



Les  
Nouvelles Avancées  
du Modèle  
**Moon**

**A**vant d'aborder ce dossier, il est important que le lecteur comprenne que les efforts de Laurence Hecht et Robert Moon pour rebâtir une physique atomique digne de ce nom, rompent avec l'approche qui a prévalu tout au long du XX<sup>e</sup> siècle due à Niels Bohr, Wolfgang Pauli et Werner Heisenberg. En effet, le travail de ces derniers, lié notamment au fameux « principe d'incertitude » et à l'introduction excessive du hasard, a eu pour conséquences dévastatrices le rejet du principe de causalité en physique et l'abandon de la recherche de principes d'ordonnement légitimes de l'univers. Jugeant ces tendances dommageables pour le développement de la science, Laurence Hecht est revenu, avec Charles Stevens, aux œuvres fondatrices de Gauss, Ampère et Weber en électrodynamique et à une approche épistémologique plus rigoureuse. Le lecteur pourra apprécier la qualité du travail qui en découle, et son caractère proprement révolutionnaire.

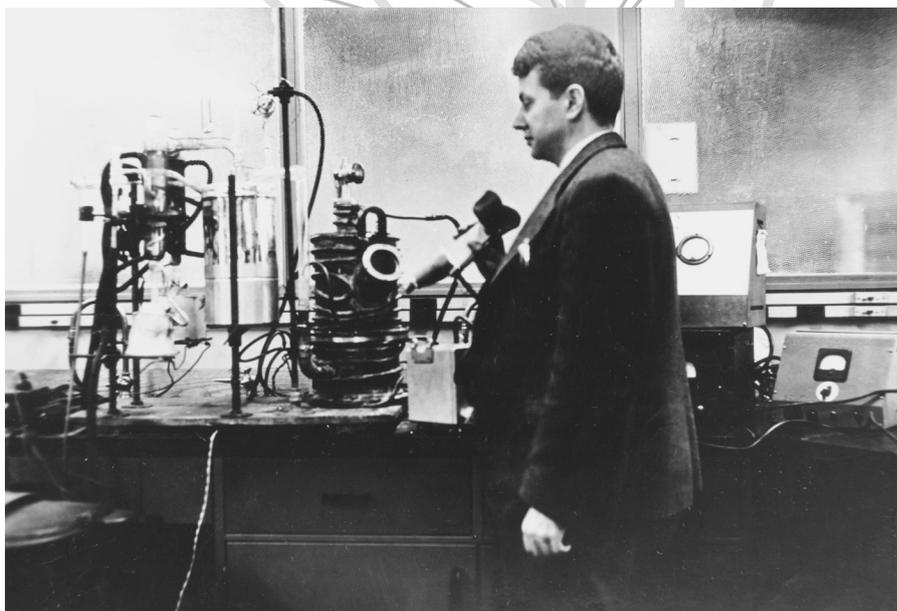
# Robert J. Moon : Un scientifique pour le XXI<sup>e</sup> siècle

Nous sommes actuellement engagés dans une étude attentive d'un document fondateur de la science hydrodynamique, écrit par les fameux frères Weber, la *Théorie des ondes basées sur l'expérimentation*<sup>1</sup>. Le contenu et la méthode de ce travail de 1825 a divers liens avec le sujet central de cet article, de telle sorte qu'une brève discussion sur la question peut aider le lecteur à mieux apprécier la signification de la vie et de l'œuvre de notre cher ami Robert J. Moon (1911-1989).

C'est l'insistance de Moon sur le travail de Louis de Broglie, qui nous a d'abord amenés, par un chemin indirect que les familiers du sujet peuvent deviner aisément, à nous intéresser à l'œuvre des frères Weber. Dans un premier temps, les répétitions de phrases telles que « nos expériences avec des diapasons semblent contredire cette proposition de Poisson » nous ont fascinés. Dans la table des matières détaillée, puis dans le texte, la phrase « l'hypothèse de .... ne correspond pas avec les résultats de nos expériences » apparaît encore et encore, si bien que d'illustres personnages tels Newton, Euler, d'Alembert, Lagrange, Laplace, Savart, Biot, Cauchy et Poisson s'avèrent avoir été sérieusement dans l'erreur concernant les hypothèses sur lesquelles ils fondaient des aspects cruciaux de leur théorie mathématique des ondes.

## LES MATHÉMATIQUES DU TABLEAU NOIR

Plus nous l'étudions, plus il devenait évident que ce travail, indépendamment de son caractère fondateur pour la théorie des ondes, avait pour intention de réfuter les méthodes mathématiques dominantes du type « tour d'ivoire » ou « tableau noir », qui prévalent encore aujourd'hui dans l'enseignement des sciences, et de la physique mathématique en particulier. La question centrale était précisément la même que celle posée par le jeune Carl Friedrich Gauss dans son fameux papier de 1799 sur le Théorème Fondamental de l'Algèbre : Peut-on atteindre la vérité concernant la relation de l'homme à l'univers physique par le moyen d'un formalisme mathématique « à priori » du type de celui implicite dans les *Eléments* d'Euclide, ou dans l'approche des prétendus nombres imaginaires ?



Robert J. Moon, vers 1948, devant le fourneau isolant qu'il utilisa dans la construction du premier appareil de balayage à rayons X.

Dans son écrit de jeunesse, comme dans tous ses mémoires ultérieurs, Gauss attaquait cette approche en des termes clairs, dénonçant en particulier les hypothèses fausses de Euler, D'Alembert et Lagrange. Il n'était donc pas étonnant que le plus jeune des frères Weber, Wilhelm (qui avait 21 ans au moment de la publication de leur travail sur la théorie des ondes) devînt le principal assistant de Carl Friedrich Gauss dans ses recherches bousculant les fondements de l'électrodynamique et du magnétisme terrestre. Pour Gauss, aucune vérité mathématique n'était envisageable sans ancrage dans l'expérience, un point que son étudiant le plus célèbre, Bernhard Riemann, allait élaborer et rendre explicite dans sa célèbre et encore sous-estimée *Dissertation d'Habilitation* de 1854.<sup>2</sup>

## UNE GUERRE CONTRE GAUSS

Pour la science, la tragédie du XIX<sup>e</sup> siècle, dont les conséquences nous hantent encore, est que la belle tradition classique personnifiée par Gauss, son jeune collaborateur Wilhelm Weber et Bernhard Riemann allait être supprimée par des individus comme William Thomson Lord Kelvin, Tait, Maxwell, et Rayleigh, soutenus en Allemagne par des gens comme Grassmann, Clausius et Helmholtz.

# LaRouche : En hommage au travail scientifique de Moon

C'est en 1986, au cours de discussions avec Larry Hecht, que Moon réalisa soudain l'importance de mon travail scientifique. Nous avons eu l'occasion d'en parler dès 1975, mais certains de mes associés, notamment la clique de Steve Bardwell, l'avaient découragé de s'intéresser à mon travail scientifique. Il comprit alors que j'avais raison lorsque j'utilisais ces projections sphériques riemanniennes en économie.

Moon m'avait présenté pour la première fois le concept d'Ampère en 1975. Cela s'était fait rapidement après une réunion que nous avons tenu à l'hôtel Tudor, réunion qui aboutirait plus tard à la création de la Fondation pour l'Energie de Fusion. Moon aborda un sujet que j'avais soulevé et qui le préoccupait, l'énergie de fusion.

Le problème était la « force de Coulomb », c'est-à-dire qu'il y a des forces de répulsion proportionnelles aux charges, et que des imbéciles, avec la linéarisation dans le domaine du petit, avaient étendu dans une région inférieure à la première orbite électronique. Ce qui est absurde, car la linéarisation dans le « petit » repose sur une pure spéculation.

## LA FORCE D'AMPÈRE

Lorsqu'il me rendit visite à Washington, Moon insista : « Regarde le principe d'Ampère. Regarde ce qu'a fait Maxwell ». Et il représenta très rapidement le cas de la force longitudinale, ce que l'on devrait appeler la force angulaire. Puis, au milieu des années 1980, Larry et moi travaillâmes sur cette

question. Larry se souvient que, lors d'une université d'été, Moon avait insisté devant des enfants sur l'expérience d'Ampère avec le solénoïde, qui est une clef pour regarder la physique du point de vue d'Ampère.

Nous étions donc confrontés à l'ensemble des fonctions caténoïdes ou aux fonctions hypergéométriques qui m'avaient obsédé un temps et qui intéressaient beaucoup Chuck Stevens... Tout cela est issu du travail de Bob Moon, bien qu'il ne soit pas de son seul fait. Moon fut cette figure hautement distinguée de la science américaine du XX<sup>e</sup> siècle, que nous devons honorer. Car, en lui rendant hommage, nous honorons moralement notre dette envers les idées et ceux qui en ont favorisé le développement.

Qui a connu Bob Moon peut témoigner, qu'en dépit de tous les efforts faits pour la supprimer, la nier et la corrompre, cette tradition n'est jamais morte. En sa présence, on avait l'impression d'être dans l'entourage d'un Benjamin Franklin des temps modernes, comme le remarquait un de ses jeunes collaborateurs. En Moon, on reconnaissait l'incarnation de la plus grande tradition de la science américaine, la poursuite de l'héritage de Benjamin Franklin transmis par son arrière petit-fils Alexander Dallas Bache, son allié Joseph Henry et d'autres parmi les premiers leaders de la *American Association for the Advancement of Science*. On retrouve également une connexion directe avec la science continentale, par son professeur William Draper Harkins – un protégé dans sa jeunesse du chimiste allemand, Fritz Haber, pendant ses études avant la Première Guerre Mondiale – ainsi qu'à travers sa longue relation d'amitié avec

James Franck de Göttingen.

Ensemble, ces traditions entrelacées trouvent leurs disciples parmi les modestes, effacés, et pourtant contagieux passionnés de la vérité, cela depuis les collaborateurs de Leibniz dans la colonie de Pennsylvanie, comme le gouverneur James Logan, le mentor de Franklin, jusqu'aux cercles de Göttingen autour d'Abraham Kästner, qui ont ressuscité cet élan. Faisons en sorte que cet héritage puisse continuer à se diffuser.

La classification périodique des éléments.

1 H 1.00797	IIA																2 He 4.00260
3 Li 6.941	4 Be 9.01218											5 B 10.81	6 C 12.011	7 N 14.0067	8 O 15.9994	9 F 18.99840	10 Ne 20.179
11 Na 22.98977	12 Mg 24.305											13 Al 26.98154	14 Si 28.086	15 P 30.97376	16 S 32.06	17 Cl 35.453	18 Ar 39.948
19 K 39.098	20 Ca 40.08	21 Sc 44.9559	22 Ti 47.90	23 V 50.9414	24 Cr 51.996	25 Mn 54.9380	26 Fe 55.847	27 Co 58.9332	28 Ni 58.70	29 Cu 63.546	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.59	33 As 74.9216	34 Se 78.96	35 Br 79.904	36 Kr 83.80
37 Rb 85.4678	38 Sr 87.62	39 Y 88.9059	40 Zr 91.22	41 Nb 92.9064	42 Mo 95.94	43 Tc 98	44 Ru 101.07	45 Rh 102.9055	46 Pd 106.4	47 Ag 107.868	48 Cd 112.40	49 In 114.82	50 Sn 118.69	51 Sb 121.75	52 Te 127.60	53 I 126.9045	54 Xe 131.29
55 Cs 132.9054	56 Ba 137.34	57 *La 138.9055	72 Hf 178.49	73 Ta 180.9479	74 W 183.85	75 Re 186.207	76 Os 190.2	77 Ir 192.22	78 Pt 195.09	79 Au 196.9665	80 Hg 200.59	81 Tl 204.37	82 Pb 207.19	83 Bi 208.9804	84 Po (210)	85 At (210)	86 Rn (222)
87 Fr (223)	88 Ra 226.0254	89 †Ac (227)	104 Ku	105 Ha	106												

58 Ce 140.12	59 Pr 140.9077	60 Nd 144.24	61 Pm (147)	62 Sm 150.4	63 Eu 151.96	64 Gd 157.25	65 Tb 158.9254	66 Dy 162.50	67 Ho 164.9304	68 Er 167.26	69 Tm 168.9342	70 Yb 173.04	71 Lu 174.97
90 Th 232.0381	91 Pa 231.0359	92 U 238.029	93 Np 237.0482	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (255)	103 Lr (256)

1  
H  
1.0079  
nombre atomique  
masse atomique

# De nouvelles découvertes grâce au Modèle de Moon

Vers un nouveau modèle du noyau atomique, fondé sur les travaux avant-gardistes du physicien Robert J. Moon.

**INTRODUCTION / DR MOON ET L'ELECTRODYNAMIQUE D'AMPÈRE ET WEBER**

Récemment, Charles Stevens et moi-même avons travaillé, avec l'aide du jeune Jacob Welsh,<sup>3</sup> à l'élaboration du modèle du noyau atomique développé en 1986 par Robert J. Moon Jr., chimiste et physicien à l'université de Chicago. Ceci est un état des lieux de ce travail, encore inachevé, mais déjà plein d'espoir et de possibilités pour l'avenir. Nous avons, par exemple, découvert un moyen d'analyser les relations géométriques entre les paires de protons liés (« paires de Weber »), qui contourne les difficultés que l'on rencontre habituellement dans des systèmes présentant des interactions entre plus de deux corps. Comme la configuration stable, détaillée plus loin, se trouve être précisément celle du modèle de Moon, nous suspectons que nous redécouvrons certains des chemins qui ont conduit Moon à sa construction originale. Une attention particulière a été portée, dans ce rapport, à la préparation des illustrations et des diagrammes afin de rendre les constructions compréhensibles à quiconque maîtrise les solides platoniciens et les bases élémentaires du modèle de Moon. Ceux qui ne sont pas familiers avec l'électrodynamique d'Ampère et de Gauss pourraient cependant rencontrer des difficultés.<sup>4</sup>

Toute la pensée du Dr Moon en physique nucléaire était façonnée par sa compréhension de la supériorité de l'électrodynamique d'Ampère, Gauss et Weber, sur les conceptions hégémoniques de Faraday et Maxwell. Les expériences originales d'Ampère et l'électrodynamique de Gauss et Weber était le point de référence dans toute discussion scientifique avec Moon, en particulier celles relatées dans l'article de 1781 de Wilhelm Weber.<sup>5</sup> La caractéristique particulière de cet article résulte de l'influence du courant de pensée leibnizien, introduit à l'université de Göttingen de Gauss grâce à l'influence d'Abraham Kästner (1719-

**LAURENCE HECHT  
CHARLES B. STEVENS**



Robert J. Moon, en 1986. |

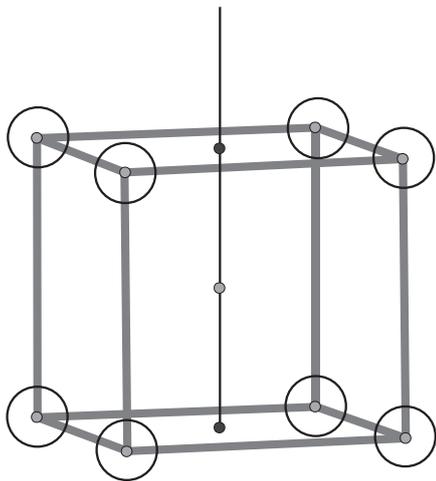
1800). Le concept leibnizien de *monades* se manifeste notamment dans la reconnaissance d'une distance minimale  $\rho$ , en dessous de laquelle la force, dite de Coulomb, de répulsion entre deux particules de même signe s'inverse et devient attractive (nous aborderons cela plus loin avec la « paire de Weber »). Derrière cela, se profile un concept convenable de noyau atomique, toujours présent dans l'esprit du Dr Moon : celui d'une entité comparable à une monade déterminée par un principe d'ordonnement universel, une idée distincte du concept de brique élémentaire auto-existante, le *protyle* aristotélicien, qui domine la plupart des approches en physique atomique de nos jours.

Le Dr Moon était un des plus grands physiciens expérimentaux du siècle, un véritable génie qui, malgré un caractère très effacé, menait un combat obstiné, et souvent solitaire, pour la vérité au sein d'une culture de moins en moins scientifique. Une compréhension de l'électrodynamique d'Ampère et Weber transparait dans tout son travail, depuis sa première construction expérimentale majeure, le cyclotron de l'université de Chicago, qu'il avait dessiné et bâti en 1935-36 avec une équipe d'étudiants en chimie physique, jusqu'à sa dernière hypothèse, un demi-siècle

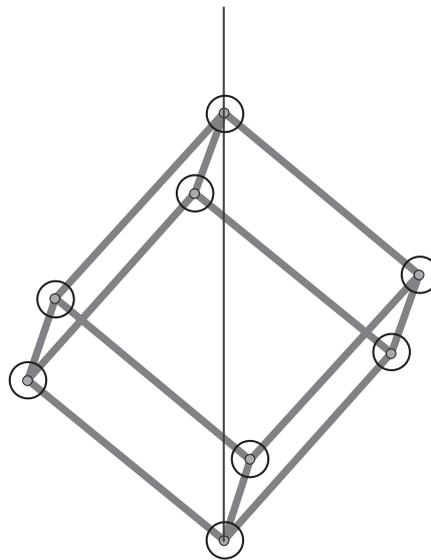
plus tard : le modèle de Moon du noyau atomique. Qui souhaite saisir en profondeur le modèle de Moon doit maîtriser le travail original d'Ampère et Weber. Mon espoir est d'amener de nouveaux talents à relever le défi que représente ce modèle.

## **1 / UN AXE DE ROTATION DU NOYAU : MOMENTS ET ISOTOPES**

Ce rapport commence là où le précédent se terminait, il y a un an, avec l'examen d'un possible placement des neutrons dans le noyau de Moon s'appuyant sur les singularités appelées « nombres magiques ». La découverte des



**Figure 1.**  
Cube pivotant sur un axe de rotation passant par le centre de ses faces.



**Figure 2.**  
Cube pivotant sur un axe de rotation selon sa diagonale.

isotopes dans la seconde décennie du XX<sup>e</sup> siècle a introduit une troisième dimension au tableau périodique. De nouvelles questions sont apparues : pourquoi certains éléments ont-ils un grand nombre d'isotopes naturels, d'autres très peu et d'autres, un seul ? La vérification expérimentale de l'existence du neutron d'Harkins en 1932 posait la même question d'une nouvelle manière : qu'est ce qui détermine le nombre de neutrons de chaque espèce d'isotopes ? Ces questions sont encore sans réponse. Les symétries du modèle de Moon offraient l'espoir de trouver la raison pour laquelle la nature favorisait des configurations contenant certains nombres de neutrons et pas d'autres.

Assez tôt dans mon précédent rapport (voir Fusion n°98), j'ai introduit l'hypothèse d'une *axe de rotation* du noyau. Mes investigations concernant le placement des neutrons avaient considéré le noyau seulement du point de vue de ses symétries sphériques. J'avais supposé que les neutrons occupaient des positions sur des couches sphériques définies par les faces inutilisées et les milieux des arêtes des solides dont les sommets servent d'emplacement aux protons. En introduisant un axe de rotation, une nouvelle considération entraînait en jeu : la distance des particules nucléaires à cet axe.

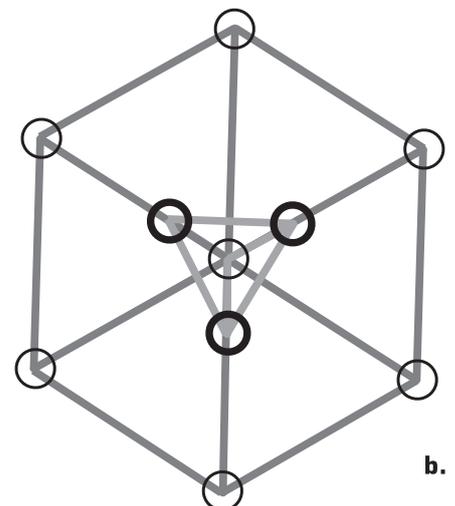
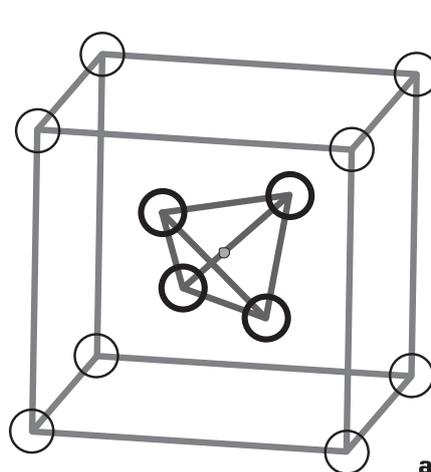
Faisant l'hypothèse que les configurations préférées seraient celles qui minimisent le moment angulaire autour de l'axe, il était désormais possible d'examiner l'assortiment des isotopes sous un nouveau jour. Un exemple graphique nous aidera mieux à expliquer ceci.

**Figure 3.**

La particule alpha à l'intérieur du cube.

**a.** Vue globale.

**b.** Vue depuis l'axe de rotation diagonal (un proton et un neutron sur l'axe ne sont pas visibles)



Considérons le cube représentant le noyau de l'élément Oxygène. Premièrement, considérons un axe de rotation passant par les centres des faces opposées du cube (**Figure 1**). Supposant les masses des protons localisées aux points sommets, le moment d'un proton est uniquement déterminé par sa distance à l'axe. Pour un cube de côté 1, la distance est  $\sqrt{2} / 2$ . Le moment total pour 8 protons est  $4\sqrt{2} = 5,6569$ .

Nous avons à comparer cette valeur au moment produit quand le cube tourne sur un axe passant par deux sommets diagonalement opposés (**Figure 2**). Dans ce cas, deux arêtes sont sur l'axe. Pour un cube de côté 1, le moment de chacun des six protons est  $\sqrt{6} / 3$ , et le moment total est  $2\sqrt{6} = 4,88990$ , considérablement moins que pour l'axe de rotation centré sur les faces.

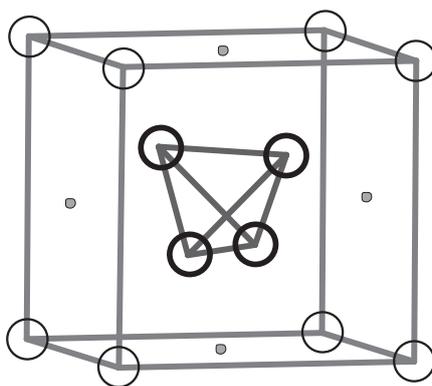
Cependant, nous devons aussi prendre en compte les moments des

neutrons. En plaçant les neutrons, nous avons toujours supposé qu'ils devaient être contenus à l'intérieur des couches de protons. Pour cette raison et d'autres, nous avons supposé un tétraèdre intérieur, ou « particule alpha », dont les sommets auraient d'abord servi d'emplacements aux deux protons et deux neutrons du noyau d'hélium, tandis que pour des noyaux de numéro atomique supérieur à deux, ils serviraient d'emplacements pour les neutrons. La **Figure 3** présente cette configuration de deux points de vue (dans la **Figure 3b**, vue faisant face à l'axe diagonal du cube, deux protons et un neutron sont sur l'axe, ils se recouvrent, donc une seule sphère est visible au centre). Ici encore, le calcul des moments sur le tétraèdre montre que la configuration avantageuse est celle qui tourne autour de l'axe diagonal du cube.

Finalement, on doit considérer les neutrons qui se trouvent sur le cube. Pour l'Oxygène, nous supposons quatre neutrons sur la particule alpha (le tétraèdre central), et quatre au centre des faces, comme l'indique la **Figure 4**. Les moments de certains emplacements de neutrons dépendent de l'axe choisi. La configuration des neutrons évoquée produit un moment total minimal pour chacun

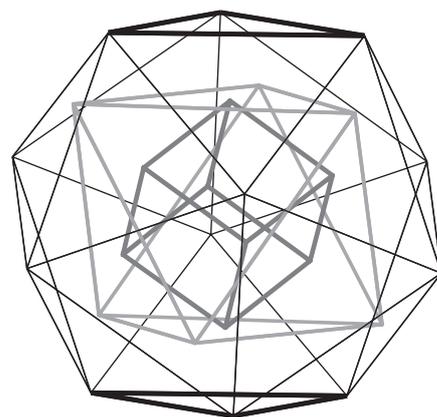
des axes de rotation.

Le concept d'axe de rotation du noyau semble donc valide. Cependant, plusieurs questions se posent. Le noyau tourne-t-il tout le temps, ou seulement quand il subit des forces extérieures comme le magnétisme ? Comment l'existence de cet axe se manifeste-t-elle ? Nous avons effectué quelques tentatives préliminaires pour construire les huit premiers éléments, calculant les moments de chaque isotope principal. Et il y a plusieurs incertitudes. Les cinq premiers éléments présentent beaucoup d'anomalies. Pourquoi le lithium-7 (3 protons, 4 neutrons) est-il l'isotope le plus abondant ? Pourquoi le 4-béryllium-9 est-il stable, alors que le béryllium-8 fissionne en 2 particules alpha ? Pourquoi le 5-bore-10 et le 7-azote-14 ont-ils un nombre impair de protons et de neutrons ? Nous avons examiné également les atomes au delà de l'oxygène. Là, il y a des indications supplémentaires que l'axe de rotation est une caractéristique déterminante pour l'existence de certains isotopes plutôt que d'autres. Mais il n'y a encore rien de décisif.



**Figure 4.**

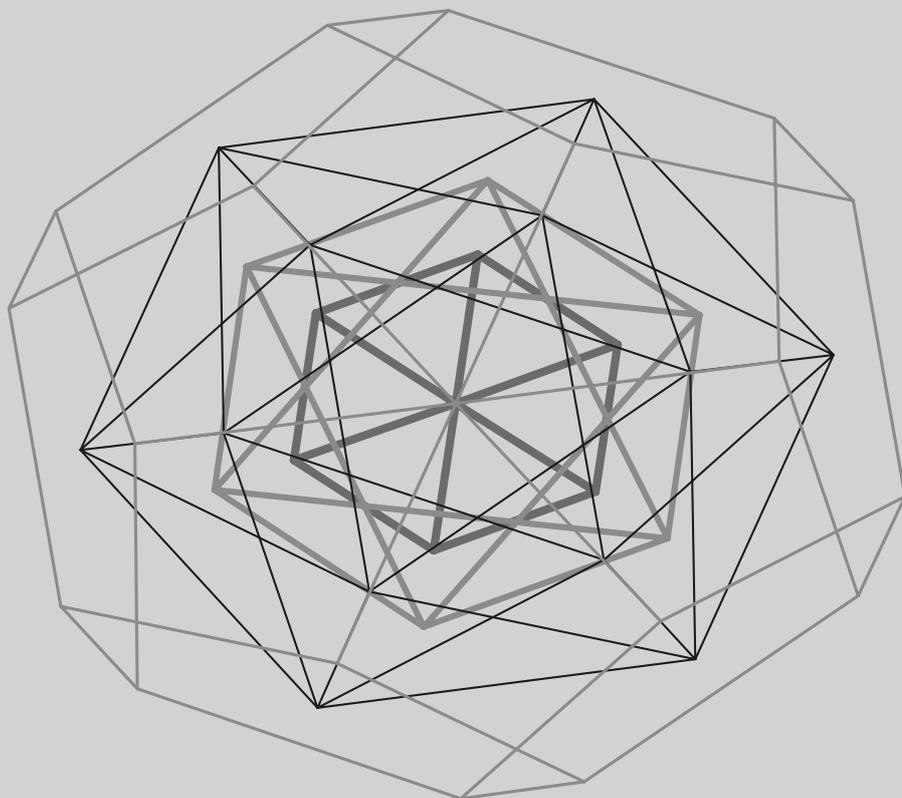
Un noyau d'oxygène possible avec 4 neutrons sur les centres des faces du cube.



**Figure 5.**

L'unique paire de faces parallèles de l'icosaèdre et de l'octaèdre dans le modèle de Moon. Les faces de l'icosaèdre qui sont parallèles à celles de l'octaèdre sont signifiées en haut et en bas par des lignes noires épaisses.

## « L'axe de l'univers » vu par le sommet



**Figure 6.**

Vérité ou simple apparence ? Grâce à son étude du *Pentagramma Mirificum* de Gauss, Stevens était

capable de vérifier facilement le parallélisme de cette unique paire de faces entre l'icosaèdre et l'octaèdre. Brièvement, le raisonnement

est le suivant : les sommets de l'octaèdre dans le modèle de Moon correspondent directionnellement aux positions des sommets dans la figure composée de 20 octaèdres qui peuvent être déterminés par la rotation de chacun des 5 cubes dont les sommets correspondent à ceux du dodécaèdre. Le cube tourne de telle sorte qu'une paire de sommets reste fixe sur ceux du dodécaèdre. Le cube emmène avec lui son octaèdre dual. Les centres des faces de chaque octaèdre de la figure composée reposeront ainsi sur les sommets du cube dual qui les porte. Comme deux des sommets de ce cube sont fixés au dodécaèdre, les centres des deux faces correspondantes de l'octaèdre se retrouveront sur les sommets en question du dodécaèdre.

Maintenant, faisons correspondre le dodécaèdre de cette construction au dodécaèdre circonscrit du modèle de Moon. Ainsi, une seule paire de centres des faces de l'octaèdre du modèle de Moon se trouvera sous deux sommets diagonalement opposés du dodécaèdre. L'axe de l'univers est donc établi, comme étant le seul axe passant par les sommets du dodécaèdre et du cube, et les centres des faces de l'octaèdre et de l'icosaèdre.

## 2 / « L'AXE DE L'UNIVERS »

Un jour, alors que j'examinais mon modèle en Plexiglas de la structure nucléaire de Moon, je remarquai qu'une paire de faces de l'octaèdre se trouvait parallèle aux faces superposées de l'icosaèdre (**Figure 5**). Si cela était vrai, alors un axe unique passant par la diagonale du dodécaèdre et les faces superposées de son dual, l'icosaèdre, passerait ensuite par le centre des faces de l'octaèdre et descendrait par l'axe diagonal du cube. Un axe unique de l'ensemble de la configuration du modèle de Moon était ainsi déterminé. Nous l'appelions « l'axe de l'univers » (**Figure 6**).

### UNE NOUVELLE APPROCHE DE L'URANIUM

Avec la détermination de cet axe, un dessin plus clair de la structure emboîtée décrivant le noyau d'uranium fut le premier résultat important. L'uranium, numéro atomique 92, est une singularité dans la structure de Moon se produisant lorsque le dodécaèdre emboîté s'ouvre sur une charnière. Cette charnière se casse ensuite pour donner une connexion entre seulement deux protons. Moon avait suggéré que chacun des deux protons interpénètre légèrement l'autre structure. Stevens reconnaissait que le noyau jumeau d'uranium s'alignerait sur « l'axe de l'univers », et que les deux protons interpénétrés seraient susceptibles de se positionner aux centres des faces de l'icosaèdre qui sont sous les sommets du dodécaèdre où ils se trouvent. Cela laisserait 73 positions de neutrons sur chaque structure, ce qui est précisément le bon nombre pour les 146 neutrons de l'uranium-238. Effectivement, si on recense les positions envisageables pour les neutrons, on obtient :

Faces du cube	6
Arêtes du cube	12
Arêtes de l'octaèdre	12
Arêtes de l'icosaèdre	30
Faces de l'icosaèdre	13
<b>Total</b>	<b>73</b>

Ce faisant, notre idée de moments de rotation minimaux était renforcée. Pour le noyau de palladium complété, et pour l'uranium, « l'axe de l'univers » constitue le seul axe de rotation et de symétrie. Le fer (l'icosaèdre complété) devrait tourner sur cet axe, car le placement oblique de l'octaèdre à l'intérieur de l'icosaèdre peut seulement être compensé quand l'unique paire de faces parallèles est alignée perpendiculairement à l'axe de rotation (**Figure 5**). Le cube de l'oxygène, nous l'avons vu, devrait également préférer tourner autour de cet axe, qui coïncide avec la diagonale du cube.

Mais le silicium (le cube complété et l'octaèdre) semblait présenter un problème. Du point de vue de la minimisation du moment angulaire, l'axe de l'octaèdre supérieur aurait dû être préféré. Cela aurait alors impliqué que le cube inscrit tourne sur l'axe centré en ses faces. Si la minimisation du moment angulaire avait été le seul critère, le silicium aurait dû pivoter autour de l'axe diagonal de l'octaèdre. Cependant, toutes les autres structures complétées du modèle de Moon sont conformes à notre hypothèse relative à l'axe de l'univers. Une possible origine de cette anomalie apparaît quand on examine la susceptibilité magnétique des éléments. Le silicium est le seul élément du modèle de Moon complété à avoir une susceptibilité légèrement négative (diamagnétisme). Les autres sont hautement magnétiques.

Nous discuterons cela de manière plus approfondie en section 4.

La préférence pour l'« axe de l'univers » suggérerait également une explication pour deux célèbres curiosités du tableau périodique : l'anomalie argon-potassium et l'apparente stabilité nucléaire de l'étain. Le modèle « par couches » du noyau atomique tentait d'expliquer ces deux phénomènes par la clôture des supposées couches nucléaires à 20 et à 50. Cela ne me semblait pas convaincant. Les couches devraient représenter des neutrons ou des protons, parfois les deux, et le mécanisme présumé par lequel la stabilité opère (le couple spin-orbite) est une création d'un mérite douteux, que Maria Goeppert-Mayer a adapté du modèle accepté des orbitales électroniques. Le phénomène appelé « spin » électronique, quand bien même il représenterait quelque chose, n'est pas encore vraiment compris. Il a débuté comme hypothèse d'un

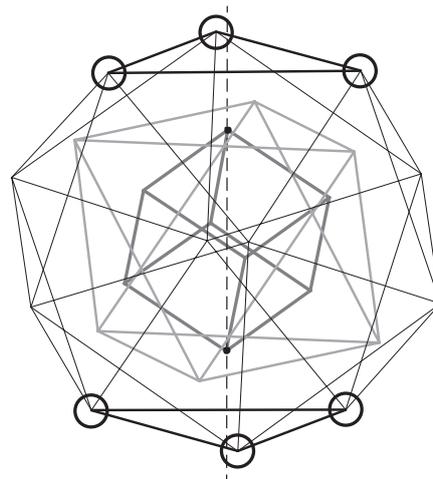
mouvement orbital, et a terminé comme un exercice de jonglage mathématique destiné à cadrer avec le modèle de Bohr modifié.<sup>6</sup>

### L'ANOMALIE ARGON-POTASSIUM

Pour les éléments légers, le nombre de neutrons a tendance à être égal au nombre de protons, ou à excéder le nombre de protons de un. Le premier écart significatif se produit avec le 18-argon-40 qui a 22 neutrons et 18 protons. Cependant, le potassium et le calcium qui suivent ont chacun 20 neutrons. Le calcium a 20 neutrons et 20 protons, ce qui le rend « doublement magique ».<sup>7</sup> Le calcium est abondant dans la croûte terrestre et les échantillons de météorites, et compte six isotopes naturels, soit considérablement plus que tous les éléments précédents.

Depuis Harkins, l'abondance a été associée à la stabilité nucléaire. Du point de vue leibnizien de *transcréation*, des représentants de chaque élément sont créés en permanence... Mais certains le sont-ils préférentiellement à d'autres ?

Les trois premières structures d'une grande symétrie dans le modèle de Moon – le cube, l'octaèdre et l'icosaèdre complétés – correspondent à des éléments abondants



**Figure 7. 20-calcium-40.**

Les 6 derniers protons du 20-calcium-40 sont sur l'unique paire de faces parallèles de l'icosaèdre, permettant à la structure de pivoter sur l'axe de l'univers (ligne en pointillés).

dans le système solaire (oxygène, silicium, fer). Les cas du calcium et de l'étain, qui sont les seuls à avoir dix isotopes naturels suggèrent comment les symétries, connectées avec l'unique axe de rotation, déterminent la préférence de la Nature pour certaines structures.

Regardons d'abord le calcium. Dans le modèle de Moon, 14 protons correspondent au cube et à l'octaèdre complétés du silicium. Le calcium nécessite 6 protons supplémentaires sur l'icosaèdre (**Figure 7**). Nous supposons qu'ils se positionnent sur l'unique paire de faces parallèles déjà décrite, de l'icosaèdre. Une fois ces faces complétées, « l'axe de l'univers » est déterminé comme l'axe de rotation (cela se produit probablement déjà pour le 19-potassium, lorsqu'une face triangulaire est complétée et l'autre au deux tiers). Avant cela, il n'y a pas d'axe de rotation bien défini. L'argon place sans doute ses 22 neutrons sur la particule alpha intérieure (4), les faces du cube (6) et les arêtes du cube. Ainsi, tous les emplacements de neutrons sont remplis.

L'étain, de numéro atomique 50, est le seul à compter dix isotopes naturels. Deux autres éléments seulement en ont 8. Cela a longtemps été considéré comme un signe d'une stabilité inhabituelle du noyau d'étain avec ses 50 protons, 50 étant un nombre magique. Le modèle de Moon et « l'axe de l'univers » nous suggère clairement pourquoi : le palladium complète le dodécaèdre avec ses 46 protons. Pour aller au-delà, la structure doit se bâtir une « jumelle », débutant sur une des faces pentagonales du dodécaèdre. Pourtant, une fois que ce « jumelage » se produit, il ne peut plus y avoir de rotation symétrique autour de « l'axe de l'univers ». L'étain résout ce problème en plaçant un de ses quatre protons supplémentaires sur « l'axe de l'univers », et les trois autres sur les sommets adjacents. La structure obtenue (**Figure 8**) pourrait ainsi pivoter autour de « l'axe de l'univers », comme le fait le palladium. Ceci explique la stabilité inhabituelle du noyau d'étain.

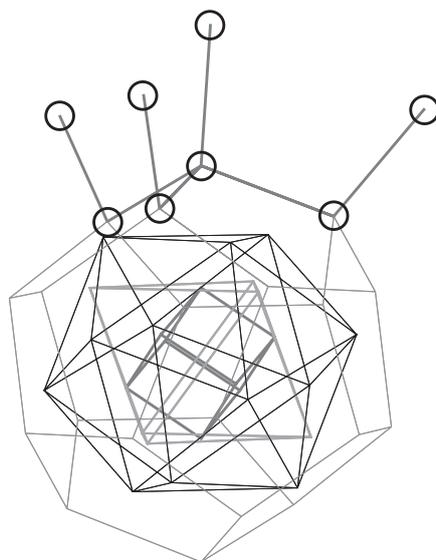
Le noyau suivant, le 51-antimoine, est incapable de maintenir cette symétrie (**Figure 9**). Il doit placer les 5 protons supplémentaires à ceux du palladium, autour d'une face pentagonale du dodécaèdre. A ce point, la structure jumelle est véritablement déterminée, mais « l'axe de l'univers » ne peut plus être un axe de rotation stable.

Nous poursuivions cette idée de minimisation du moment de rotation autour de l'axe de l'univers, en pensant pouvoir bâtir le noyau autour

**Figure 9.**

**Comment le numéro atomique 51 devient-il instable ?**

Le 51-antimoine, avec 5 protons au-delà du noyau de palladium, commence à former le nouveau dodécaèdre jumeau. Il ne tournera pas de manière stable autour de l'axe de l'univers.



**Figure 8. Stabilité du « nombre magique » 50, dans le modèle de Moon.**

L'étain, de numéro atomique 50, a besoin de 4 protons au-delà du noyau complété de palladium. Un de ceux-ci peut se situer sur « l'axe de l'univers » et les trois autres sur les trois plus proches sommets du dodécaèdre. La structure tourne ensuite symétriquement autour de l'axe.

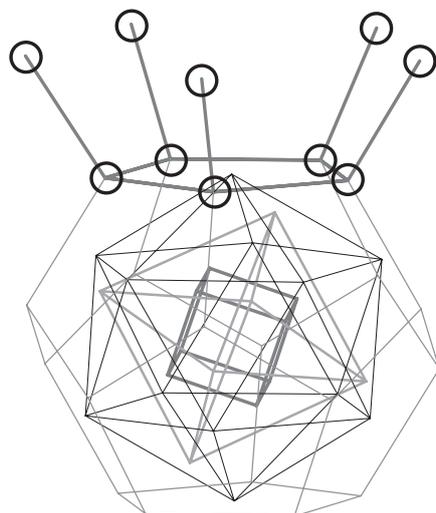
de ce concept. Stevens calculait une table des moments pour toutes les positions possibles dans le modèle de Moon, et commençait à essayer de construire le noyau sur l'hypothèse de la minimisation du moment total. Mais certains problèmes se posaient, les noyaux légers, comme le lithium, le béryllium et le bore, nous laissaient dans le doute, tout comme les noyaux plus complexes qui n'étaient pas symétriques autour de notre axe.

**3 / LE CONCEPT DE « PAIRE DE WEBER », L'HYPOTHÈSE DU NEUTRON, LA TENTATIVE POUR DÉCRIRE LE DÉFAUT DE MASSE À PARTIR DE LA GÉOMÉTRIE NUCLÉAIRE, LA QUESTION ONTOLOGIQUE**

Alors que Stevens continuait sur cette voie, je considérais à nouveau la structure que j'appelais « paire de Weber ». C'est l'unique état d'agrégation stable entre deux particules de même charge dont Weber a établi l'existence dans son mémoire de 1871, et qui se produit en dessous d'une distance minimale que Weber définissait comme  $\rho$ .

La valeur de  $\rho$  pour deux protons vaut approximativement  $3.10^{-16}$  cm. A l'intérieur d'une sphère de ce petit diamètre, deux charges positives s'attirent. Weber prouve dans l'article en question que deux telles charges maintiennent un état stable d'agrégation moléculaire dans un mouvement d'oscillation le long de la ligne droite les reliant. Les particules accélèrent vers le centre de la ligne les connectant, avoisinant la vitesse  $c$ , passent l'une à travers l'autre, et décélèrent jusqu'à avoir une vitesse nulle lorsqu'elles atteignent la circonférence de la sphère de diamètre  $3.10^{-16}$  cm, point auquel elles recommencent à être attirées l'une vers l'autre. J'appelle ceci la paire de Weber.

Je revenais à une hypothèse rencontrée plus tôt dans mes recherches,<sup>8</sup> selon laquelle les paires de Weber seraient placées le long des axes diagonaux des solides platoniciens contenant le modèle de Moon. Au lieu de concevoir chaque sommet comme la position fixe d'un proton, envisageons plutôt chaque paire de sommets diagonalement opposés comme l'extrémité d'une courte ligne le long de laquelle la charge oscille à une grande fréquence, suivant l'équation du mouvement décrite par Weber.



Plusieurs spéculations fructueuses s'enchaînaient. Parmi les plus intéressantes se trouvait une nouvelle approche du neutron. Une charge se déplaçant crée autour d'elle un champ magnétique circulaire (pour utiliser la conception de Faraday) dont la force augmente avec la vitesse. Ainsi un électron, se trouvant dans le voisinage d'une paire de Weber de protons, est tiré sur une orbite spiralee le long du chemin de la paire de Weber. Quand le champ croît avec la vitesse du proton, l'électron se rapproche du proton, de telle sorte que la spirale ressemble à un tire-bouchon qui rétrécit quand la charge va vers le centre.

Il se trouve qu'un type particulier de singularités doit se produire au centre de la paire de Weber. Les protons, se déplaçant à la vitesse relative de  $\sqrt{2}c$ , doivent se rencontrer et passer l'un à travers l'autre. L'électron nucléaire est alors tiré au plus près sur son orbite en tire-bouchon. Je supposai que c'était le moment auquel le neutron était créé. Amené sur une orbite très proche, l'électron s'unit au proton pour former une particule neutre. La conception chère à Harkins d'un neutron vu comme un électron concentré sur un proton, prenait vie.

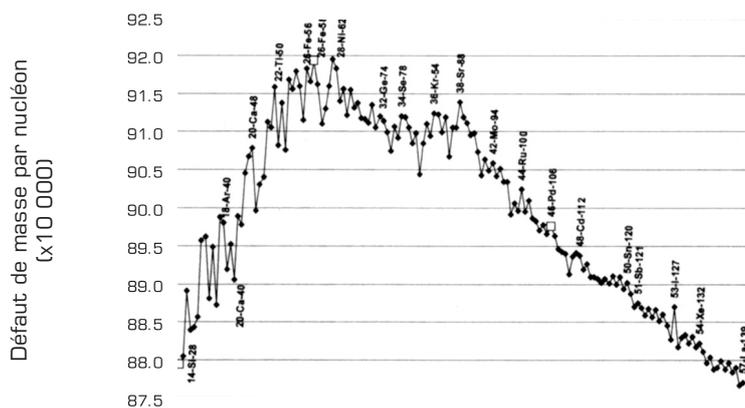
Si le proton devient ainsi un neutron, on peut alors se demander comment il peut y avoir un nombre égal de

la « paire de Weber ». Les neutrons pouvaient ainsi être vus comme des cerceaux perpendiculaires à ces axes, qui sont ceux des solides platoniciens). Ainsi, une séquence de solides cycliques était créée grâce aux intersections des cerceaux, et cette séquence correspondait à l'hypothèse que j'avais faite il y a plusieurs années en considérant des solides archimédiens pour les orbites des neutrons.

## LE DÉFAUT DE MASSE : PROPRIÉTÉ GÉOMÉTRIQUE DU NOYAU

Cette spéculations concernant le noyau m'amenait, dans une autre direction, vers la considération du défaut de masse. Le défaut de masse est un concept apparu tôt en physique atomique. Les calculs basés sur la déflexion de particules dans un champ et sur la conservation de l'énergie dans des collisions de particules ont conduit à des mesures précises de la masse du proton, du neutron et de l'électron. Cependant, lorsque la somme des masses de chaque élément a été comparée à la masse atomique, on a décelé une différence qui est devenue le *défaut de masse*. L'hégémonie de la notion aristotélicienne d'*energeia* en physique, opposée au concept platonicien de puissance (*dynamis*), a conduit à une explication du défaut de masse par la dite *énergie de liaison*, c'est-à-dire que la masse manquante est utilisée pour former l'énergie nécessaire à maintenir les nucléons ensemble. D'ailleurs, les équations d'Einstein pour l'équivalence masse-énergie déterminent efficacement, à partir du défaut de masse, la quantité d'énergie produite par une réaction nucléaire.

Le physicien cherchera, en vain, la définition de la distinction entre *energeia* et *dynamis*. « Qu'est ce que cela change à ma formule ? », demandera-t-il. Ce qui manque est le concept. En invoquant l'équivalence entre masse et énergie pour expliquer une anomalie du tableau périodique, on



Source : Calculs basés sur des données du *Handbook of Chemistry and Physics*, Boca Raton, Fla. : CRC Press, 60th Edition (1980), p. B-236-B-274.

**Graphique 1.** Le défaut de masse par nucléon des isotopes naturels du 14-silicium-28 au 57-lanthane-139.

protons et de neutrons dans les noyaux au-delà de l'hydrogène. Pour répondre à cette question, il nous faut reconnaître qu'avec la paire de Weber, nous sommes confrontés à ce que nous appelons aujourd'hui des vitesses relativistes (et, au niveau de la singularité, à une vitesse supérieure à celle de la lumière). Dans une approche conventionnelle, il y aura ce que la Relativité restreinte conçoit comme un accroissement de masse relativiste suffisant pour doubler la masse apparente du proton. Mais la quantification de tout cela selon les formulations connues n'est pas possible, car nous sommes dans un nouveau régime de particules accélérant jusqu'à des vitesses relatives supérieures à celle de la lumière. La formulation originale de Weber de la Loi Fondamentale de l'Electricité relativiste, dans laquelle c'est le changement de la force entre les charges, et non la masse, qui varie avec la vitesse relative, ne permet pas de résoudre cette difficulté facilement. C'est pourquoi, plutôt que de faire une analyse mathématique formelle, je cherchais à examiner géométriquement les conditions aux limites probables du processus.

Le premier point que je notais est que le neutron conjecturé devait apparaître sur une orbite circulaire située dans un plan perpendiculaire au centre de l'axe de

déplace seulement le problème vers un autre domaine... Pourquoi l'énergie est-elle équivalente à la masse ?

Je supposais que la raison du défaut de masse devait se trouver dans la géométrie de l'orientation des paires de Weber. Comme je l'ai remarqué à plusieurs reprises, la formulation de Weber de la Loi Fondamentale de l'Electricité en 1846 (qui apparaît pour la première fois chez Gauss en 1843) est clairement relativiste. Si on la regarde sous la simple forme de sa Loi de Potentiel, l'électrodynamique de Weber montre que le travail effectué par une particule électrique sur une autre dépend de leur vitesse relative. La fameuse formule dérivée de la Relativité restreinte,  $E=mc^2$ , équivaut simplement à une reformulation de la loi de Weber, interprétée de telle sorte que ce soit la masse, plutôt que la force entre les particules, qui change avec les vitesses relatives. Comme le conseiller scientifique en chef de Franklin D. Roosevelt pendant la guerre, Vannevar Bush, le signalait dans sa défense de l'électrodynamique de Weber en 1926, ce qui est mesuré dans les expériences d'électrons se déplaçant n'est pas la *masse*, mais le ratio *charge par masse*.<sup>9</sup> Ainsi, toute expérience prétendant prouver une augmentation de la masse, comme la Relativité restreinte le prévoit, peut également être interprétée comme une

preuve de la diminution de la charge, c'est-à-dire une diminution de la force mesurée entre les particules, comme le laisse pressentir la formulation de Gauss et Weber.

La formule de Weber décrit l'interaction entre deux particules électriques. Je faisais l'hypothèse que dans le noyau, ces paires de Weber étaient orientées vers les sommets des solides platoniciens du modèle de Moon. Les géométries différentes devaient produire différents effets de charge, et donc des variations apparentes de la masse du noyau.

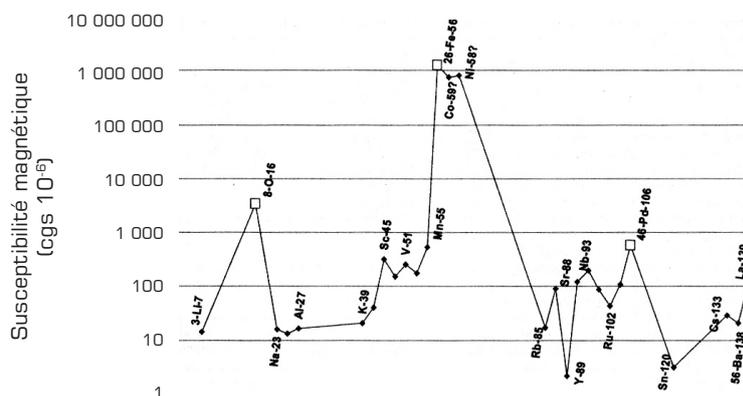
En allant dans une telle direction, on reconnaît que la masse et la gravitation, comme Riemann et Weber le suspectaient, doivent être un phénomène électrodynamique. L'orientation et les mouvements relatifs des charges à l'intérieur des noyaux des corps sont la source de ce qu'on appelle la force gravitationnelle. Cela signifie que, lorsqu'on pèse quelque chose, on mesure en fait une attraction électrique entre les charges mobiles des paires de Weber.

Le traitement mathématique des interactions entre les charges se déplaçant pose des difficultés d'une complexité bien plus grande que le fameux problème insoluble à  $n$  corps en gravitation. Je me demandais si ce problème pouvait être appréhendé en observant la géométrie du modèle de Moon. A cet effet, je calculai et représentai le défaut de masse par nucléon pour tous les isotopes naturels jusqu'au 57-lanthane-139, en me demandant si j'allais trouver des valeurs inhabituelles pour les singularités du modèle de Moon. A l'issue de ce travail, j'étais en partie désappointé. Le graphe du défaut de masse par nucléon (**Graphique 1**) est essentiellement le même que la célèbre courbe représentant l'énergie de liaison. Les valeurs pour l'oxygène, le silicium ou le palladium n'ont rien de remarquables...

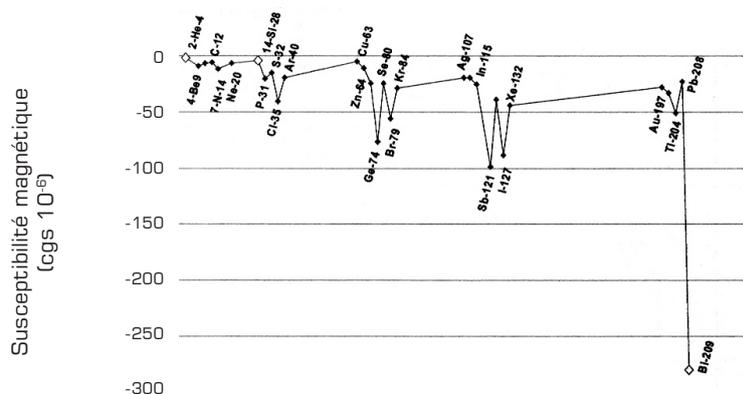
Néanmoins, le pic pour le fer est significatif. Il n'a pas d'explication conventionnelle, mais le fer se trouve être une singularité du modèle de Moon. C'est à ce point que je commençais à réfléchir au magnétisme en lien avec le modèle de Moon.

## LA QUESTION ONTOLOGIQUE

Avant de conclure sur le défaut de masse, il est nécessaire d'aborder brièvement la question ontologique. Toute explication véridique de ce phénomène singulier qu'est le défaut de masse nécessite une remise en cause des suppositions empiriques généralement acceptées concernant la masse. Ce que les scientifiques modernes considèrent comme ses qualités les plus auto-évidentes sont en réalité ses ambiguïtés les plus intéressantes. On peut résumer en quelques mots la faille des approches actuelles : pourquoi le sujet de l'investigation devrait-il être connu à priori ? S'aventurer dans cette direction avec un regard moins ontologique que celui de Platon, Nicolas de Cues et Leibniz



**Graphique 2.** La susceptibilité des éléments paramagnétiques (du 3-lithium-7 au 57-lanthane-139). L'oxygène, le fer et le palladium sont à la fois des singularités du modèle de Moon et des pics de la courbe.



**Graphique 3.** La susceptibilité des éléments diamagnétiques.

est une imbécilité. L'histoire montre que les percées fondamentales sur ce sujet se sont toujours produites lorsqu'on considérait les choses d'un point de vue plus élevé en rejetant les notions empiristes.

La physique chimie moderne a débuté avec l'adoption par Lavoisier du programme lancé par Nicolas de Cues dans la section intitulée « De Staticis » de son *De Idiota Mente* : l'utilisation de la balance de précision pour les recherches sur ce que nous appelons aujourd'hui les processus chimiques et biochimiques. La découverte par Mendeleïev des propriétés périodiques des éléments requerrait un renversement explicite des hypothèses de Galilée et de Newton concernant la masse, comme il le signale dans sa leçon à Faraday de 1889 :

« La concept premier de masse des corps, ou de masse des atomes, appartient à une catégorie que l'état actuel de la science nous interdit de discuter, car nous n'avons pour l'instant aucun moyen de disséquer ou d'analyser cette notion. Tout ce qui était connu des fonctions dépendant de la masse prenait son origine chez Newton et Galilée, et indiquait que de telles fonctions décroissaient ou croissaient avec la masse, comme l'attraction des corps célestes. L'expression numérique des phénomènes se trouvait toujours être proportionnelle à la masse, et on n'avait en aucun cas, une augmentation de la masse suivie des propriétés récurrentes, comme celles révélées par la loi périodique des éléments. Cette dernière a constitué une telle nouveauté dans l'étude des phénomènes de la nature, que, bien qu'elle n'ait pas levé le voile qui dissimule le concept véridique de masse, elle a néanmoins montré que ce concept devait être recherché du côté des masses des atomes... »<sup>10</sup>

Source : *Handbook of Chemistry and Physics*, Boca Raton, Fla. : CRC Press, 60th Edition (1980), p. E-123-E-128. Les valeurs pour le cobalt et le nickel sont approximatives.

Source : *Handbook of Chemistry and Physics*, Boca Raton, Fla. : CRC Press, 60th Edition (1980), p. E-123-E-128.

La notion de *geistesmasse*, due à Bernhard Riemann et développée dans ses « Fragments philosophiques »,<sup>11</sup> est l'approche moderne la plus compétente. Les tentatives de Riemann et Wilhelm Weber pour découvrir l'origine électrodynamique de la notion de masse reposent sur cette philosophie. Nos explorations du modèle de Moon suggèrent que la masse atomique et le défaut de masse sont des fonctions de la géométrie du noyau. Une compréhension plus fine du noyau de Moon éclairera cette question fondamentale.

#### 4 / LE MAGNÉTISME PÉRIODIQUE, LA THÉORIE DE CURIE ET LANGEVIN, NOTRE THÉORIE, OÙ EST L'ÉLECTRON ? LE PALLADIUM ET LA GRANDE HARMONIE, LE MAGNÉTISME DES LANTHANIDES, LE CUBE AUTO-SOUTENU

En réfléchissant aux propriétés liées aux singularités du modèle de Moon, mes pensées me conduisaient vers le magnétisme. Je me rappelais qu'Harkins avait fait des remarques sur le fort paramagnétisme de l'oxygène et du palladium. Ce que nous appelons *paramagnétisme* aujourd'hui était qualifié de *magnétisme faible* par Pierre Curie, qui étudiait systématiquement les propriétés magnétiques des éléments. Son travail est résumé dans un article de 1895,<sup>12</sup> qui reste un des grands classiques de l'étude du magnétisme. Curie a découvert que les substances faiblement et fortement magnétiques partageaient la propriété suivante : chauffées, elles perdaient leur attraction pour un aimant. Certains éléments tombaient dans une autre catégorie : les diamagnétiques. Ceux-ci sont repoussés par chaque pôle magnétique d'un aimant, mais bien plus faiblement que les paramagnétiques ne sont attirés. Le diamagnétisme ne faiblit pas lors d'un échauffement, à l'exception du cas de l'élément bismuth qui est le plus fortement diamagnétique.

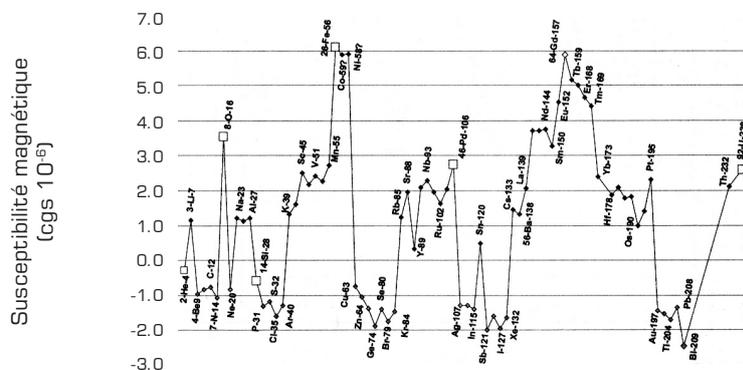
Une étude systématique du diamagnétisme avait été faite par Weber, en utilisant le bismuth métallique. Weber supposait que le diamagnétisme était le résultat de courants moléculaires induits. Souvenons-nous qu'il était un disciple d'Ampère, qui pensait que le magnétisme était dû à des *courants moléculaires*, c'est-à-dire à des circuits fermés sans résistance que nous appelons aujourd'hui atome. Weber supposait qu'en approchant un aimant au voisinage d'une substance, un courant moléculaire d'Ampère était induit.

Ainsi, Weber faisait l'hypothèse que le diamagnétisme était une propriété naturelle de toutes les substances. Le magnétisme devenait juste le résultat d'une configuration intérieure spéciale qui dissimulait le diamagnétisme naturel. La difficile découverte de Curie selon laquelle la propriété magnétique se dissipait lors d'un échauffement, tendait à confirmer la conception du magnétisme d'Ampère et Weber, même si celle-ci fut réduite ensuite par le formalisme de Faraday et Maxwell.

Paul Langevin, un jeune collègue de Curie, fut le premier à concevoir les orbites électroniques comme

la cause de propriétés magnétiques. Dans un article de 1905,<sup>13</sup> se penchant sur une étude de Curie où ce dernier caractérisait le champ magnétique par sa symétrie cylindrique, il suggérait que les orbites électroniques des substances magnétiques et paramagnétiques devaient, d'une manière ou d'une autre, s'arranger pour produire une configuration globale cylindrique, de telle sorte que les courants se comportaient comme dans un solénoïde. De leur côté, les substances diamagnétiques auraient possédé une plus grande symétrie, de telle sorte que les champs induits étaient incapables d'orienter l'atome dans une direction particulière. Quelle qu'ait été la direction suivant laquelle le pôle magnétique approchait, il induisait un courant dans les orbites électroniques qui s'opposait à lui. Langevin expliquait la disparition graduelle de la propriété magnétique avec la chaleur, en supposant que l'agitation thermique des atomes tendait à leur donner une orientation aléatoire qui supplantait finalement l'alignement produit par l'arrangement cylindrique.

Le travail de Langevin était magistral par ses hypothèses physico-mathématiques, et très en avance sur son temps, puisque les propriétés de l'électron n'étaient pratiquement pas établies à l'époque. Il m'a été d'un grand secours pendant tout mon travail sur le sujet. Pourtant, comme c'est souvent le cas en physique moderne, il était trop lisse. Quelque chose manquait. En un sens, je ne pouvais pas être en désaccord avec le concept de symétries cylindriques dans le mouvement des électrons. Cependant, la correspondance entre les hautes susceptibilités magnétiques et les singularités du modèle de Moon, où l'on trouve les meilleures symétries sphériques, semblait



**Graphique 4.** Susceptibilité magnétique (du 2-Hélium-4 au 92-uranium-238).

Source : *Handbook of Chemistry and Physics*, Boca Raton, Fla. : CRC Press, 60th Edition (1980), p. E-123-E-128. Les valeurs pour le cobalt et le nickel sont approximatives.

aller à l'encontre de l'hypothèse fondamentale de symétrie cylindrique de Langevin. Le paradoxe se résolvait en considérant la rotation du noyau autour de l'axe unique que nous avons identifié. Ainsi, le magnétisme ne résultait plus de simples mouvements orbitaux des électrons, mais provenait du transport de l'électron et de son orbite par la rotation nucléaire. Stevens et moi parvenions à cette conclusion alors que nous examinions les propriétés géométriques du modèle de Moon aux singularités où la susceptibilité magnétique est maximale.

La première étape consistait à construire un tableau des susceptibilités magnétiques de tous les éléments. Le **Graphique 2** présente les susceptibilités des éléments paramagnétiques (l'axe des ordonnées suit une échelle

logarithmique), on y distingue les maxima que sont les singularités du modèle de Moon : le 8-oxygène, le 46-palladium et bien sûr le 26-fer. Le **Graphique 3** montre les susceptibilités des éléments diamagnétiques de l'hélium au bismuth. Le silicium qui représente l'octaèdre complété du modèle de Moon est diamagnétique, certes très légèrement. C'était une anomalie à expliquer.

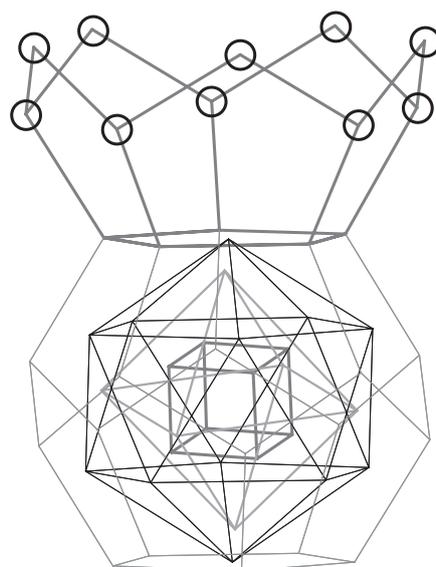
## NOTRE THÉORIE DU MAGNÉTISME

La conception du magnétisme que nous développons était basée sur le constat que les représentations de Moon des noyaux d'oxygène, palladium et fer sont précisément celles capables de pivoter, avec une parfaite symétrie, autour de l'« axe de l'univers ». Le silicium, avec son léger diamagnétisme, ne minimisera pas le moment mécanique des nucléons en tournant sur l'« axe de l'univers », comme nous l'avons vu en section 2. Il préfère le sommet de l'axe de l'octaèdre. Cependant, si ce n'est pas le mouvement des charges nucléaires, mais les électrons extra-nucléaires qui sont responsables du magnétisme (et cette hypothèse reste à examiner attentivement), quelqu'un doit briser une des grandes barrières de la physique nucléaire contemporaine, et proposer une relation causale entre la géométrie du noyau et l'arrangement des orbites électroniques, afin d'établir une relation entre les mouvements internes au noyau et le magnétisme. En faisant dériver le magnétisme de propriétés du noyau, nous pouvons aussi sembler défier une croyance très répandue et qui remonte à l'article de Langevin de 1905<sup>13</sup>, selon laquelle la disparition du magnétisme avec la chaleur est due à l'agitation thermique des atomes. On pense généralement que les propriétés du noyau ne sont pas liées à des actions mécaniques comme celle de la chaleur. Mais pourquoi le noyau devrait-il y échapper ?

## OÙ EST L'ÉLECTRON ?

En lien avec le concept de neutron vu à la section 3, j'avais également conçu des orbites en tire-bouchon pour les électrons extra-nucléaires, parallèles mais bien plus éloignées que les chemins empruntés par les électrons capturés pour devenir des neutrons. Ces électrons extra-nucléaires suivaient des orbites spiralées autour des paires de Weber, mais à peu près 1000 fois plus loin.

Ces orbites se rétrécissaient aussi lorsqu'elles approchaient du centre,



**Figure 10.**  
**Le « panier à salade » commence à se former sur le dodécaèdre jumeau.**

Pour atteindre le 56-barium, 10 protons sont ajoutés sur le dodécaèdre jumeau, créant une structure ressemblant à la dentelure d'un panier à salade.

convergeant comme deux tire-bouchons opposés. Pour des besoins d'approximation, on pouvait ensuite simplifier la spirale électronique par une orbite circulaire se déplaçant dans un plan perpendiculaire à la paire de Weber et proche de son centre. Même si la vitesse angulaire de la rotation du noyau est importante en comparaison à la vitesse orbitale de l'électron sur son orbite

circulaire, c'est la vitesse de rotation de l'ensemble qui produit le courant moléculaire d'Ampère en agissant comme des charges mouvantes.

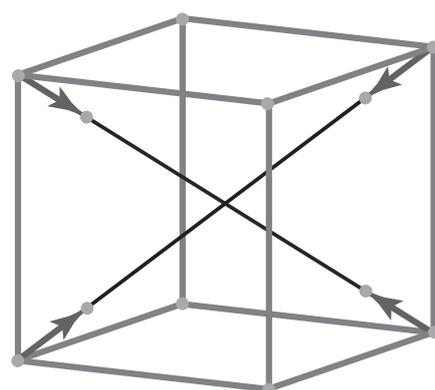
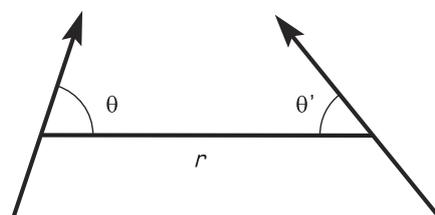
L'article de Weber de 1871 définit un état stable d'agrégation de deux particules dissemblables, dans lequel la plus légère a une orbite circulaire autour de la plus lourde. Le rayon de cette orbite stable doit être inférieur à la distance minimale  $\rho$ . Le rayon de l'orbite électronique, ainsi déterminé, est 918 fois plus grand que celui de la paire de protons de Weber. Si on suppose l'orbite électronique transportée avec la rotation du noyau, la vitesse de l'électron serait considérablement

plus grande que celle du proton tournant plus près du centre. Ainsi ce serait le mouvement des électrons qui serait premièrement responsable du magnétisme. Le moment magnétique total serait une somme géométrique des mouvements du proton et de l'électron.

Mais cela suffit-il pour dire que notre supposition est totalement incompatible avec la vision contemporaine du magnétisme ? Nous attribuons le moment magnétique à un mouvement collectif de toutes les orbites électroniques, emportées par la rotation unidirectionnelle du noyau. Les conceptions les plus répandues attribuent le magnétisme à la rotation de certains électrons

**Figure 11.**  
**La représentation d'Ampère de deux éléments de courant.**

Les deux éléments de courant sont représentés par des flèches.  $\theta$  et  $\theta'$  sont les angles que les éléments de courant font avec la ligne reliant leur centre,  $r$  est leur distance.



**Figure 12.**  
**Représentation de deux paires de Weber sur un cube.**

Deux paires de Weber, représentées comme des éléments de courant d'Ampère, sont dessinées suivant deux axes diagonaux du cube. Entre les deux de la base, il n'y a ni attraction, ni répulsion ; la force est nulle.

extra-nucléaires. Mais ce n'est pas tout, notre représentation du noyau est telle qu'elle ne permet aucune comparaison (d'ailleurs, il n'existe pas de représentations généralement acceptées du noyau). Les spécialistes avertis reconnaissent que, si nous avons raison, l'ensemble de l'édifice de la physique atomique du XX<sup>e</sup> siècle doit être repensé. Moon était capable de réaliser des percées là où d'autres en étaient incapables. Il avait répété les expériences cruciales sur lesquelles la théorie était bâtie. Peu de ses pairs avaient la même combinaison de compétence et de courage...

#### LE PALLADIUM ET LA GRANDE HARMONIE

Il subsistait quelques inconsistances internes dans notre hypothèse. Par exemple, pourquoi le dodécaèdre complété du palladium n'est-il pas plus magnétique que le fer ? Il a plus de charges et tourne autour du même axe unique. Mais comment expliquer la haute susceptibilité magnétique des lanthanides ? Le **graphique 4** présente les valeurs disponibles des susceptibilités magnétiques de tous les éléments. Les singularités du modèle de Moon sont figurées par des carrés. Elles sont toutes des maxima locaux. Mais nous voyons aussi la haute susceptibilité des lanthanides avec le pic du 64-gadolinium-157.

En examinant ces paradoxes, de nouvelles caractéristiques géométriques du modèle de Moon devenaient évidentes.

Concernant le palladium, nous découvrons qu'il est la première des structures à avoir un axe partagé. Un axe du cube et un axe du dodécaèdre s'alignent le long de l'« axe de l'univers », ce qui produit une dynamique très curieuse pour les paires de Weber qui le partagent.

En suivant ce raisonnement, on en vient à reconnaître que le mouvement harmonique dans les oscillations des paires de Weber rend le noyau plus complexe. Le calcul montre que les fréquences de ces oscillations sont plus grandes que pour toute radiation connue. La taille du noyau est également une question. Dans la logique de l'électrodynamique de Weber, une augmentation du nombre de paires de Weber devrait accroître l'attraction, rendant les noyaux plus lourds, plus petits (conclusion qui était déjà celle du Dr Moon)...

Dans le **graphique 4**, on observe un autre aspect significatif : la périodicité du magnétisme. En observant les valeurs des susceptibilités magné-

tiques des gaz parfaits ou des alcalins, on voit clairement sur le même graphique la périodicité de Mendeleïev et celle du modèle de Moon. C'est un paradoxe qui n'est toujours pas résolu.

#### LE MAGNÉTISME DES LANTHANIDES

Nos recherches pour expliquer le haut magnétisme des lanthanides s'avéraient aussi fructueuses, et nous

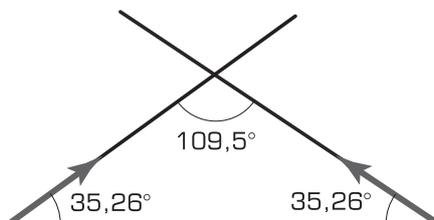
conduisaient à une nouvelle compréhension de l'orientation des paires de Weber. J'avais suggéré à Stevens de tenter de trouver une raison à ce magnétisme en regardant particulièrement la très forte susceptibilité du gadolinium.

Un jour, il arriva avec une idée en gestation qui impliquait de revenir à la construction originale du Dr Moon pour les lanthanides, construction que j'avais légèrement modifiée pour mieux expliquer le positionnement des neutrons. Ce jour-là, nous parvenions à une explication du gadolinium, ainsi qu'à une nouvelle approche des raisons pour lesquelles les charges s'orientent le long des axes des solides platoniciens.

L'explication du Dr Moon pour l'anomalie des lanthanides m'avait frappé la première fois que j'avais assisté à la présentation de son modèle. Les 14 éléments qui partagent les mêmes propriétés chimiques que le lanthane et qui sont habituellement présentés dans une ligne séparée en bas du tableau périodique, avaient une raison d'être !

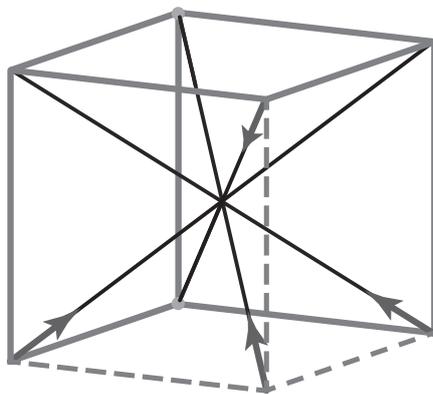
En construisant le dodécaèdre jumeau après le palladium, les 10 premiers protons qui nous amènent au 56-barium forment l'échafaudage du nouveau dodécaèdre avec une structure qui ressemble à un panier à salade crénelé (**Figure 10**). A ce point, le cube et l'octaèdre, construit à l'intérieur, forment les 14 lanthanides.

Récemment, en essayant de comprendre l'apparition récurrente du "nombre magique" de 82 neutrons du baryum aux quatre premiers lanthanides, je faisais l'hypothèse d'une variation plutôt compliquée de la construction de Moon, dans laquelle cinq sommets du dodécaèdre et cinq de l'icosaèdre étaient les premiers à être complétés. L'insistance de Stevens sur le panier à salade, dans sa tentative d'expliquer le gadolinium, m'amenait à réfléchir. Lors d'une session jointe d'une après-midi, plusieurs vieux problèmes se résolurent d'un coup.



**Figure 13. Formule de la force angulaire d'Ampère.**

Quand les angles  $\theta$  et  $\theta'$  valent  $1/2$  ( $\arccos 1/3$ ) ou  $35,26^\circ$ , pour deux éléments de courant parallèles, la force entre ces deux éléments de courant tend vers zéro, indépendamment de l'intensité du courant. Lorsque les deux éléments de courant à la base du cube de la **Figure 12** bougent vers le centre, ils tracent les côtés d'un triangle isocèle, dont l'angle au sommet est de  $109,5^\circ$ , et la force entre eux est nulle.



**Figure 14. Le cube auto-soutenu.**

L'élément de courant partant du sommet A est attiré par les trois éléments de courant les plus proches. La direction d'attraction est le long des trois arêtes en pointillés. Le vecteur somme des attractions est dans la direction de la diagonale que l'élément de courant parcourt déjà. Les paires de Weber placées le long des quatre axes d'un cube produisent ainsi une configuration électrodynamique stable.

## LE CUBE AUTO-SOUTENU

L'énoncé original d'Ampère concernant la force entre deux éléments de courant, sur lequel reposent les travaux de Carl Friedrich Gauss et Wilhelm Weber, fait apparaître un terme angulaire par lequel est multiplié la loi de l'inverse des carrés des distances. Ce terme angulaire est  $[\sin \theta \cdot \sin \theta' \cdot \cos \omega - \frac{1}{2}(\cos \theta \cdot \cos \theta')]$ ,  $\theta$  et  $\theta'$  sont les angles que font les éléments de courant avec la ligne reliant leur centre, et  $\omega$  correspond à l'angle spatial entre les éléments de courant (voir Figure 11). Il y aura donc certaines valeurs de  $\theta$  et  $\theta'$ , pour lesquelles la force s'annulera. La formule d'Ampère matérialise le résultat de l'une de ses premières expériences électrodynamiques, montrant que des fils parallèles s'attirent ou se repoussent en fonction des sens relatifs des courants les parcourant.

### Figure 15. Pourquoi le « panier à salade » est-il stable ?

La stabilité du panier à salade est due au cube implicite à l'intérieur du dodécaèdre du haut.

Remarquons les deux arêtes foncées de ce cube, qui connectent également des paires de sommets du panier à salade. Les éléments de courant se déplaçant le long des diagonales du dodécaèdre, entre ces sommets, vont avoir une force nulle dans une direction. La même chose se produit pour d'autres paires dans le panier à salade, créant ainsi une structure stable.

En clair, il y a ainsi forcément un angle intermédiaire pour lequel la force s'annule. Cependant, les éléments de courant ne peuvent pas être séparés des circuits qui les contiennent, et il n'y a donc pas de moyen empirique pour observer la force entre deux éléments de courant. Elle ne peut donc qu'être déterminée par l'imagination créative et l'hypothèse. La formule de la force angulaire d'Ampère est un des produits les plus brillants de l'imagination créative.

Stevens et moi étions conscients depuis plusieurs années du cas référencé dans le livre de Peter Graneau sur la force d'Ampère<sup>14</sup> pour des éléments de courant paral-

lèles. Lorsque les angles  $\theta$  et  $\theta'$  valent  $\arccos(1/3)$  ou 35,26 degrés pour deux éléments de courant, la force entre eux tend vers 0 indépendamment de la force de ces courants. Nous reconnaissons que cet angle était très clairement lié au cube et à l'octaèdre. Dans un cube, l'angle entre une face et la diagonale reliant deux sommets opposés est de 35,26 degrés (l'angle au sommet de la Figure 13 est aussi connu des chimistes comme l'angle tétraédrique). J'avais essayé à plusieurs reprises de rendre cela cohérent avec le modèle de Moon, mais j'échouai car j'imaginai les éléments de courant restant au centre de la sphère.

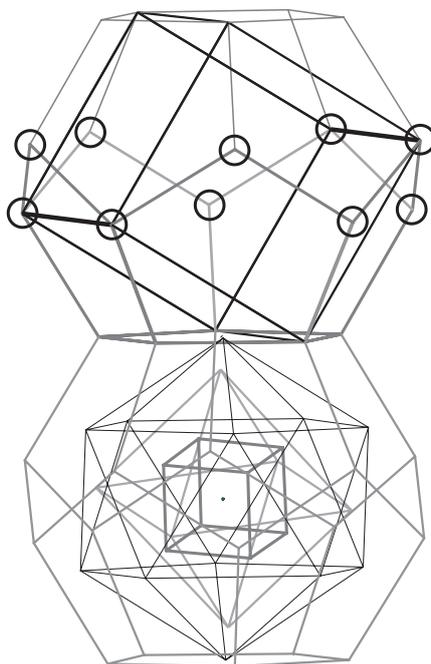
La proposition de Stevens de placer les éléments de courant aux sommets du solide, et donc sur la surface de la sphère, résolvait le problème instantanément. On reconnaissait alors que le courant coïncidait avec la direction des paires de Weber, et se mouvait le long des axes

diagonaux des solides. Deux éléments de courant d'Ampère, à la base du cube de la Figure 12, dessinant, en bougeant vers le centre, les côtés d'un triangle isocèle de sommet 109,5 degrés (Figure 13). Il n'y a aucune force entre eux. Mais, deux éléments de courant séparés par une arête comme sur la Figure 12 devront s'attirer. Une chose curieuse se produit quand on ajoute les deux paires de Weber suivantes pour compléter le cube qui représente l'oxygène dans le modèle de Moon (Figure 14). Nous découvrons que les forces attractives le long des arêtes ont une résultante le long de la diagonale du cube.

Les paires de Weber s'arrangent le long des quatre axes du cube, produisant ainsi une configuration électrodynamique stable. Depuis chaque sommet, la force d'Ampère renforce le mouvement de la charge vers le centre. Et le mouvement des éléments de courant le long de la

diagonale du cube génère une attraction mutuelle qui renforce le mouvement ! Le cube est donc une structure auto-organisante de charges groupées. C'est pourquoi, du point de vue de l'électrodynamique, le cube est la première configuration stable du modèle de Moon.

Il nous faut maintenant examiner toutes ces relations de plus près, et nous pencher notamment sur l'octaèdre qui vient après le cube.



## NOTES

1. Ernst Heinrich et Wilhelm Eduard Weber, *Wellenlehre auf Experimente gegründet* (Leipzig, 1825) et vol. 5 de *Wilhelm Weber Werke* (Berlin, 1893).

2. « La question de la validité des hypothèses de la Géométrie dans l'infiniment petit est liée avec la question du principe intime des rapports métriques dans l'espace... La réponse à ces questions ne peut s'obtenir qu'en partant de la concep-

tion des phénomènes, vérifiée jusqu'ici dans l'expérience... », « Sur les Hypothèses qui servent de fondements à la Géométrie », *Bernhard Riemann, Œuvres Mathématiques*, Editions Jacques Gabay, 1990, p. 297.

3. Les illustrations présentées ont été conçues sous *Geometer's Sketchpad* par Jacob Welsh.

4. Dans ce cas, nous conseillons au lecteur l'article « The Atomic Science Textbooks Don't Teach » de Laurence Hecht et Jonathan Tennenbaum, paru dans le numéro d'automne 1996 du magazine *21st Century Science & Technology*.

5. Wilhelm Weber, « Mesures élec-

