

Une révolution copernicienne ?

Introduction
à « L'adieu au big-bang »



*Ce texte reprend le chapitre d'introduction du livre « [L'adieu au big-bang](#) ».
Il est aussi disponible en format html, décomposé en 4 parties accessibles depuis le site [Quatuor](#) à l'adresse :
<http://www.quatuor.org/Science.htm#Copernic>*

1 - Qu'est-ce donc qui met le feu aux équations ?

En 1514, un manuscrit anonyme circule, proposant que le centre du monde ne soit plus confondu avec la terre, mais placé au voisinage du soleil. Il est de la main de Nicolas Copernic. Il en publiera une nouvelle version, en 1543, qu'il signera cette fois de son nom.

Un siècle plus tard, en 1633, le Tribunal de l'Inquisition oblige Galileo Galilei, dit Galilée, à retirer son soutien à la thèse de Copernic. En 1992, seulement, l'Église Catholique admettra qu'elle n'avait pas eu complètement raison de lui avoir demandé de se rétracter.

Pour le fait de vouloir simplement déplacer le centre de l'univers de la terre vers le soleil, la révolution Copernicienne a mis près d'un demi-millénaire à être acceptée, puis progressivement digérée.

Pour imaginer, cette fois, la terre dans une lointaine et quelconque banlieue, d'une banale galaxie parmi des milliards de galaxies pas plus originales, qui plus est, dans un coin très ordinaire de l'univers, combien de millénaires encore faudra-t-il ?

La pensée humaine est-elle si rigide pour refuser si longtemps l'évidence ? Parce qu'elle est affermie par une infinité de considérations qui forment un système cohérent, forgé depuis des millénaires, il faut plus que l'évidence, en effet, pour déranger sa construction intellectuelle.

L'idée de la terre au centre du monde était un problème de mouvement des astres dans le ciel, mais c'était avant tout une conception de la place de l'humain dans l'univers, et toute la société était construite sur ce postulat : l'humain étant la créature la plus évoluée de la terre, et la terre étant au centre du monde, le but et la raison d'être de l'univers, c'était donc l'humain.

L'idée d'ôter la terre du centre de l'univers revenait donc à ôter à l'humain sa place centrale dans la création. Si l'idée de la place centrale de la terre s'effondrait, c'était le sens même de la vie quotidienne qui s'effondrait avec elle, et l'opinion qu'on se faisait alors des humains des siècles précédents, et de ceux des siècles à venir.

De nos jours, les idéologies sont plus souples. Au début du siècle, on ignorait encore l'existence de galaxies distinctes de la nôtre, et la révélation de notre place minuscule dans un univers aux dimensions quasi-infinies n'a pas bouleversé les consciences. En 1600, on avait pris la chose moins à la légère, puisque sa conviction de la taille infinie de l'univers avait alors conduit Giordano Bruno sur le bûcher.

Si les conceptions scientifiques ont moins d'implications dans la philosophie quotidienne, elles n'en forment pas moins toujours un cadre rigide, et il est toujours malaisé d'aller à l'encontre de la doctrine officielle que l'on appelle aujourd'hui « le modèle standard ». Dans ce modèle standard, le Big-Bang tient une place centrale. Il suppose que toute la matière de l'univers s'est formée en une seule fois, en une fraction infime de seconde, et qu'elle se répand depuis dans toutes les directions de l'espace. C'est ce que l'on appelle l'expansion de l'univers.

Toutes les conceptions scientifiques sont rattachées à cette notion, depuis la conception de ce qu'est le vide, à la conception de ce qu'est une particule élémentaire, jusqu'à la conception de ce qu'est l'énergie. Le Big-Bang est donc une vision de l'univers qui embrasse aussi bien l'infiniment petit que l'infiniment grand.

On n'est plus brûlé ou emprisonné si l'on refuse ce modèle dominant, mais les quelques astrophysiciens qui le réfutent, tel Sir Fred Hoyle, sont tout simplement écartés des télescopes et ne peuvent que difficilement poursuivre leurs observations.

Certainement, Copernic n'avait pas en tête de réfuter la Bible, lorsqu'il envisagea la possibilité que la terre ne soit pas au centre de l'univers : il ne voulait que comprendre le mouvement des astres.

De la même façon, [ce livre](#) ne résulte pas d'une volonté délibérée de réfuter le « modèle standard » de la conception des particules élémentaires et de l'évolution de l'univers. À vrai dire, pendant les deux dizaines d'années qu'a mûri la conception qui va être exposée, je n'ai pas eu en tête les conceptions scientifiques : mon problème était seulement de comprendre l'art. J'avais eu quelques intuitions concernant les raisons qui poussent les humains vers la création artistique, et je n'étais préoccupé que de creuser ces intuitions à travers l'analyse de l'histoire de l'art. Ma recherche a mûri très lentement, et ce n'est qu'il y a quatre ans environ que j'ai commencé à entrevoir une cohérence qui puisse me permettre d'expliquer l'art dans les diverses sociétés, ainsi que je m'y étais engagé.

Ce fut presque par hasard que je me suis alors rendu compte que les concepts que je m'étais forgés, pour comprendre l'art, pouvaient aussi bien être transposés à l'analyse des particules élémentaires, et offrir alors une solution aux paradoxes et incertitudes que rencontre la science actuelle.

J'ai alors repensé toutes les notions que j'avais mises au point pour comprendre l'art, et je les ai élargies pour comprendre de façon plus générale le fonctionnement de l'univers. Cela n'a pas été immédiat, et ce n'est qu'en opérant dans ma tête une lente remise en cause de toutes les évidences, en trouvant de nouveaux éclairages aux phénomènes, que j'ai pu mettre à jour une nouvelle cohérence entre les faits observés. Et là, il a bien fallu que je m'affronte au « modèle standard », et

que, petit à petit, j'abandonne sa cohérence, pour éclairer tous les faits d'observation par une autre vision de l'univers, par une autre cohérence intellectuelle.

C'est cette cohérence différente que je voudrais essayer de vous faire partager, en vous suggérant progressivement un mode de penser différent, en vous proposant de provoquer dans votre tête une sorte de nouvelle révolution copernicienne. Dans quel but ? Simplifier la compréhension actuelle que vous avez de l'univers.

Avant la révolution copernicienne, pour décrire le mouvement des astres, on faisait appel à quelques rares savants qui calculaient dans des tables compliquées. Ces astronomes savaient, depuis Ptolémée, que le mouvement des astres pouvait se décrire de façon approximative par des mouvements compliqués d'épicycles imbriqués les uns dans les autres.

Il ne s'agissait pas seulement de connaissances abstraites : les humains pensaient que l'évolution d'une fièvre ou le sort d'une bataille dépendait réellement de la position favorable des étoiles dans le ciel. Pour la vie même de tous les jours, il était donc impératif d'être le mieux informé possible sur l'évolution future de la carte du ciel. Les calculs compliqués et fastidieux qu'il fallait faire pour cela faisaient que peu d'humains accédaient à ce qui était alors considéré comme la vraie connaissance du fonctionnement de l'univers.

Avec la révolution copernicienne, tout change profondément : dès lors que l'on place le soleil au centre du mouvement de la terre, tout le mouvement bizarre et très compliqué des étoiles dans le ciel devient facilement compréhensible. Si, par exemple, une planète recule tout à coup sur sa trajectoire, on n'en attribue plus la cause à son propre mouvement, mais on considère qu'il s'agit seulement d'un mouvement apparent dû à la rotation de la terre autour du soleil.

Cette révolution ne facilita pas immédiatement les calculs, et la première table de calcul de Copernic n'était guère plus aisée à manier que celles de ses prédécesseurs. Mais ce déplacement du centre du mouvement était le préalable pour que, au début du XVI^e siècle, Kepler puisse décrire en quelques principes simples les lois du mouvement en ellipse de la terre autour du soleil. Et une ellipse, on saura, peu de temps plus tard, la décrire par une seule équation.

Indépendamment des calculs, la révolution la plus importante fut la simplification apportée dans la compréhension même de l'univers. Si, avant Copernic, seuls quelques rares savants comprenaient la logique profonde du mouvement des astres, aujourd'hui, n'importe quel adolescent peut facilement la comprendre : la lune tourne autour de la terre, qui tourne autour du soleil, qui tourne autour du centre de la galaxie.

N'est-ce pas une véritable révolution de l'esprit, qu'un enfant d'aujourd'hui comprenne mieux le fonctionnement de l'univers que les quelques savants pétris de savoir du XV^e siècle ? Pourtant, les enfants n'ont pas eu besoin d'apprendre les calculs compliqués des savants, le fonctionnement des épicycles et la subtilité des excentriques et des points équants. Ce ne sont pas les enfants qui se sont mis à penser comme des savants, ce sont les savants qui ont compris que le mouvement pouvait être un simple jeu d'enfant, dès lors, seulement, qu'on en changeait le centre.

On peut faire un parallèle entre la situation actuelle et la situation d'avant Copernic. Aujourd'hui, qui est supposé connaître le mieux le fonctionnement de l'univers ? De qui attend-on les clefs pour comprendre la façon dont l'univers s'est formé ? D'une poignée de savants, mathématiciens et astrophysiciens capables de calculs extrêmement compliqués et extrêmement hermétiques. Des calculs aussi hermétiques à la plupart d'entre nous, que l'étaient, à leurs contemporains, les calculs des astronomes d'autrefois.

Personne ne s'offusque, quand Stephen Hawking termine son best-seller, « Une brève histoire du temps », en se posant gravement la question de la cause de l'univers en ces termes : « Qu'est-ce donc qui met le feu aux équations et qui engendre un univers pour leur permettre d'avoir quelque chose à décrire ? » [*What is it that breathes fire into the equations and makes a universe for them to*

describe ?]. Un scientifique peut donc suggérer que, après tout, l'univers peut n'avoir été créé que pour donner vie à des équations, sans encourir l'opprobre ou la risée générale.

Non, il ne risque rien à dire cela, car cela fait partie des lieux communs d'aujourd'hui, comme la terre au centre du monde faisait partie des lieux communs d'autrefois. Aujourd'hui, on pense que l'univers fonctionne selon des équations, et ce que l'on attend des savants, c'est qu'ils nous apportent enfin toute la connaissance possible sur le fonctionnement de l'univers, en trouvant enfin cette fameuse équation qui unifiera la force de gravité, la force nucléaire et la force électromagnétique.

Et si le fonctionnement de l'univers n'était pas vraiment affaire d'équation ? Si, fondamentalement, le principe même d'une équation était incompatible avec la façon dont fonctionne l'univers ? On sait, par exemple, décrire par des équations les mouvements provoqués par la gravité, mais qu'est-ce qui prouve que l'on pourra un jour trouver avec des équations comment il se fait qu'il existe une force de gravité ? Tout ce que les scientifiques nous disent à ce sujet, c'est que certaines particules ont une masse qui fait un effet de gravité, et que d'autres particules n'ont pas de masse. Quant à nous dire ce qu'est la masse d'une particule ? Où elle se loge dans la particule ? Au centre ? En dessous ? Et à quoi cela ressemble une masse ? Et comment une masse s'y prend pour courber l'espace-temps, comme l'a dit Einstein ? Tord-elle l'espace-temps dans ses petits bras velus ? Cela est dit de façon ironique, mais c'est sérieux. La masse d'une particule, jusqu'ici, est juste une grandeur que l'on peut utiliser dans des équations, mais aucune équation probablement ne nous donnera jamais l'explication : pourquoi une particule a-t-elle une masse et qu'est-ce qui fait effet de masse dans une particule ? Or, c'est pourtant bien là l'essentiel de ce qu'il faut comprendre.

On doit admettre que, jusqu'à présent, les équations n'ont éclairci que des détails quantifiables du fonctionnement de l'univers. Elles ne nous ont rien appris d'essentiel sur les principes même de son fonctionnement.

Nous ont-elles appris comment la matière inerte était devenue matière vivante ? Non. Comment la matière vivante était devenue matière sexuée ? Non. Nous ont-elles appris comment la vie organique avait donné naissance à des animaux dotés de cerveaux pour penser ? Et ce qu'est une pensée ? Et comment et pourquoi la pensée animale s'est transformée en pensée humaine ? Pourquoi la religion, et pourquoi l'art ? Toujours non.

Attend-on vraiment des équations qu'elles nous éclairent sur cela ? Non. Alors c'est qu'on n'attend rien d'important, vraiment, des équations, sauf des précisions quantitatives sur le fonctionnement de la matière inerte. Rien d'important, vraiment, sur le fonctionnement cohérent d'ensemble de l'univers : les atomes, certes, mais aussi la vie organique, les animaux, la pensée, la religion, l'art. Bref, sur tout ce qu'il faut pour faire un monde.

Comprendre la cohérence du fonctionnement de l'univers, c'est précisément ce que l'on tentera ici.

Sans doute, certains aspects de la démarche adoptée vont surprendre le lecteur. En premier lieu, il sera surpris, probablement, par le mélange entre des explications concernant le fonctionnement des particules fondamentales, et des explications sur l'histoire de l'art.

Le lecteur doit bien comprendre qu'il n'y a pas, ici, volonté de remplacer la rationalité de la démarche scientifique par la subjectivité d'une démarche artistique. L'enjeu même de l'explication oblige ce mélange.

En effet, si l'univers a vraiment un comportement cohérent et homogène, alors, cette cohérence doit se retrouver dans tous les aspects de son fonctionnement. Qu'importe que l'on décrive le fonctionnement d'un atome, le développement d'une plante ou le fonctionnement d'une conscience humaine : on doit retrouver, partout, les mêmes mécanismes.

Les êtres humains font partie de l'univers, et aussi loin que l'on remonte dans la préhistoire, on sait que les humains ont eu besoin de créer des formes. Ce besoin d'art, pour les humains, est aussi nécessaire et utile à comprendre si l'on veut comprendre le fonctionnement de l'univers, que la nature d'un photon de lumière ou la courbure de l'espace-temps par les masses.

Mais que les logiciens rigoureux se rassurent.

Il ne sera pas question de faire de grandes envolées lyriques sur la beauté du soleil couchant lorsqu'il fait trembloter d'orangé les frêles arc-boutants de Notre-Dame de Paris. On disséquera les assemblages de formes produits par les artistes avec le scalpel de l'intelligence, et de façon aussi serrée et objective qu'un mathématicien dissèque les propriétés d'une courbe qu'il a construite avec une équation. Si, par exemple, les architectes gothiques répartissent en fines nervures articulées les forces de pesanteur qui s'exercent sur une voûte de cathédrale, on cherchera à décrire cette façon particulière qu'ils avaient de décomposer une force en parties plus petites de la même façon qu'un scientifique décortique un atome pour suggérer son mode particulier d'assemblage en protons, neutrons et électrons. Si, par exemple, l'art musulman propose une façon particulière d'imbriquer les traits pour dessiner des étoiles ou des carrés dans une arabesque, on cherchera à décrire cette façon particulière avec le même souci de précision que les physiciens décrivent le type de trajet particulier que suit une particule électrique dans un champ magnétique.

Enfin, l'art nous sera pratique pour exposer nos hypothèses, car il propose à la réflexion des éléments concrets et visuels. Comme un petit dessin vaut souvent mieux qu'un long discours, il aidera à saisir plus facilement le sens précis de notions abstraites.

2 - Qu'est-ce que la vie ?

En évoquant la révolution copernicienne, on a montré qu'une meilleure compréhension n'est pas toujours obtenue par un surcroît de savoir ou une plus grande complexité du raisonnement, mais, parfois, par la seule refonte des présupposés inconscients sur lesquels on base notre réflexion. Quand ces bases sont changées, ce qui apparaissait très complexe, soudain devient d'une grande simplicité.

Cet ouvrage voudrait montrer qu'un tel changement des présupposés est nécessaire aujourd'hui, et que, en l'opérant, une même simplicité nous est donnée.

Quel présupposé inconscient faut-il donc changer ? Celui qui concerne la notion de dimension. Pour être moins abstrait, disons que cela concerne la façon dont nous pensons, par automatisme, le haut, le bas et le lointain.

Pour illustrer cette nécessité, on présente maintenant l'exemple d'un fonctionnement apparemment très complexe de l'univers, et l'on en proposera une explication inhabituelle qui le transforme en phénomène très simple. Nous verrons que cette simplification nous est interdite si l'on ne change pas, d'abord, notre définition des dimensions.

Chacun a déjà vu des aimants se repousser violemment quand on les approche : les deux pôles nord ou les deux pôles sud s'écartent et, s'ils le peuvent, les pôles de noms opposés viennent se coller l'un à l'autre.

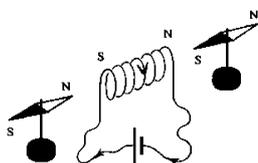
On est bien d'accord que ce mouvement se fait « tout seul ». Les aimants n'ont pas de petites pattes ou de petites ailes pour le réaliser. Ils ne contiennent pas de cellules avec des gènes pour les programmer à faire ceci ou cela. On dit qu'il s'agit de matière inerte qui se déplace sous l'effet des forces qui s'exercent sur elles. Pas plus de vie dans le mouvement de deux aimants qui s'écartent que dans un cailloux qui tombe sous l'effet de la pesanteur.

Les choses sont bien divisées dans notre esprit : d'un côté, il y a la matière inerte (les cailloux, les métaux, etc.) qui s'agitent sous l'effet des forces (la gravité, l'électromagnétisme, etc.), et, de l'autre côté, il y a la matière vivante. Là, c'est tout autre chose : la moindre paramécie, la moindre créature unicellulaire en fait partie, et s'agit sous l'effet de la vie qu'elle porte en elle. Si, d'accident, elle perd cette vie, on dit qu'elle meurt. Elle cesse aussitôt de s'agiter. On n'envisage pas qu'un cailloux meurt en perdant sa force de gravité. Il y a, dans la moindre cellule vivante, une étincelle de quelque chose que l'on appelle la vie, et l'on cherche comment cette étincelle de vie a pu s'allumer à un moment particulier du développement de l'univers.

Revenons à nos aimants.

On apprend dans les écoles que l'on peut faire un aimant avec un simple fil électrique : on l'entortille en forme d'hélice, et l'on y fait passer un courant. On appelle cela un « solénoïde ». On peut s'en servir de boussole, il s'oriente tout seul comme un aimant dans le champ magnétique terrestre.

On apprend aussi que l'on peut faire, à l'inverse, de l'électricité à l'aide de magnétisme : il suffit de plonger notre solénoïde dans un champ magnétique que l'on fait varier, et le courant électrique se met à passer dans le fil. Cela marche tellement bien que toutes nos turbines électriques fonctionnent de cette façon.



Les deux faces d'un solénoïde parcouru par un courant se comportent comme les deux pôles d'un aimant

[figure extraite d'une ouvrage scolaire Hachette]

Petit exercice d'imagination maintenant : vous mettez deux hélices de solénoïdes encastrées l'une dans l'autre, juste en les tournant un peu selon leur axe pour qu'elles ne se superposent pas, et vous faites passer le courant. Que va-t-il se passer ? Sans peine, on comprend que chaque hélice va se transformer en aimant et, si le courant passe dans le même sens, on va se retrouver avec deux aimants imbriqués l'un dans l'autre, leurs pôles nord confondus et leurs pôles sud confondus. Et là, pas d'histoire, les pôles de même nom se repoussent, et donc les deux hélices s'écartent violemment l'une de l'autre.

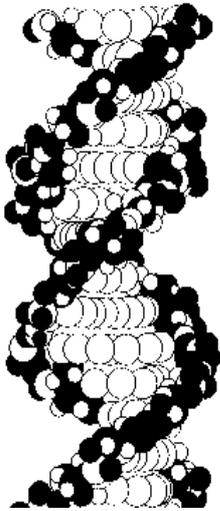
Pas de mystère : des forces agissent sur la matière inerte et elle l'oblige à se déplacer.

Compliquons un tout petit peu : au lieu de faire passer le courant d'un bout à l'autre de l'hélice, vous le faites arriver par le milieu et repartir par chaque bout. Chaque hélice devient donc comme deux aimants bouts à bouts attachés par deux pôles de même signe. Cela ne change rien au résultat lorsque l'on emboîte à nouveau deux hélices et qu'on les attache à cet endroit précis où pénètre le courant. On obtient deux fois deux aimants de même signe enlacés l'un dans l'autre: ils s'écartent tant qu'ils peuvent, et si l'attache du milieu n'est pas trop solide, ils finissent par la casser et se séparent complètement.

Au lieu de prendre juste deux hélices, on peut maintenant en prendre tout un paquet, emboîtées toujours deux à deux, en rassemblant tous les couples par un même lien à l'endroit central où arrive le courant.

Cela fait une drôle de pagaille quand on allume le courant, mais, si l'on est un petit peu bricoleur, on peut munir chaque hélice de sa petite pile électrique (cela évitera que les fils électriques qui amènent le courant s'entortillent), et on peut se débrouiller pour que les aimants ne puissent pas se diriger n'importe où, mais seulement le long de tiges auxquelles on les aura attachés par leur centre d'arrivée du courant électrique. Bref, avec un peu d'habileté, vous pouvez réaliser un montage tel que, lorsque vous télécommandez le déclenchement du courant électrique dans vos piles, les hélices initialement ligotées ensemble se mettent à se fuir mutuellement sous l'effet de la force magnétique, et s'organisent en deux paquets qui s'éloignent l'un de l'autre en deux pôles opposés.

Ce bricolage ne vous dit vraiment rien ?

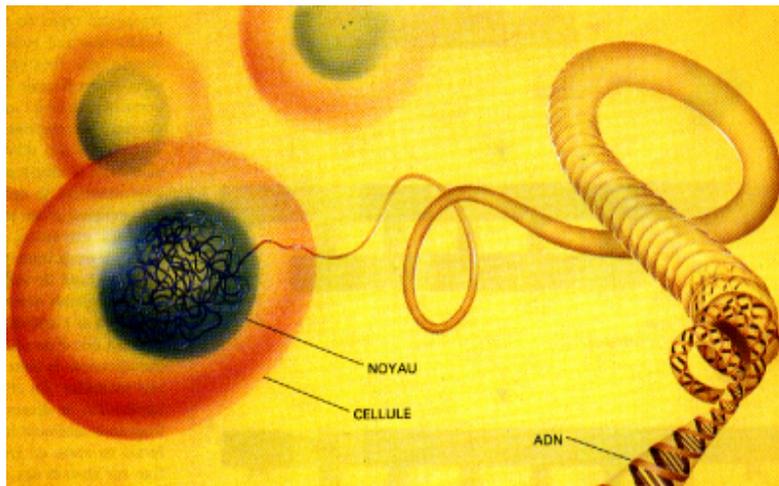


la molécule d'ADN vue dans l'espace [reproduction d'un dessin de « l'Origine de la Vie » par F. Leroy aux éditions Biocosmos Centre]

Notre corps est composé de milliards de cellules, et chacune d'elle comporte un noyau dans lequel est enfermé un paquet de chromosomes. Crick et Watson ont montré, en 1953, que chaque chromosome était fait d'un assemblage de deux hélices identiques lovées l'une dans l'autre. Ce très long double-filament enroulé en hélice, on l'appelle ADN.

Pour former chacun de ces deux filaments, des molécules s'assemblent par 3 (un acide, un sucre et une base), et ces triplets s'assemblent en hélice l'un derrière l'autre. Chaque filament large donc de trois molécules, atteint une longueur prodigieuse de 2 m.

Après Crick et Watson, on s'est aperçu que cette double hélice était, en permanence, elle-même enroulée en hélice. C'est dans cet état de double hélice enroulée en hélice qu'on la trouve dans le noyau de chaque cellule. Le ruban ainsi formé semble déroulé en désordre, de façon tout à fait quelconque. Sous cette forme déroulée dans le noyau, on dit que les chromosomes sont sous forme de chromatides.



l'hélice d'ADN est elle-même enroulée en hélice, et le ruban qui résulte de ce double niveau d'hélice est déroulé de façon désordonnée dans le noyau [illustration tirée de la revue « Pour la Science » - la génétique humaine]

[nota : depuis ce texte rédigé vers 1995-1996, le mode d'enroulement de l'ADN est mieux compris et d'autres niveaux d'enroulement ont été observés. Un point plus à jour est fait dans « l'additif documentaire de mars 2010 » situé vers le début du texte « [Comment la vie vient à la matière & Comment elle y fonctionne](#) »]

En fait, la double hélice n'est jamais unifiée dans la chromatide, car elle passe son temps à se reproduire. La double hélice s'ouvre comme une fermeture-éclair en plusieurs endroits, et chaque hélice se met en devoir de se re-fabriquer une deuxième hélice jumelle (schéma suivant). Devant chaque base d'une hélice, se met en place une base complémentaire, et la première hélice construit ainsi progressivement son double sous forme d'une deuxième hélice qui lui reste enlacée. La deuxième est vraiment une réplique conforme à la première, car les bases ne sont que quatre, et

s'assemblent toujours 2 par 2 (une pour chaque hélice) de la même façon. Pour simplifier, on les nomme A, T, G et C. « A » ne se groupe qu'avec « T » et « G » qu'avec « C ». Si bien que si la première hélice comprend par exemple une séquence G-A-C-C, la deuxième se construira en formant une séquence complémentaire C-T-G-G.

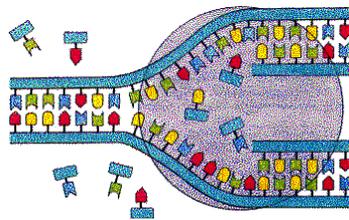
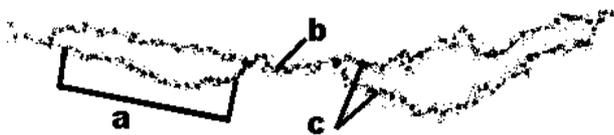


schéma de la duplication à l'identique de l'ADN

[illustration tirée d'un ouvrage scolaire Bordas]

On dit que la suite de séquences ainsi formée, constitue le code génétique. Chaque hélice porte une partie de notre code génétique, et ce code est donc dupliqué à l'identique sur la deuxième hélice qui se construit.

Dans nos cellules, l'ADN passe la plupart de son temps à se reproduire. Parfois il se reproduit par petits bouts, chaque petit bout servant à former une des protéines dont notre organisme a besoin. Parfois il se reproduit en entier.



La réplication de l'ADN vue au microscope électronique. Elle commence en divers points de l'ADN sous forme d'yeux de réplications qui finissent par se rejoindre

a : oeil de réplication

b : le chromosome

c : chromatides

[d'après une illustration d'un ouvrage scolaire Bordas]

Quand il a fini de se reproduire en entier, le chromosome change aussitôt d'allure. On dit qu'il se « condense » pour former un bâtonnet très compact, connaissant un étranglement que l'on appelle le centromère. C'est sous cette forme de bâtonnet qu'on le représente le plus souvent, mais il ne possède en réalité cette forme que très peu de temps : juste le temps qu'il faut pour que la cellule entière se reproduise et se sépare en deux cellules jumelles identiques.



un chromosome représenté schématiquement, tel qu'il est pendant la duplication de la cellule

Comment le chromosome parvient-il à s'enrouler pour passer de l'état de chromatide « informe » à l'état de bâtonnet bien organisé et compact ? À la vérité, on n'en sait rien, mais il est très probable que ce compactage ne peut s'obtenir que si la chromatide s'enroule bien régulièrement, et comme elle est déjà faite d'une hélice enroulée en hélice, tout porte à croire que cet enroulement est également réalisé par un troisième niveau au moins d'enroulement en hélice. C'est en tout cas ce que l'on va supposer ici [voir l'additif documentaire indiqué au nota de la page précédente, lequel montre que cette supposition a, depuis, été confirmée par les observations]. Mais peu importe pour le moment.

Pour le moment, on a une double hélice mère qui se duplique, et quand les deux doubles hélices filles sont terminées mais toujours attachées l'une à l'autre, tout aussitôt branle-bas de combat dans la cellule : tous les chromosomes se rassemblent soudain sous forme de bâtonnets, s'alignent au centre de la cellule, se séparent de leurs doubles, et migrent en deux paquets distincts vers ce que l'on appelle alors les pôles de la cellule. Puis, ces pôles s'écartent tellement l'un de l'autre que cela finit par déchirer la cellule. Elle s'est maintenant transformée en deux cellules identiques qui possèdent, chacune, la réplique des chromosomes de la cellule initiale.

On appelle cela la division cellulaire.

Et l'on dit que c'est l'expression même de la vie d'un organisme vivant : la capacité à se reproduire et à transmettre à sa descendance son patrimoine génétique.



*L'exemple de la division d'une cellule de racine d'ail
[d'après une illustration d'un ouvrage scolaire Bordas]*

1 - les chromosomes mélangés se condensent sous forme de bâtonnets



2 - puis ils se rassemblent par paires autour du plan médian de la cellule en division



3 - puis, après que leur attache ait lâché, ils sont poussés aux deux pôles de la cellule, en deux paquets séparés qui deviendront chacun le noyau d'une nouvelle cellule

Vous comprenez que le petit bricolage proposé plus haut, de solénoïdes qui se séparent tous seuls quand le courant électrique les transforme en aimants, n'a pas été donné au hasard.

Sauf des différences d'aspects, y a-t-il une différence fondamentale, de nature, entre des aimants en hélices enlacées qui se séparent puis se repoussent en pôles opposés et des chromosomes en hélices enlacées qui se séparent puis se repoussent en pôles opposés ? Y a-t-il quelque chose qui permet à coup sûr de dire que, dans un cas, on n'a affaire qu'à de la matière morte qui se laisse entraîner par la force magnétique, et, dans l'autre, à une manifestation de l'étincelle de vie dans laquelle chaque molécule qui compose les chromosomes suit attentivement les instructions que le code génétique qu'elle déchiffre en permanence lui demande de suivre ?

Comme pour la révolution copernicienne du mouvement de la terre, il faut faire un choix. Ou tout est simple, et l'on dit que le mouvement de la vie n'est rien d'autre que le mouvement de deux aimants qui se repoussent. Ou bien cela n'a rien à voir, et alors la vie reste quelque chose de terriblement compliqué, bien plus compliqué encore que les épicycles de Ptolémée.

Bien sûr, la division cellulaire ce n'est pas aussi simple que la division de deux aimants. Parce qu'une cellule est un agencement compliqué et que sa division ne peut pas apparaître de façon simple. Mais deux chromosomes en hélice qui s'écartent exactement comme s'ils étaient deux bobines électriques en hélice, cela apparaît de façon évidente dans la division des chromosomes, et les chromosomes qui s'écartent en paquets vers les deux pôles opposés de la cellule en division, cela ressemble de façon évidente à ce qui se passerait si un phénomène de répulsion magnétique était à l'origine de cet écartement. Le mouvement en rond de la terre autour du soleil est aussi un principe simple qui se présente de façon plus compliquée si l'on veut penser en même temps à la lune qui tourne autour de la terre, au soleil qui suit sa course dans la galaxie, et à la position des étoiles, tellement lointaines qu'elles paraissent fixes. Toute cette complication ne fait pas perdre l'idée simple du mouvement de la terre autour du soleil. Il doit en être pareil pour la division cellulaire : le ballet d'ensemble un peu compliqué des chromosomes ne doit pas faire perdre de vue le principe simple : cela se sépare comme deux aimants enlacés dont les pôles équivalents sont confondus.

Le détail de la division cellulaire, avec toutes ses particularités, est décrit dans un autre texte en ligne [[La mitose des cellules](#)] où l'on montre comment toute l'organisation des cellules et leur division peuvent s'expliquer uniquement en terme de répulsion magnétique.

Si l'on refuse l'interprétation purement magnétique de la division cellulaire, envisageons maintenant l'un des mystères que l'on doit résoudre.

Dans l'interprétation actuelle, on met le code génétique au centre de toute expression de la vie : tout ce que fait le vivant, c'est « dans les gènes ». On considère que la séquence des bases le long du chromosome est un code semblable au code binaire de nos ordinateurs, et que les molécules des cellules vivantes savent lire et interpréter ce code, qu'elle passent leur temps à lire les instructions qu'il leur donne, et agissent en conséquence.

Tout cela est beau, et le fonctionnement de la vie apparaît ainsi étonnamment merveilleux, mais est-il réellement possible que les choses se passent ainsi ?

Ces dernières années, on vient de « cartographier le génome humain », c'est-à-dire que l'on a déchiffré les séquences de code génétique qu'il contient, et on en fait un catalogue. On y a mis une armée d'ordinateurs les plus puissants, et il a fallu des années pour y parvenir. Et l'on ne sait toujours pas s'en servir. Comment peut-on penser qu'une simple molécule qui n'a aucune mémoire pour stocker l'information puisse s'y retrouver dans ce code en une fraction de seconde, et savoir en déduire sur le champ sa conduite à tenir ?

Est-ce vraiment crédible ?

Alors, direz-vous, si la division des chromosomes peut s'expliquer simplement par un effet de répulsion magnétique, pourquoi ne l'a-t-on pas dit plus tôt ?

Parce qu'il y a de bonnes raisons pour écarter cette hypothèse.

Tous les chimistes et biologistes savent qu'entre les molécules il se passe des choses liées à l'électricité, puisque le principe même des liaisons chimiques entre molécules est considéré comme un effet d'origine électrique. De plus, tout cela est plongé en permanence dans le champ magnétique terrestre. Alors, pour faire jouer des effets d'électricité et de magnétisme, les cellules ont donc tout ce qu'il faut à disposition.

Mais, pour qu'une hélice de chromosome soit envisagée de façon crédible comme un fil électrique qui transporte du courant électrique et se transforme en aimant, encore faut-il que le chromosome soit conducteur de l'électricité. Or, au contraire, l'ADN est un matériau isolant, qui s'oppose donc au passage du courant électrique.

C'est pour cette raison que, habituellement, on n'envisage pas le ballet des chromosomes comme résultant simplement d'un mouvement magnétique.

Pourtant, il se pourrait que le caractère isolant des chromosomes ne soit pas finalement un obstacle à leur magnétisme. Cela pour deux raisons.

Première raison : on s'est aperçu que l'on pouvait analyser l'ADN avec des « microscopes à effet tunnel », dont le principe consiste à analyser le passage d'électrons entre la sonde du microscope et une surface conductrice ou semi-conductrice. Or cela marche aussi avec l'ADN réputé isolant, sans que l'on comprenne comment.

Deuxième raison, plus importante encore : il existe un phénomène que l'on appelle la supraconduction. Il concerne certains matériaux dits supraconducteurs où l'électricité peut circuler éternellement car elle ne rencontre aucune résistance. Dans un fil conducteur ordinaire, au contraire, la résistance électrique, même si elle est très faible, transforme une partie de l'énergie électrique en chaleur. Il y a quelques années, on pensait que seuls des matériaux habituellement conducteurs du courant électrique et plongés à des températures très basses pouvaient être des supraconducteurs. Mais tout récemment, grosse surprise : on n'arrête pas de trouver des matériaux supraconducteurs à des températures de plus en plus proches de nos températures usuelles, et ce sont précisément des

matériaux réputés isolants, tels que les céramiques, qui présentent ces propriétés. Dans le chapitre qui sera consacré à ce problème (« [L'univers invente la turbine électrique](#) »), nous montrerons pourquoi la forme d'hélice en hélice en hélice donne à l'ADN les propriétés géométriques qui sont précisément utiles pour qu'il soit un matériau supraconducteur.

[note de janvier 1999 :

Il existe maintenant une troisième raison : une étude conduite conjointement par l'Institut Gustave-Roussy de Villejuif et le centre de recherche Rhone-Poulenc de Vitry-sur-Seine a montré que des impulsions électriques augmentent de 100 fois l'efficacité du transport de gènes à l'intérieur d'une cellule. Selon la revue Sciences et Avenir qui relate ces résultats dans son numéro de décembre 1998, Luis Mir, l'un des auteurs de l'étude indique, que le courant ne permet pas seulement de rendre la paroi des cellules musculaires plus poreuse, mais qu'il semble aussi « tirer » l'ADN plasmadique vers l'intérieur]

Isolant électrique, et supraconducteur électrique comme les céramiques, tel serait donc l'ADN.

Une des particularités d'un matériau supraconducteur est que, lorsqu'il est plongé dans un champ magnétique constant, il s'oppose à ce champ magnétique en créant un champ magnétique exactement inverse. On peut, par exemple, utiliser cette propriété pour faire léviter un matériau supraconducteur sur un aimant : il crée alors spontanément un champ magnétique inverse qui lui permet de s'appuyer, en quelque sorte, sur le champ de l'aimant.



lévitation magnétique d'une céramique supraconductrice sur un aimant baignant dans de l'azote liquide

[source de l'image : http://fr.wikipedia.org/wiki/Fichier:Magnet_4.jpg]

L'ADN de nos cellules est plongé en permanence dans le champ magnétique terrestre. Il suffirait donc de s'assurer qu'il est supraconducteur, l'on serait alors sûr qu'il se comporte en permanence comme un aimant, et toute l'explication que l'on a donnée sur la division cellulaire par répulsion magnétique se trouverait confirmée.

Voyez qu'il ne manque plus grand-chose pour s'assurer que les mouvements de la vie organique ne sont pas d'autre nature que ceux de la matière inerte. Et cela simplifierait d'un coup de façon considérable la compréhension de ce qui se passe dans le noyau d'une cellule. Plus besoin que la moindre molécule possède une intelligence et une mémoire de calcul infiniment plus importantes qu'une armée de supercalculateurs informatiques : il lui suffirait de se laisser emporter par le champ magnétique du chromosome.

[note de janvier 2001 :

le lien entre superconductivité et l'ADN commence effectivement à être relevé. Dans son numéro 291:280 la revue Science [vient de faire paraître un article](#) de Alik Kasumov et de ses collègues du Laboratoire de Physique des Solides d'Orsay, qui ont mis en évidence le caractère supraconducteur d'un morceau d'ADN à la température inférieure à 1 degré Kelvin]

3 - Comment faire le code génétique d'une tache de confiture ?

Maintenant cette autre question : que devient le code génétique dans cette hypothèse d'un fonctionnement purement magnétique des chromosomes ?

Au préalable, il est utile de savoir comment ce code se présente sur les chromosomes.

On a dit qu'il consistait en une succession de bases A-T-G et C, dont l'ordre était précisément le code génétique. Chacun a entendu dire que ce code servait à coder des protéines. C'est-à-dire qu'un ensemble de séquences forme un code que la cellule utilise pour fabriquer une protéine particulière. On s'en aperçoit lorsque le chromosome comporte un défaut sur la partie qui sert à fabriquer telle ou telle protéine, car cela peut provoquer une absence ou une insuffisance de cette protéine, et implique ce que l'on appelle une maladie héréditaire.

Ce que l'on dit moins souvent, c'est que la partie d'ADN qui sert à coder une protéine n'est en général pas continue, mais répartie en de nombreux morceaux, parfois très éloignés les uns des autres, sur le ruban d'ADN. Tout aussi essentiel, il faut savoir que, dans le cas d'un être humain, seulement le 1/4 environ de la longueur de l'ADN sert à coder des protéines. Tout le reste, les 3/4 donc, ne sont qu'une répétition monotone et sans signification des 4 bases A, T, G et C.

Voilà qui ne fait que rendre encore moins crédible la lecture du code génétique par les molécules : la transcription du code d'une protéine se faisant à l'aide d'un intermédiaire que l'on appelle l'ARN, non seulement on voudrait que l'ARN travaille infiniment plus vite qu'un ordinateur, mais encore on voudrait qu'il perde son temps à trier les parties utiles et les parties inutiles du code génétique en lisant à la queue leu-leu toutes les séquences de bases, avant de trouver la fraction qui lui sert à quelque chose, et qu'il se débrouille, en outre, pour grappiller ce dont il a besoin en divers endroits, souvent très éloignés.

Quelle tête bien faite, et surtout bien pleine, il lui faudrait pour s'y retrouver en suivant les séquences du code génétique ! Alors, comment donc l'ARN s'y prend-il pour retrouver ce qu'il lui faut pour faire une protéine, sans intelligence, sans mémoire, et sans ordinateur ? Et en moins de temps qu'il n'en faut pour le dire ?

Pour le comprendre, je vous propose tout simplement de fabriquer vous-même un code génétique.

Vous prenez un long fil à coudre blanc, et vous l'entortillez comme vous voulez pour faire une boule de ce fil. Puis, vous prenez un pot de confiture, à la fraise de préférence, puis avec une cuillère ou avec le doigt, selon votre choix, vous faites une belle tache de confiture rouge sur la belle boule blanche. Vous tirez alors les deux bouts du fil pour voir le résultat, et c'est fini ! Vous avez fait le code génétique d'une tâche de confiture !



En effet, tout au long du fil, vous voyez défiler, apparemment de façon aléatoire, des parties blanches avec des parties rouges. Pour rester scientifiques, vous appelez « exons » les parties rouges et « introns » les parties restées blanches : c'est le vocabulaire que l'on utilise pour l'ADN. Comme dans l'ADN humain vous avez environ 25 % d'exon pour 75 % d'introns, et les exons codant votre confiture sont répartis en des endroits très éloignés les uns des autres.

Maintenant, deux façons possibles pour faire décrypter votre code :

- ou vous mettez, dans un supercalculateur, la suite des longueurs blanches et des longueurs rouges que l'on rencontre successivement en suivant le fil, et vous attendez 107 ans et quelque qu'il trouve une signification à la série tout à fait aléatoire que vous lui avez fournie ;
- ou vous mettez une abeille dans la pièce, et sans rien connaître de votre code, elle saura repérer à toute allure quels sont les endroits intéressants pour elle.

Quelle est la leçon de cette petite histoire ?

Que le code génétique, tel qu'on le conçoit habituellement, c'est-à-dire tel qu'on le lit en suivant pas à pas l'ADN comme s'il s'agissait d'une suite d'instructions dans un programme informatique, n'a probablement pas de sens. Ce que l'on veut suggérer, c'est que le code de chaque protéine correspond, en réalité, à une figure dans l'espace, à quelque chose qui, agencé dans l'espace, fait comme un effet de tourbillon vers lequel l'ARN est aspiré sans avoir eu le temps de comprendre ce qui lui arrive. Une figure dans l'espace où tous les exons qui servent à faire une même protéine se trouvent rassemblés, exactement comme la tache de confiture l'est lorsque le fil est encore embobiné. Il suffirait que cette figure forme, en quelque sorte, l'équivalent de la protéine en creux, pour que l'ARN aspiré magnétiquement par ce « trou » dans le chromosome vienne s'y loger, et prenne ainsi l'empreinte de la protéine. Non seulement, la lecture du code d'une protéine deviendrait un processus simple et immédiat, aussi simple que la séparation par répulsion magnétique de deux chromosomes enlacés, mais on pourrait aussi comprendre simplement comment ce code est venu s'inscrire sur l'ADN : c'est juste une protéine qui s'est perdue et qui s'est retrouvée prisonnière du chromosome. Ensuite, comme chaque combinaison de paires de bases produit une courbure spécifique du champ magnétique du chromosome, cette courbure s'est trouvée modifiée par la présence de la protéine restée prisonnière. Ensuite encore, lors de sa prochaine copie, l'hélice d'ADN choisira de nouvelles paires de bases qui reproduiront involontairement la déformation magnétique produite par la protéine, et le fantôme de la protéine se reproduira ainsi, de copie en copie de l'ADN, sous forme de trou, de défaut, de singularité attirant l'ARN qui va reconstruire la protéine en se moulant dans ce trou. *[voir en détail cette explication dans la texte « [La duplication des protéines](#) »]*

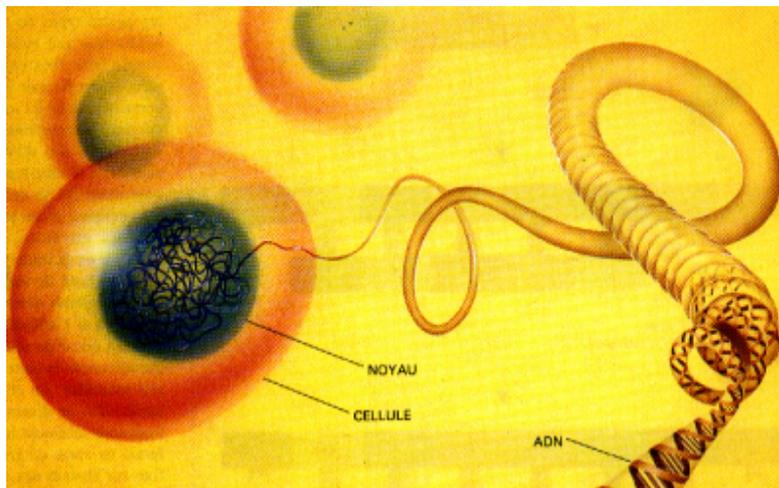
Si la cellule se trouve avoir besoin de cette protéine, elle va l'utiliser aussitôt formée, et l'ARN en fabriquera d'autres. Si la cellule se trouve dans un organe qui a besoin de cette protéine plutôt que d'autres, il suffira que le site de cette protéine soit bien accessible pour qu'elle soit fabriquée en grand nombre, et le site des protéines inutiles pour un organe sera, au contraire, bien enfoui pour être difficilement accessible par l'ARN. Voilà comment on suppose que, très simplement, les cellules de notre organisme peuvent avoir toutes le même code génétique complet, et toutes faire des choses très différentes avec ce même code, selon qu'il s'agisse d'une cellule de globule rouge, d'une cellule de foie, ou d'un neurone.

Ce point est étudié dans le chapitre consacré à la reproduction du vivant *[voir ce chapitre intitulé « [L'évolution génétique](#) »]*, où l'on envisage notamment la façon dont l'expérience biologique particulière d'un être vivant peut s'enregistrer dans ses chromosomes sexuels et se transmettre à sa descendance, rendant ainsi possible, mais parmi d'autres moyens, l'évolution des espèces.

4 - La question des dimensions

C'est précisément maintenant que nous butons sur le problème de dimensions que nous avons annoncé en début du chapitre 2, car, pour pouvoir décrire la reproduction d'une protéine de cette façon, il faut réaliser dans nos têtes cette nouvelle révolution copernicienne.

En effet, pour expliquer de cette façon la reproduction des protéines, on a supposé que les parties codantes de l'ADN forment des figures magnétiques en creux dans l'espace, figures dans lesquelles l'ARN se précipite. Or, dans la réalité, sauf au moment de la division cellulaire, l'ADN ne forme pas du tout une structure cohérente et stable dans l'espace. Il est sous forme de chromatide déroulée, lâche, informe, flageolante. Les parties codantes ne sont pas alors rassemblées en figures continues comme on l'a suggéré, mais elles sont dispersées aléatoirement, au grès du ruban d'ADN.



l'hélice d'ADN est elle-même enroulée en hélice, et le ruban qui résulte de ce double niveau d'hélice est déroulé de façon désordonnée dans le noyau [illustration tirée de la revue « Pour la Science » - la génétique humaine]

Ce que l'on voit contredit donc toute l'hypothèse que l'on a proposée !

Pour dépasser ce conflit apparent entre notre hypothèse et la réalité perçue, il va falloir apprendre à penser de la même façon que fonctionne l'univers. Et l'on va suggérer que, pour l'univers, ce qui est séparé dans l'espace, n'est pas forcément réellement séparé.

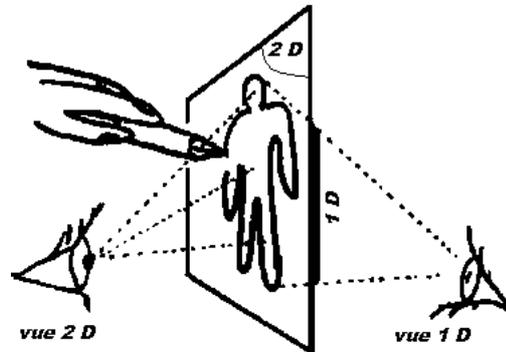
Ce qu'il va falloir comprendre, c'est comment, bien qu'apparemment séparés dans l'espace quand le chromosome est déroulé, les parties codantes d'une même protéine fonctionnent exactement comme si elles étaient réunies dans une figure à trois dimensions dans l'espace, et pourquoi cela ne fait pas de différence pour la fabrication des protéines par la cellule, que le chromosome soit sous sa forme de bâtonnet condensé réellement cohérent en trois dimensions, ou sous sa forme de chromatide déroulée dans l'espace, sans forme apparemment visible.

On ne peut proposer tout de suite l'explication complète de ce mystère apparent, mais essayons néanmoins de donner un aperçu de la façon dont le problème se pose.

Imaginons, par exemple, que l'on dessine un bonhomme sur une feuille de papier en déplaçant le crayon toujours à la même vitesse, et que vous assistiez à son dessin.

La feuille de papier a deux dimensions : sa largeur, sa hauteur.

Sur la feuille de papier, le bonhomme est donc une figure qui se développe dans un espace à deux dimensions.



Si vous vous mettez face à la feuille, vous voyez bien ce qui est fait, et vous admettez qu'il est en train de se réaliser une chose cohérente, régulière (puisque le dessin se fait toujours à la même vitesse), et sensée. Si l'on vous demande ce qui se fait, vous répondez qu'il se dessine un bonhomme.

Maintenant, mettez-vous sur le côté, sur la tranche de la feuille, et suivez des yeux le crayon. Cette fois, ce que vous voyez est réduit à une seule dimension, celle de la tranche de la feuille. Et si l'on vous demande maintenant ce qui se fait, vous répondez que cela n'a aucun sens, que c'est tellement incohérent selon l'évidence de ce que vous voyez, qu'il est vain de chercher une logique à ce qui se fait.

En cela vos yeux ne vous trompent pas : vous voyez, parfois, la pointe du crayon accélérer, d'autres fois, sembler ne plus bouger, parfois longuement descendre, d'autres fois, faire des va-et-vient irréguliers, plus tard encore, des va-et-vient réguliers, puis remonter, puis s'arrêter, puis repartir à toute vitesse. Aucune régularité de vitesse, ni de sens de trajet. Vous ne voyez rien faire de cohérent et de continu, donc, pour vous, il ne se fait rien de cohérent et de continu.

Cela ne gêne pas pour dessiner le bonhomme à deux dimensions, que, sous votre angle de vue à une seule dimension, vous ayez l'impression que l'on promène le crayon de la façon la plus aléatoire et la moins organisée qui soit.

Si l'on devait se placer, comme vous, sur la tranche pour le dessiner, et que l'on y parvienne, quelle estime vous inspirerait son dessinateur, quand il retournerait la feuille pour montrer le produit de son travail fait à l'aveuglette. La même estime qu'ont les biologistes envers les molécules, lorsqu'ils supposent que les molécules ne voient qu'un ADN déroulé dans le noyau.

Tout le problème est là : vous voulez comprendre en n'en voyant qu'une seule dimension, un bonhomme qui se dessine en deux dimensions. Il vous manque une dimension pour voir ce qui se passe et, sans cette dimension, ce qui se passe vous apparaît, au mieux mystérieux, au pire, dénué de sens. Vos yeux ne vous trompent pas, mais il ne peuvent voir une dimension qui leur est inaccessible.

Pour que les protéines du chromosome déroulé forment des figures continues alors que nous les voyons apparemment dispersées dans l'espace, comme dans ce petit exemple du bonhomme, il suffirait de penser qu'une dimension nous manque pour voir le phénomène réel tel qu'il se déroule.

Pour cela, nous allons formuler l'hypothèse que la notion de dimension, dans un phénomène, ne se confond pas avec la notion des dimensions de l'espace où se déroule ce phénomène. Nous proposerons que le nombre des dimensions d'un phénomène soit le nombre des forces qui interviennent simultanément pour le produire. Nous montrerons, par exemple, comment l'univers peut développer des phénomènes à deux dimensions (c'est-à-dire produits par l'interférence de deux forces distinctes) aussi bien dans un fil qui n'a qu'une seule dimension d'espace, que sur une surface qui en a deux, ou que dans un volume qui en a trois.

Nous suggérerons que, pour penser les phénomènes de façon similaire à la façon dont l'univers les produit, il faut penser que les dimensions de l'espace ne sont que des cas très particuliers de ce que l'on doit entendre par dimension ([*lien vers la section mathématique du site qui expose en détail ce point de vue*](#)).

Dans le cas des chromosomes démêlés, nous montrerons qu'il s'agit d'un cas tout à fait banal d'interférence entre quatre phénomènes distincts se déroulant simultanément, donc, un cas de phénomène à quatre dimensions. Dès lors, comme l'espace n'a que trois dimensions, en regardant ce qui se passe dans l'espace, on se retrouve avec une dimension de moins qu'il n'en faut pour voir ce que fait réellement l'ADN. Cela ne dérange pas l'ADN, ni les molécules, qui continuent leur simple routine magnétique en quatre dimensions. Comme cela n'empêchait pas de dessiner le bonhomme en deux dimensions, quand vous ne pouviez en voir qu'une seule.

Pourquoi donc la question des dimensions n'a-t-elle pas été envisagée plus tôt de manière différente ? Parce que c'est une règle générale, dans l'évolution de la pensée humaine : elle part toujours du concret et elle met toujours très longtemps pour se débarrasser des entraves à la compréhension qu'implique cette origine concrète. C'est exactement ce qui est arrivé au chiffre 0. Tout le monde sait compter 0, 1, 2, 3, etc. Les enfants apprennent cela très tôt, à l'école. Pourtant, tous les grands penseurs mathématiciens de l'antiquité grecque (même Pythagore, même Euclide, même Thalès), ont pensé les nombres et calculé les nombres sans se servir du 0 qu'ils ne connaissaient pas. Qu'ils n'imaginaient pas. Ils avaient une notion encore trop concrète des nombres, trop rattachée à leur origine qui était de servir à dénombrer les choses : on a 1 chose, on a 2 choses, etc. Lorsque les anciens grecs croyaient réfléchir purement abstraitement sur les nombres, inconsciemment ils continuaient en fait à dénombrer quelque chose : une quantité ou une longueur. Lorsqu'il n'y avait pas de chose à dénombrer, il n'y avait pas besoin de chiffre pour dire combien on en avait. Avoir 0 quelque chose, n'avait donc pas de sens pour eux.

En Occident, on n'a pas imaginé le zéro avant le IX^e siècle environ, quand il nous a été apporté par les mathématiciens Indiens. Le zéro, pourtant, ce n'est pas rien comme simplification. Il suffit d'essayer de faire des multiplications avec des chiffres romains, pour comprendre la difficulté qu'il y a de calculer sans zéro.

Il n'y a pas que le zéro. Prenez, par exemple, les nombres négatifs. Ils nous sont familiers, on les apprend aux enfants. Il nous manque 3 choses, on en a donc « -3 ». De Descartes, on connaît le philosophe, mais on oublie trop souvent qu'il fut un mathématicien hors pairs. Il connaissait le zéro, et trouvait normal et évident que le zéro existe. Mais que pensait-il des nombres négatifs ? Pour lui, des nombres « moindres que rien » ne pouvaient qu'être insensés. N'est-ce-pas étonnant, avec le recul, que les nombres négatifs n'aient été acceptés par les mathématiciens que depuis 2 siècles environ ?

Toujours le même handicap : les nombres restaient encore trop attachés à des données concrètes. N'avoir aucune chose, pouvait maintenant se concevoir, c'était devenu une éventualité réelle que l'on pouvait représenter par le nombre zéro. Mais compter le nombre d'absences de quelque chose, cela n'avait pas de matérialité, c'était donc considéré comme irréalisable.

Il a fallu que les humains pensent encore plus abstraitement la notion de nombre, pour admettre la possibilité de nombres négatifs. Il a fallu qu'ils détachent encore davantage le fonctionnement des nombres de toute donnée concrète tirée de leur expérience humaine.

Il a fallu qu'ils apprennent à faire fonctionner toutes les propriétés abstraites que pouvaient porter les nombres, propriétés qu'ils portent, précisément, du fait de leur caractère abstrait. Il a fallu qu'ils ne se bornent pas aux fonctionnements des nombres qui ont un équivalent dans le fonctionnement simpliste des choses de tous les jours.

Le fonctionnement de l'univers concret, finalement, se révèle toujours plus abstrait que la pensée humaine.

Ce qui est proposé est de faire, pour les dimensions, le même effort d'abstraction que celui qui a été fait par nos ancêtres pour penser les nombres indépendamment de toute donnée immédiate à mesurer, pour les penser et pour les faire fonctionner dans leur logique propre.

Pour les dimensions, notre expérience quotidienne, immédiate, c'est notre corps qui se déplace dans un espace à trois dimensions, avec une dimension de largeur, une de hauteur et une de profondeur du lointain. C'est de cette expérience-là dont nous devons nous abstraire.

Des scientifiques ont supposé que l'univers puisse avoir jusqu'à dix ou seize dimensions. Même eux sont trop restés dans le concret, car ils ont imaginé les dimensions supplémentaires aux trois habituelles comme étant seulement des dimensions d'espace en plus. Il faudra abandonner l'idée qu'une dimension est forcément une dimension d'espace et qu'elle se mesure forcément par une longueur que l'on repère sur un axe gradué.

Après cet effort d'abstraction, il sera possible de penser les figures des protéines de l'ADN en quatre dimensions, et même d'envisager un procédé pour voir ces figures dans leurs quatre dimensions.

Texte rédigé en 1995-1996

Relecture complète et dernières mises à jour de détail et de présentation : 11 avril 2010



Il est rappelé que ce texte reprend le chapitre d'introduction du livre « [l'adieu au big-bang](#) », et qu'il est aussi disponible en format html, décomposé en 4 parties accessibles depuis le site [Quatuor](#) à l'adresse : <http://www.quatuor.org/Science.htm#Copernic>