homme est une “particule élémentaire”, comme nous l’avons formulé plus haut avec l’hypothèse fractaquantique, est de rechercher en quoi consiste son indiscernabilité, l’identité profonde qui existe entre tous les être humains jusqu’à les imaginer interchangeables !
- Il faut avoir une pleine conscience du caractère inattendu de cette question d’un strict point de vue scientifique. Mais si nous faisons ici l’hypothèse que le monde est quantique et fractal, alors les éléments de la théorie quantique peuvent d’une manière qui reste à élaborer s’appliquer à “l’élément insécable”, “l’être unique” qu’est la cellule ou l’être humain. L’un des éléments les plus fondamentaux de la théorie, à savoir l’indiscernabilité, a donc sa part spécifique de vérité qu’il s’agit de découvrir. Bien entendu, cette indiscernabilité est l’opposé absolu de toutes les apparences que nous vivons tous les jours : profonde altérité, unicité, éloge de la différence chère à Albert Jacquard [*Eloge de la différence ; la génétique et les hommes*, Seuil, 1978], qu’il ne peut être question ici de remettre en cause. L’homme est un être élaboré et complexe, qui est sur une pile fractale dont nous connaissons maintenant quelques étages : atome et physique, molécule et chimie, cellule et biologie, humanité et ses disciplines d’étude comme la médecine, la politique et la religion... A ce titre, son caractère quantique ne peut en aucune façon être de l’ordre de l’évidence, tout au contraire !

## Apparences

- La réponse à la contradiction entre indiscernabilité quantique et unicité de chacun consiste à explorer avec rigueur les conséquences de l'hypothèse que "le monde est quantique et fractal". S'il l'est effectivement, comme le propose l'hypothèse fractaquantique, nous pouvons être amenés à passer par des phases de trouble intellectuel et de contradictions. C'est la vie des sciences ! Rappelons qu'il a fallu plus de mille ans, de Ptolémée (second siècle après Jesus Christ) à Copernic (1543) et Giordano Bruno, mort tragiquement sous l'inquisition en 1600, pour se convaincre qu'une phrase telle que "le Soleil tourne autour de la Terre" ne décrit que l'apparence du monde, alors que tout était déjà connu dans l'abstrait mathématique des possibles depuis Aristarque de Samos au troisième siècle avant Jesus Christ.
- Noter que la vision scientifique et opératoire de la mécanique de Galilée qui fait tourner la Terre autour du Soleil ne contredit pas la description des apparences. Nous avons peut être appris à l'école de Jules Ferry que "le Soleil se lève à l'est et se couche à l'ouest". C'est la relativité du mouvement de la Terre sur elle-même (son spin) qui, vu par l'homme qui fut et demeura sur la Terre jusqu'en 1961, donne aux habitants de cet monde "tournant" les apparences que le reste de l'univers tourne autour de lui, et qu'en particulier "le Soleil tourne autour de la Terre". Nous sommes donc capables de vivre avec une phrase telle que "le Soleil tourne autour de la Terre" qui a un **double** statut de vérité : elle est vraie du point de vue de l'apparence de l'homme sur une planète dont il ne perçoit pas la petite taille dans l'univers et il la croit tellement grande qu'elle est son propre univers ; elle est fausse pour l'astronome moderne qui "voit la Terre dans son regard" et permet de rêver le voyage dans cet univers étendu (Cyrano de Bergerac, Bernard de Fontenelle, Jules Verne, H.G. Wells) avant de le concevoir (Tziolkowski, Goddard, Von Braun, Korolev) puis de le vivre jusqu'à changer de planète (Gagarine, Armstrong).
- Une conséquence première de l'hypothèse fractaquantique est que nous devons rechercher, avec les outils méthodologiques de la rigueur scientifique, en quoi deux être humains sont indiscernables au point de pouvoir être échangés, et d'imaginer des protocoles expérimentaux pour en mesurer les effets. La difficulté première est que nous sommes au cœur des échelles de longueur et qu'il nous est de fait impossible de "prendre du recul", *id est* de rapetisser à la taille d'une cellule ou bien de grandir démesurément jusqu'à devenir planète afin de développer une autre vision de l'Univers que celle accessible à notre échelle "macroscopique". Toutefois, les travaux récents de Laurent Nottale [*La relativité dans tous ses états*, Hachette, 1998] devraient pouvoir nous venir en aide.
- Notons pour compléter l'analogie précédente qu'il ne faut pas oublier qu'à ses débuts, la théorie de Copernic de la Terre tournant autour du Soleil selon un cercle parfait de "marchait" pas, ainsi que le rappelle Alexandre Koyré dans l'introduction de l'édition moderne de son ouvrage [*De Revolutionibus orbium coelestium*, 1543]. L'idée simple du Soleil au centre de l'univers et des planètes tournant autour de lui n'était pas opératoire comparée aux raffinements technologiques développés par l'école de Ptolémée. Il a fallu imaginer une "petite perturbation" du cercle, avec les ellipses de Tycho Brahé et de Képler (début du 17<sup>e</sup> siècle) pour aboutir à une description expérimentalement correcte !

## Foules

- Est-il possible d'imaginer dès maintenant des aspects de la vie quotidienne où l'identité, l'interchangeabilité des êtres induite par l'hypothèse fractaquantique pourrait se manifester ? Nous n'oublions pas que cette idée est ancienne et au onzième siècle, Anselme de Canterbury, nous propose l'idée que "les hommes, dans l'espèce, ne sont qu'un seul homme", comme nous le rappelle Roland Omnès dans son livre cité plus haut. Ce point de vue intellectuel et philosophique mérite certainement des travaux futurs.
- Toutefois, la manipulation du comportement des foules par des régimes totalitaires au vingtième siècle nous incite à réfléchir à la nature de cette interchangeabilité possible qui se manifeste en ces occasions. Les références théoriques sur le sujet remontent à Le Bon [*Psychologie des foules*, 1895]. Sans prétendre ici faire une analyse de ce travail, la foule de Le Bon est un être nouveau où chaque composante humaine est réduite à une composante très primitive, proche de l'animal, au bénéfice des liens forts entre les éléments de base. Ainsi "chez une foule, tout sentiment, tout acte est contagieux" et "la personnalité consciente est

évanouie”. L’ouvrage de Le Bon sert de point de départ au travail de Freud sur le même sujet [*Psychologie des foules et analyse du moi*, 1921]. Sans vouloir ici non plus proposer une étude approfondie du lien entre ce travail fondateur de Freud et le nôtre, notons que Freud “fait l’hypothèse que les relations amoureuses constituent l’essence de l’âme des foules”, et voit la libido, *id est* “l’énergie des pulsions qui ont affaire avec ce que nous résumons sous le nom d’amour” l’élément structurant des foules. Ainsi, “l’essence d’une foule réside dans les éléments libidinaux présents en elle”.

- Nous admirons ici la créativité de cet auteur lorsqu’il analyse des structures telles que l’Eglise et l’armée comme des foules artificielles. Nous retenons l’importance des liens forts entre les éléments d’une foule, que Freud nomme “liens libidinaux” et que le langage de la physique moderne appelle simplement “interaction”. Cette cohérence, née du chaos avec la vision de la foule comme celle de la “horde originelle”, se structure avec les organisations hiérarchiques où telles les cellules chaque être potentiellement interchangeable occupe des fonctions sociales bien repérées. Toujours selon Freud, potentiellement, “nul ne doit se mettre en avant, chacun doit être et avoir pareil”.
- Nous retenons le lien probable entre le comportement des foules et le caractère d’indiscernabilité induit par l’hypothèse fractaquantique. Bien entendu, le caractère caché et premier de l’indiscernabilité renvoie assez naturellement à des comportements premiers de l’homme, tant du point de vue de l’être que du point de vue du relationnel.

## Au delà de la danse

- Si la foule a un caractère lié à la puissance et à la peur, la danse évoque l’échange, le désir et la fête. La danse commence par l’échange le plus simple à deux, où le trio formé par les deux êtres et leur relation n’est pas sans rappeler d’autres associations quantiques simples comme la molécule d’hydrogène par exemple. Nous ne développons pas ici de “théorie quantique de l’ange”, encore à finir d’élaborer, mais il nous semble clair que de réels parallèles existent entre les situations de la vie amoureuse et mystique et les assemblages moléculaires bi-atomiques qu’analyse la physique et la chimie quantiques.
- Au delà de deux, l’art de la danse introduit la structure, la discipline, mais aussi la liberté et le respect de l’altérité. Nous n’avons pas aujourd’hui d’analogie claire entre les travaux anciens (John Playford, 1651) et récents sur le sujet, pour lesquels nous renvoyons le lecteur à France Schott-Billmann [*Le besoin de danser*, éditions Odile Jacob, 2001] et Yvon Guilcher [*La danse traditionnelle en France ; d’une civilisation paysanne à un loisir revivaliste*, Modal Folio, 1998] et les approches quantiques. Nul doute qu’elle ne peut qu’être difficile, quand on sait la complexité qu’il y a à analyser mathématiquement les grands assemblages quantiques : équation de Schrödinger, modélisation de Hartree-Fock, théorie quantique des champs, diagrammes de Feynman, renormalisation, *etc.* Il ne fait pas de doute que l’élaboration d’une sociologie quantique (expression que nous évoquions avec Pierre Marchand il y a bientôt dix ans) est également un chantier à entreprendre, en cohérence avec l’approche déjà systémique proposée par Sylvie Joubert [*La raison polythéiste ; essai de sociologie quantique*, l’Hermattan, 1991]. Nous pourrions y traiter par exemple du plaisir collectif de la fête communautaire, des vibrations collectives lors d’une manifestation sportive de masse, l’énergie individuelle acquise lors du rassemblement pour une même cause, politique ou humanitaire.
- Enfin, les approches mystiques et religieuses proposent également une perception de cette indiscernabilité... Pensons par exemple aux paroles chrétiennes de l’Evangile telles que “tu aimeras ton prochain comme toi-même” et aux mots actuels du Dalaï Lama [*Cent éléphants sur un brin d’herbe*, Points Sagesse, 1990] : “au tréfonds de nous-mêmes, nous devons avoir une réelle affection les uns pour les autres, reconnaître l’évidence de notre condition commune”. L’identité des êtres, conséquence de l’hypothèse fractaquantique, renvoie à une réalité complexe. Il ne peut être de notre propos ici de développer ce point, mais une lecture approfondie des grands textes mystiques pourrait permettre de donner des intuitions plus précises d’un strict point de vue scientifique !

## Envoi

- A échelle microscopique des noyaux, des atomes et des molécules, l'univers se présente comme quantique. Les mots du langage usuel ne sont pas adaptés pour décrire cette réalité et seule la modélisation à la fois mathématique et semiempirique permet de prédire avec une grande précision les données accessibles à l'expérience. Une hypothèse fondamentale pour construire ce modèle opératoire est l'indiscernabilité. Dès qu'il est décrit par l'approche quantique, un élément insécable est toujours indiscernable des autres éléments de même nature. Les deux grandes classes quantiques sont les bosons porteurs des interactions et les fermions caractéristiques de la matière dans sa nudité.
- Si l'on imagine que l'univers est le même à toutes les échelles spatiales, qu'il est fractal, l'exploration rigoureuse de cette hypothèse fractaquantique entraîne qu'à notre échelle, les "éléments insécables", *id est* ceux dont les propriétés ne se dupliquent pas identiques à elles-mêmes si on les sépare en deux parties, sont des "éléments quantiques", donc indiscernables. Cette indiscernabilité opératoire dans le monde microscopique doit s'appliquer aussi aux éléments insécables macroscopiques, à savoir par exemple aux cellules et aux êtres humains, ce qui constitue une hypothèse en conflit avec la richesse de complexité offerte par la vision classique du monde.
- Le développement futur de l'hypothèse fractaquantique passe d'abord par une amélioration de son énoncé qui conduise à la possibilité d'expérimentation, donc de réfutation-validation. En particulier, nous devons approfondir les analogies entre le monde quantique microscopique et le monde macroscopique dans le cas d'interactions élémentaires entre deux acteurs, puis plus complexes avec de nombreux acteurs. De plus, le respect de l'"évidence classique" et de l'altérité nous impose de comprendre comment l'invariance d'échelle quantique est brisée, ou tout au moins semble l'être, aux échelles macroscopiques.

## Remerciements

- Aux membres l'Afscet-café, grâce auxquels le mot "fractaquantique" a été choisi parmi plusieurs autres lors du séminaire annuel de l'Afscet au moulin d'Andé en juin 2002. Merci aussi aux professeurs de la rue Lhomond qui m'ont fait découvrir la physique quantique lorsque j'avais vingt ans. L'histoire du verre d'eau pour expliquer l'éléментарité de la molécule m'a été transmise dans un passé encore plus ancien par Claude Dubois.

Versailles, 25 septembre 2002, édition 09 février 2003.