De $E=m_0c^2$ dans l'espace normal à $E=m_0c_Ic_K$ dans les espaces complexes de configuration

André Michaud
Service de Recherche Pédagogique

➔ **Click here for English version**
➔ **Haga clic aquí para versión en español**
➔ **Hier anklicken für die Deutsche Fassung**

Résumé: Établissement des caractéristiques d'oscillation électromagnétique du quantum d'énergie stabilisé de la masse au repos invariante de l'électron et de celui de son énergie porteuse variable dans leurs espaces de configuration complexes, qui n'admettent la présence d'aucune singularité physique, étant donné que tous les quanta d'énergie dont est constituée la matière et l'énergie en mouvement libre atteignent des états d'oscillation d'action stationnaires stables à des niveaux d'énergie bien inférieurs à la zone dans laquelle des singularités pourraient se développer.

Mots clés: Plans complexes; Théorie Quantique; Géométrie trispatiale; Mécanique électromagnétique.

Cet article a été publié dans le journal d'ingénierie IJERD en juillet 2024:

Michaud, A. (2024) *From $E=m_0c^2$ in normal space to $E=m_0c_Ic_K$ in the complex configuration Spaces.* International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, **p**-ISSN: 2278-800X. July, 2024. Volume 20, Issue 7. PP. 532-572.

http://ijerd.com/paper/vol20-issue7/2007532572.pdf

(Synthèse finale du projet Mécanique électromagnétique)

Autres articles dans le même projet:

INDEX –Mécanique électromagnétique (Le modèle des 3 espaces)

En voici la traduction française:

 © André Michaud

1. Introduction

L'équation $E=mc^2$ a captivé et fasciné le monde entier depuis qu'elle a été justifiée par Albert Einstein dans son troisième article de 1905 [1]. Le concept de masse, symbolisé par *m*, a été initialement défini au XVIIe siècle comme la *quantité de matière* dont est constitué un corps pondérable, qui détermine son volume et qui s'oppose par inertie à ce que son état de mouvement soit modifié, quelle que soit la direction de laquelle une force lui est appliquée, soit une caractéristique des corps pondérables qui a été définie par Newton comme étant la première loi du mouvement. La *matière*, quant à elle, fut définie comme étant toute *substance* physiquement existante.

Il fut ensuite progressivement établi au cours des années 1800, que toute *substance* considérée comme de la *matière* était constituée d'une variété d'atomes qui furent finalement classés dans le tableau périodique des éléments et dont on découvrit qu'ils s'assemblaient dans la variété de combinaisons moléculaires dont sont constituées les diverses *substances* présentes dans notre environnement.

Chaque atome étant le siège d'une quantité spécifique de masse, leur somme pouvait alors être calculée de manière satisfaisante pour rendre compte du poids et de la masse de toutes les substances connues. Il a ensuite été établi que tous les atomes sont si petits qu'il était impossible de les observer et de les mesurer individuellement directement, même avec les microscopes optiques les plus puissants disponibles au cours de la première décennie des années 1900.

Avec la compréhension progressive que les atomes ne sont pas eux-mêmes des particules élémentaires, mais sont en fait *des systèmes de particules massives encore plus petites*, l'électron a été compris comme étant une particule massive élémentaire, qui existe à un niveau de magnitude encore plus profond, maintenant compris comme étant le *niveau de magnitude subatomique ultime*, la caractéristique d'être *élémentaire* signifiant maintenant spécifiquement que l'électron n'est pas lui-même composé d'éléments plus petits.

C'est ainsi que l'on a compris qu'il existe deux types de masses pondérables dans l'univers, les masses constituées de *quantités de matière* dont les diverses substances consistent en des molécules qui sont des assemblages d'atomes jusqu'au niveau atomique, et les masses pondérables des particules élémentaires elles-mêmes dont sont constitués tous les atomes et les nucléons, qui ne peuvent être constituées que d'une certaine quantité de *substance énergie fondamentale continue* qu'il reste à comprendre, mais qui doit posséder des caractéristiques/propriétés encore à identifier qui permettent à toute quantité isolée de cette substance de se stabiliser dans les configurations massives de ces particules élémentaires dont sont constitués les nucléons et les atomes, ainsi que dans la configuration stable apparemment non massive des photons électromagnétiques en mouvement libre, conformément aux équations électromagnétiques de Maxwell.

Louis de Broglie a défini dans les années 1930 [2] un ensemble de conditions selon lesquelles les photons en mouvement libre obéiraient aux équations de Maxwell. Un ensemble de 4 caractéristiques/propriétés a été identifié dans les Références [3] [4] comme devant caractériser cette *substance énergie continue* selon lesquelles des quantités fraîchement émises de cette substance continue, comme par exemple une impulsion

 © André Michaud

magnétique émise par une antenne dipôle de longueur fixe, *s'auto-structureraient* automatiquement en photon électromagnétique selon la structure triplement perpendiculaire requise qui ne peut se déplacer qu'à la vitesse de la lumière dans le vide, en accord total avec les équations de Maxwell, et *s'autoguideraient* en ligne droite à moins d'une interférence par un agent externe tel que la densité du gradient gravitationnel local qui pourrait causer une déviation de sa trajectoire.

Ces propriétés ont également permis d'établir une mécanique de conversion claire d'un photon électromagnétique d'une énergie minimale de 1,022 MeV en une paire électron-positon massifs [5], comme nous le verrons plus loin, mais la question de savoir pourquoi le carré de la vitesse de la lumière est impliqué dans ce processus restait à éclaircir. Cette implication de la vitesse de la lumière avec la masse au repos de l'électron sera analysée dans cet article.

L'électron est devenu hautement intriguant pour la plupart des chercheurs lorsqu'il fut clairement établi qu'il était *élémentaire*, avec une masse au repos invariante de m_0=9,10938188E-31 kg et une charge unitaire négative invariante e^-=1,6217462E-19 Coulomb.

2. Masses pondérables directement constituées d'un quantum de substance énergie continue

Au cours de la première décennie des années 1900, de nombreuses caractéristiques inattendues ont été observées chez les électrons en mouvement libre, qui n'avaient jamais été prédites par aucune théorie, à l'exception d'une différence possible entre la masse au repos de l'électron et une masse apparente plus grande en mouvement, calculée du point de vue électromagnétique par G.F.C. Searle en 1897 [6], tel que mentionné par Walter Kaufmann dans la section *9) Wahre und scheinbare Masse* de son article de 1901 [7] et dans l'article de Wilhelm Wien de 1901 [6], et analysé dans les Références [8] [9], mais qui ne couvrait que partiellement cette caractéristique d'augmentation possible de la masse qui semblait contredire la perception de la mécanique classique de l'époque selon laquelle l'électron est une masse solide invariante très petite, potentiellement déformable lorsqu'elle se déplace.

En fait, aucune des caractéristiques observées au cours de ces toutes premières expériences réalisées avec des faisceaux d'électrons libres forcés à se déplacer sur des trajectoires courbes mesurables à l'intérieur d'une chambre à bulles au moyen de champs ***E*** et ***B*** finement calibrés n'avait jamais été observée pour des masses plus importantes constituées d'atomes et de molécules [7] [10] [11] [12]. Pour comprendre à quel point ces caractéristiques laissaient perplexes les expérimentateurs et théoriciens de pointe de la première décennie du XXe siècle par rapport à toutes les théories établies à l'époque, il suffit de lire la section *7e Electromagnetic Mass; The First Century* (*7e Masse électromagnétique ; Le premier siècle*) de la biographie d'Einstein par Abraham Pais [13].

Même Wilhelm Wien, le plus fervent défenseur de l'établissement de la mécanique électromagnétique comme base commune pour définir un ensemble d'équations à partir desquelles la mécanique électromagnétique et la mécanique cinématique pourraient être décrites [6], a fait ce commentaire en 1912 :

 © André Michaud

> *"Concerning the new experiments on cathode and β-rays, I would not consider them to have decisive power of proof. The experiments are very subtle, and one cannot be sure whether all sources of error have been excluded."* Wilhelm Wien (1912) ([13], p. 159)
>
> *"En ce qui concerne les nouvelles expériences sur les rayons cathodiques et β, je ne les considère pas comme ayant un pouvoir de preuve décisif. Les expériences sont très subtiles et on ne peut pas être sûr que toutes les sources d'erreur ont été exclues."*

Il faut comprendre qu'à cette époque, la principale cause de cette incertitude quant à la validité des expériences concluantes de Kaufmann et des expériences de confirmation réalisées par d'autres expérimentateurs entre 1905 et 1907 était que l'*invariance de la charge unitaire* de l'électron, et même sa valeur exacte, ainsi que l'*invariance de sa masse au repos* n'avaient pas encore été établies, ce qui entretenait des doutes quant à la précision de tous les calculs. Ces caractéristiques invariantes de l'électron n'ont été établies et prouvées expérimentalement par Robert Millikan qu'en 1913 [14].

Ainsi, le commentaire de Wien formulé en 1912 est peut-être la meilleure explication et justification de la décision prise en 1907 par l'ensemble de la communauté de s'en tenir à la tendance cinématique qui a conduit à l'adoption de la théorie de la relativité restreinte. Mais cette décision a néanmoins eu des conséquences négatives inattendues sur le développement à venir de la Mécanique Quantique, comme nous le verrons bientôt.

Mais passons d'abord en revue les caractéristiques de l'électron libre observées lors des expériences de Kaufmann et qu'aucune théorie antérieure n'avait prédites. La première caractéristique concerne en fait les moyens que Kaufmann a utilisés pour propulser les électrons aux vitesses et courbures de trajectoire qu'il a choisies, c'est-à-dire les champs ***E*** et ***B***.

2.1 Énergie cinétique continuellement induite dans les électrons par le champ E

Selon la mécanique classique, les corps pondérables ne peuvent être mis en mouvement que par une impulsion initiale. En fait, le concept de *momentum* est si étroitement lié à l'idée que les corps ne peuvent être mis en mouvement que par une impulsion initiale que le mot même de *momentum* se traduit habituellement dans la langue allemande, par exemple, par le mot "*Impuls*". Cette conclusion a conduit à la perception que le *momentum* est une mesure de l'inertie d'une masse en mouvement, et que son intensité dépend à la fois de la vitesse et de la quantité de masse des corps massifs en mouvement :

$$p = mv \tag{1}$$

Cela signifie que, du point de vue de la mécanique classique, le momentum d'une masse en mouvement est considéré comme étant causé par sa vitesse, ce qui est diamétralement opposé à ce que les expériences de Kaufmann permettent d'observer du point de vue de la mécanique électromagnétique, puisque l'énergie cinétique du momentum de l'électron est induite de manière constante dans la charge invariante de l'électron au moyen d'un champ ***E*** ajustable – le champ ***B*** ajustable externe utilisé n'apportant aucune énergie à l'électron mais définissant seulement la courbure de sa

 © André Michaud

trajectoire, tel qu'analysé aux Références [8] [9] – ce qui signifie que c'est la vitesse de l'électron pendant les expériences Kaufmann qui dépendait de la quantité d'énergie cinétique unidirectionnelle de momentum fournie par le champ ***E*** ajustable, et non l'inverse comme conceptualisé en mécanique classique.

Les manuels scolaires d'introduction à la mécanique classique ne font généralement pas le lien immédiat entre le momentum et l'énergie cinétique unidirectionnelle impliquée. Nous allons établir cette relation directe ici car ce que les données de Kaufmann mettent en évidence, c'est précisément que les champs ***E*** peuvent être utilisés pour faire varier progressivement la vitesse des électrons en faisant progressivement varier la quantité d'énergie cinétique induite dans la charge de l'électron, soit en diminuant ou en augmentant adiabatiquement cette quantité d'énergie cinétique induite de manière infinitésimalement progressive [15] [16].

Il s'avère que de l'énergie cinétique est constamment induite dans les particules chargées élémentaires en fonction de l'inverse des distances qui les séparent au niveau subatomique de magnitude, et que cette quantité varie de manière infinitésimalement progressive au fur et à mesure que ces distances varient, ce qui est un processus qui n'a pas d'équivalent en mécanique classique, étant donné que la loi d'interaction régissant la relation de force entre des charges électriques ponctuelles a été découverte par Coulomb une centaine d'années après que la mécanique classique ait été entièrement développée, principalement par Newton, pour décrire les relations entre des masses pondérables telles qu'observables à notre niveau de magnitude macroscopique.

La quantité d'énergie cinétique liée au momentum classique d'un corps massif est facile à calculer expérimentalement et à mesurer directement car elle est totalement communiquée à l'environnement lorsqu'un corps est soudainement stoppé dans son mouvement. Son équation a été définie par Newton comme suit :

$$K = \frac{mv^2}{2} \tag{2}$$

En isolant définition de la vitesse *v* dans l'Équation (1) du momentum classique *v=p/m*, et en remplaçant v par cette définition dans l'Équation (2), on obtient :

$$K = \frac{m}{2}\left(\frac{p}{m}\right)^2 \quad \rightarrow \quad K = \frac{p^2}{2m} \tag{3}$$

Alors que l'énergie est perçue comme constante dans l'univers du point de vue de la mécanique classique, l'énergie cinétique décroissante étant perçue comme se convertissant en énergie potentielle et inversement, l'énergie cinétique est observée comme variant de manière adiabatique avec l'intensité locale du champ ***E*** dans les électrons libres en mouvement, sans aucune trace d'implication du concept d'énergie potentielle de la mécanique classique dans la méthode d'accélération utilisée par Kaufmann.

Cette différence entre la méthode utilisée par Kaufmann et la mécanique classique – induction adiabatique d'énergie cinétique dans les particules chargées par la force de Coulomb au lieu d'une conversion présumée d'énergie potentielle en énergie cinétique – ne semble pas avoir attiré l'attention à l'époque, et la nature adiabatique de l'induction d'énergie dans toutes les particules élémentaires chargées via les champs ***E***, analysée en profondeur dans les Références [15] [16], n'a été comprise et expliquée que bien plus tard

 © André Michaud

par Aram d'Abro, dans les années 1930 [17], tel que mis en perspective dans la Référence [18].

2.2 La nature électromagnétique de la masse de l'électron

Dans son article de 1904 [19], célèbre pour avoir défini les transformations mathématiques qui ont permis de définir l'hypothèse d'une contraction potentielle en fonction de la vitesse de la longueur de la masse de l'électron perçue comme un petit corps rigide du point de vue de la mécanique classique, ensuite utilisées dans l'établissement de la théorie de la relativité restreinte, Lorentz est également parvenu à la conclusion dans le même article, suite à son analyse des données de Kaufmann, que la masse de l'électron devait être de nature électromagnétique:

> *"Hence, in phenomena in which there is an acceleration in the direction of motion, the electron behaves as if it had a mass m_1, those in which the acceleration is normal to the path, as if the mass were m_2. These quantities m_1 and m_2 may therefore properly be called the "longitudinal" and "transverse" electromagnetic masses of the electron. I shall suppose that there is no other, no 'true' or 'material' mass."* H.A. Lorentz (1904) [19]

> *"Ainsi, dans les phénomènes où il y a une accélération dans la direction du mouvement, l'électron se comporte comme s'il avait une masse m_1, et ceux où l'accélération est normale à la trajectoire, comme si la masse était m_2. Ces quantités m_1 et m_2 peuvent donc être appelées à juste titre les masses électromagnétiques "longitudinale" et "transversale" de l'électron. Je supposerai qu'il n'y a pas d'autre masse, de masse "vraie" ou "matérielle."*

Ce concept était lié au fait que les données recueillies par Kaufmann étaient dues à l'accélération d'électrons, non pas causée par une impulsion initiale, mais au moyen de champs électromagnétiques ***E*** et ***B*** calibrés induisant constamment de l'énergie dont on savait qu'ils agissaient sur la charge de l'électron et non pas sur sa masse, ce qui semblait impliquer que la substance même dont la masse de l'électron était constituée et à laquelle la charge de l'électron était associée devait également être de nature électromagnétique.

Mais cette interprétation n'a pas été retenue à cette époque. En 1907, la communauté choisit de maintenir la conception classique selon laquelle l'électron est un corps rigide déformable dans le sens de la longueur, comme l'avait également proposé alternativement Lorentz dans le même article [19].

Notons ici que les avis étaient partagés à l'époque sur la manière de calculer les masses longitudinale et transversale de l'électron. Einstein, par exemple, dans son troisième article de 1905 [1], a établi ce calcul de telle manière qu'il a fini par calculer numériquement l'énergie cinétique totale induite dans l'électron en accélération comme $K=mc2(\gamma-1)$ – ce qui correspond à l'énergie de momentum du photon émis lorsqu'un électron est capturé dans l'état fondamental d'un atome d'hydrogène et est enregistré dans le spectre de l'atome d'hydrogène, mais ne représente que la moitié de l'énergie cinétique induite dans l'électron à n'importe quelle vitesse, et que de Broglie a utilisé dans sa thèse de 1924 pour calculer l'énergie de l'électron sur l'orbite de Bohr, ce qui l'a conduit à utiliser une fréquence erronée dans son calcul de la vitesse de l'onde de phase tel qu'analysé dans la Référence [20] – au lieu de $K=2mc2(\gamma-1)$ comme Lorentz avec son

 © André Michaud

Équation (30) dans son article de 1904 [19] – voir aussi l'Équation (43) dans la Référence [21].

Einstein savait que le calcul de Lorentz à partir des données de Kaufmann était différent de sa propre méthode, car dans son troisième article de 1905 [1], il fait clairement allusion au fait que des définitions différentes de la force et de l'accélération conduisent à des valeurs différentes pour les masses longitudinale et transversale de l'électron :

> *"Natürlich würde man bei anderer Definition der Kraft und der Beschleunigung andere Zahlen für die Massen erhalten; man ersieht daraus, daß man bei der Vergleichung verschiedener Theorien der Bewegung des Elektrons sehr vorsichtig verfahren muß*." Albert Einstein (1905), [1].

> *"Bien sûr, si la force et l'accélération étaient définies différemment, on obtiendrait d'autres valeurs pour les masses ; on voit donc qu'il faut être très prudent lorsqu'on compare différentes théories du mouvement de l'électron."*

Einstein semble ne pas avoir réalisé à ce moment l'importance du fait que le calcul de Lorentz ne provenait pas d'une théorie qui lui était personnelle, mais plutôt de son analyse des données expérimentales recueillies par Kaufmann.

Ce n'est qu'en 1933 que C.D. Anderson a observé de manière concluante que la masse de l'électron était en fait constituée de la même *substance énergie* que les photons électromagnétiques, en établissant expérimentalement que les photons localisés d'énergie dépassant le niveau minimum de 1,022 MeV se convertissaient facilement en paires électron-positon *chargées* et *massives* se déplaçant séparément dans l'espace, les deux particules étant finalement mesurées comme étant identiques à tous égards, à l'exception des signes de leurs *charges égales et invariantes* [22], comme l'avait supposé Paul Dirac en 1928 [23].

Ce processus de conversion a été confirmé la même année par Blackett et Occhialini, qui ont prouvé expérimentalement que des photons, sous-produits du rayonnement cosmique d'une énergie égale ou supérieure à 1,022 MeV se convertissent spontanément en paires électron/positon lorsqu'ils frôlent des noyaux atomiques [24], un processus qui a été baptisé *matérialisation*.

De plus, une équipe dirigée par Kirk McDonald à l'*Accélérateur linéaire de Stanford* (SLAC) a confirmé en 1997 qu'en faisant converger deux faisceaux de photons suffisamment concentrés vers un seul point de l'espace, l'un des faisceaux comprenant des photons dépassant le seuil de 1,022 MeV, des paires électron/positon ont été créées sans qu'aucun noyau atomique ne se trouve à proximité [25].

Comme double confirmation que la masse de l'électron est bien constituée de la *même substance énergie électromagnétique* que les photons libres, il a été observé, également par Blackett et Occhialini, que le processus inverse d'un électron et d'un positon interagissant avec une énergie insuffisante pour s'échapper l'un de l'autre, se reconvertissent en 2 photons électromagnétiques libres ou plus ([26], p. 215) après s'être métastabilisés pendant un moment en configuration de positronium.

Finalement, un coup de chance à peine croyable a permis de capturer les deux

 © André Michaud

processus de dématérialisation et de rematérialisation d'une paire électron-positon sur une même photographie de l'expérience E632 dans la chambre à bulles de 15 pieds du FERMILAB. La traînée de bulles laissée par un positon hautement énergétique révèle sa dématérialisation au moment où il entre directement en collision avec un électron – au point **A** de la **Figure 1** – et un peu plus loin, en ligne directe avec la trajectoire que le positon avait suivie avant de se dématérialiser, une nouvelle paire électron-positon apparaît – au point **B** – ce qui signifie que l'annihilation électron-positon au point **A** a obligatoirement donné lieu à la production d'un seul photon électromagnétique portant la quantité totale d'énergie des masses au repos des deux particules plus l'énergie du momentum du positon incident, soit une quantité totale qui dépasse manifestement le seuil minimal de découplage de 1,022 MeV.

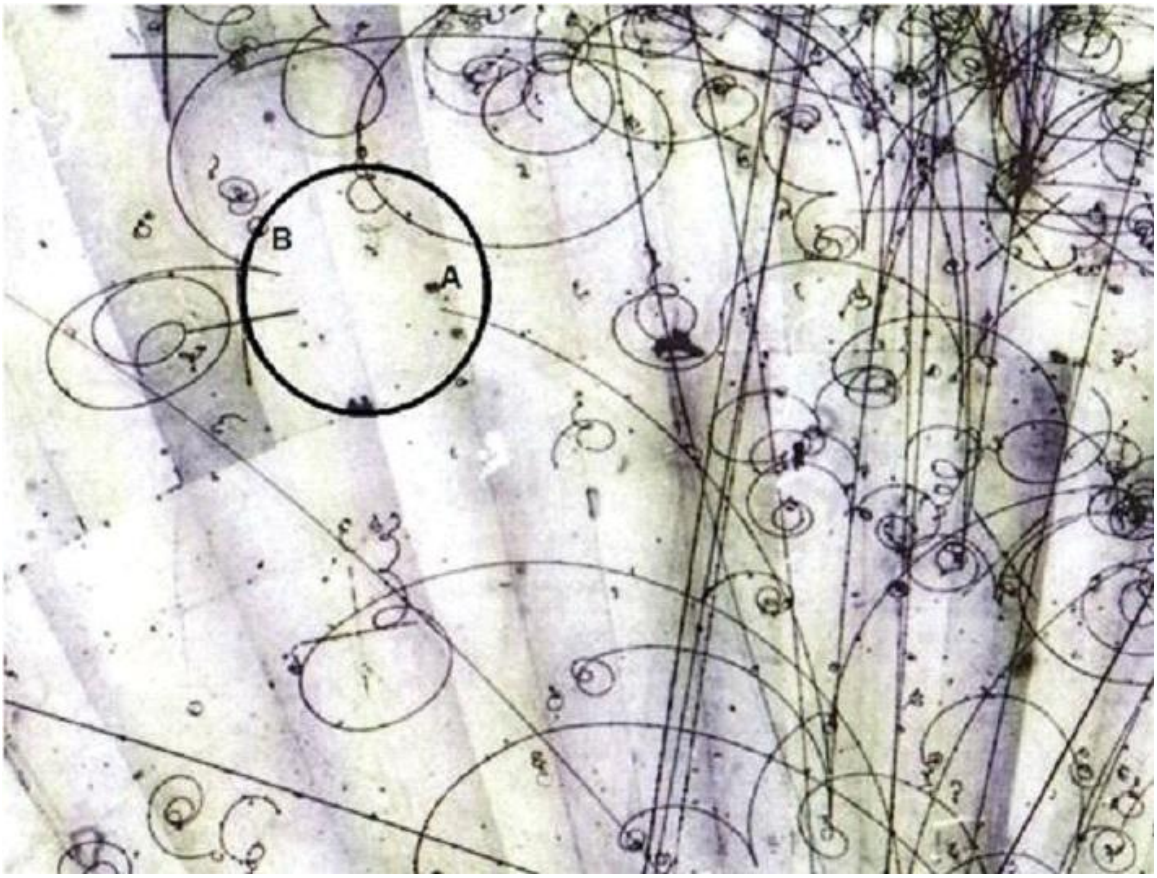


Figure 1: Photographie de la chambre à bulles de l'expérience E632 du FERMILAB.

On peut donc désormais affirmer avec force que la masse de l'électron est bel et bien effectivement de nature électromagnétique.

2.3 La masse variable de l'électron en processus d'accélération

Bien qu'il était établi depuis Newton que la masse de tous les corps semblait invariante à toutes les vitesses relativement faibles – par rapport à la vitesse de la lumière – auxquelles il était possible de propulser ces corps pendant toutes les expériences passées avec des masses constituées d'atomes et de molécules, les données de Kaufmann ont

 © André Michaud

révélé qu'aux vitesses extrêmement élevées auxquelles les électrons étaient forcés à accélérer dans sa chambre à bulles, dont les masses sont constituées de quanta d'énergie électromagnétique stabilisé – soit de 1/5 à 1/3 de la vitesse de la lumière – la masse effective de l'électron pouvait être mesurée comme augmentant en fonction de sa vitesse au fur et à mesure de l'augmentation de l'énergie qui lui était procurée en continu par le champ ***E*** calibré de la méthode de Lorentz, tel qu'analysé en profondeur dans son article de 1904 [19].

En fait, les expériences de Kaufmann ont été les premières expériences jamais réalisées dans lesquelles des masses directement constituées de la *substance énergie* fondamentale ont été mises en mouvement et maintenues en mouvement par un moyen différent de l'impulsion initiale traditionnelle utilisée pour propulser des masses constituées d'atomes et de molécules. Il est bien établi que les champs ***E*** peuvent être calibrés en continu pour faire varier progressivement la quantité d'énergie fournie aux particules chargées afin de diminuer ou d'augmenter progressivement leur vitesse et de faire varier progressivement l'intensité de champs ***B*** afin d'augmenter ou de diminuer progressivement la courbure des trajectoires de particules chargées individuelles ou de faisceaux de particules chargées, telles que les trajectoires d'électrons dans les tubes cathodiques.

Ainsi, contrairement à la perception historique de la mécanique classique selon laquelle le momentum d'un corps massif serait dû à sa vitesse, les données de Kaufmann révèlent qu'au moins pour les électrons chargés et massifs, dont la masse au repos est directement constituée de la *substance énergie* fondamentale, cette perception doit être inversée, et que c'est la vitesse de l'électron pendant les expériences de Kaufmann qui dépendait à tout moment de la quantité instantanée d'énergie cinétique de momentum existant physiquement et constamment induite par le champ ***E*** calibré.

Les données de Kaufmann ont également révélé que l'inertie transversale croissante avec la vitesse de l'électron en processus d'accélération était différente de son inertie longitudinale croissante par la quantité d'énergie de son momentum, qui n'était donc mesurable que longitudinalement, les deux conditions d'inertie étant représentées par les masses électromagnétiques m_1 et m_2 dans l'article de Lorentz. Il convient de noter que Kaufmann s'attendait à une augmentation de la masse effective de l'électron avec la vitesse en raison du calcul de G.F.C. Searle à cet effet, publié quelques années plus tôt en 1897 [27], mais pas à ce que cette augmentation soit différente longitudinalement et transversalement, ce qui a attiré l'attention sur le fait que c'était l'énergie de propulsion du momentum était le facteur de différence dans les mesures d'inertie dans les deux directions, et que cette quantité d'énergie du momentum demeurait en outre égale en quantité à tout instant donné à la quantité d'énergie qui était mesurable comme étant l'incrément de la masse transversale effective de l'électron.

En outre, Lorentz observa que le célèbre facteur gamma ($\gamma=1/\sqrt{(1-(v/c)^2)}$) – nommé par la suite en son honneur – qui avait été précédemment développé à partir de la théorie par Woldemar Voigt [28] et avait été provisoirement associé à une hypothétique dilatation du temps et contraction de la longueur des masses en mouvement, émergeait directement des données de Kaufmann pour l'inertie transversale aussi bien que pour l'inertie longitudinale des électrons en processus d'accélération, comme s'appliquant non pas à une hypothétique dilatation du temps et contraction de la longueur des masses, mais

 © André Michaud

au taux d'augmentation progressive de l'énergie des électrons en accélération, une énergie fournie par le champ ***E*** calibré utilisé pendant les expériences.

Dans son article de 1904 [19], Lorentz a identifié le facteur γ avec le symbole k tel qu'il le définit dans son Équation (3), et l'utilisa dans les deux équations pour m_1 et m_2 (ses Équations (30)), c'est-à-dire pour calculer séparément l'inertie longitudinale et l'inertie transversale de l'électron. Son équation pour l'inertie longitudinale m_1 révèle un détail qui est apparemment passé inaperçu à l'époque, à savoir que le champ ***E*** qui fait partie du premier terme de l'équation de la force de Lorentz :

$$\mathrm{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \tag{4}$$

est en fait l'équation de Coulomb moins l'une de ses charges :

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{E} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \tag{5}$$

et lorsqu'on l'applique à l'Équation (30) de Lorentz pour l'inertie longitudinale m_1, on calcule la quantité totale d'énergie induite à n'importe quelle vitesse donnée de l'électron:

$$E = d\, e\, \boldsymbol{E} = \frac{e\, q_2}{4\pi\,\varepsilon_0\, d} \tag{6}$$

Ce qui révèle, selon les calculs faits à partir des données collectées par Kaufmann, que la force de Coulomb induit dans l'électron une quantité d'énergie deux fois supérieure à l'énergie de son momentum, et que cette seconde quantité d'énergie induite s'auto-transpose apparemment d'elle-même perpendiculairement à la direction du mouvement de la particule, de telle sorte qu'elle devient mesurable en tant qu'incrément de masse dans la direction longitudinale aussi bien que dans la direction transversale.

Cette information d'une importance capitale n'ayant pas été remarquée, et par conséquent n'ayant pas été intégrée dans les manuels de référence de l'époque, toute la communauté est demeurée sous l'impression que les fréquences enregistrées dans les spectres des atomes, dont on savait qu'elles ne correspondaient qu'à l'énergie de momentum des électrons libérée lorsque ceux-ci sont capturés à leur plus petite distance d'action stationnaire des noyaux atomiques, était la quantité totale d'énergie induite dans l'électron pour une vitesse donnée.

Le fait que dans le cas de l'atome d'hydrogène, par exemple, soit le cas de référence traditionnel à ce sujet, cette quantité d'énergie cinétique de momentum définit exactement la vitesse classique théorique de l'électron sur l'orbite de repos théorique du modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène n'a fait que confirmer cette impression :

$$E = a_0\, e\, \boldsymbol{E} = \frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_0\, a_0} = m_0 v^2 \tag{7}$$

où a_0=5.291772083E-11 m est le rayon de Bohr, ce qui conduit au calcul de la vitesse classique de l'électron sur l'orbite théorique de Bohr :

 © André Michaud

$$v = \sqrt{\frac{e^2}{4\pi\,\varepsilon_0 m_0\, a_0}} = 2187691.252\,\text{m/s} \tag{8}$$

Cette circonstance malheureuse est ce qui a amené de Broglie à calculer une vitesse erronée pour l'onde de phase de l'électron dans sa thèse de 1924 [29] [30] à partir de seulement l'énergie liée au momentum de l'électron sur l'orbite de Bohr, tel qu'analysé à la Référence [20], sans que personne ne s'aperçoive du problème, du fait que les résultats expérimentaux de Kaufmann n'ont jamais été référencés dans aucun ouvrage de référence du reste du 20e siècle, ne serait-ce que pour une éventuelle réévaluation, ce qui a entretenu l'incertitude quant à la localisation précise de l'électron sur sa trajectoire dans l'atome d'hydrogène, ce qui a indûment éventuellement provoqué la formalisation par Heisenberg du principe d'incertitude, tel que mis en perspective à la Référence [20].

2.4 La découverte de Marmet

Ce n'est qu'en 2003 que l'attention a de nouveau été attirée du côté des données de Kaufmann, lorsque Paul Marmet a re-dérivé une équation électromagnétique/cinématique harmonisée de l'équation de Biot-Savart, qui conduisait à la même conclusion que celle tirée historiquement par Searle en 1897 [27]. En fait, Marmet a simplement redécouvert et publié en 2003 ce que Searle avait déjà établi par d'autres moyens plus d'un siècle auparavant:

> *"We notice in equation 23 that both phenomena (magnetic energy and relativistic energy) produce an increase of mass"* Paul Marmet (2003) [31]
>
> *"Nous remarquons dans l'équation 23 que les deux phénomènes (énergie magnétique et énergie relativiste) produisent une augmentation de la masse".*

Ses Équations 23 très claires – reproduites ici en tant qu'Équations (9) – révèlent que le champ magnétique $\boldsymbol{B}$ croissant de l'électron avec sa vitesse est la somme du champ $\mathbf{B}_e$ invariant lié à la moitié de la masse invariante au repos de l'électron et d'une augmentation $\Delta\boldsymbol{B}$ d'un champ d'énergie magnétique dont l'origine n'était pas clairement définie, mais qui ne pouvait être liée qu'à l'augmentation de la masse transversale de l'équation de Lorentz (30) pour l'inertie transversale m_2 de l'électron en mouvement [19] qui émergeait des données expérimentales de Kaufmann [7] [10] [11] [12] :

$$\frac{\mu_0\left(e^-\right)^2}{8\pi}\frac{1}{r_e}\frac{v^2}{c^2} \Rightarrow \frac{M_e}{2}\frac{v^2}{c^2} \quad \rightarrow \quad \frac{\mu_0\left(e^-\right)^2}{8\pi}\frac{1}{r_e} \Leftrightarrow \frac{M_e}{2} \tag{9}$$

La conclusion finale de Marmet était:

> *"Therefore the increase of the so-called relativistic mass is in fact nothing more that the mass of the magnetic field generated due to the electron velocity. In fact, the real fundamental nature of the kinetic mass, which increases with velocity, is nothing else than the magnetic energy, as given by the Biot-Savart equation."* Paul Marmet (2003) [31].

 © André Michaud

> *"Par conséquent, l'augmentation de la masse dite relativiste n'est en fait rien d'autre que la masse du champ magnétique généré par la vitesse de l'électron. En fait, la véritable nature fondamentale de la masse cinétique, qui augmente avec la vitesse, n'est rien d'autre que l'énergie magnétique, telle qu'elle est donnée par l'équation de Biot-Savart.".*

Sa découverte a permis de relier la longueur d'onde électromagnétique longitudinale de l'énergie des photons en mouvement libre et de la masse au repos de l'électron à l'amplitude d'oscillation sur un plan transversal à la direction de mouvement de la particule de l'énergie magnétique qui cause l'inertie transversale mesurable de toutes les particules élémentaires via le ratio procuré par la constante de structure fine α, et à la dérivation de l'ensemble des équations de champs $\boldsymbol{E}$ et $\boldsymbol{B}$ locaux conformes aux équations de Maxwell, qui rendent compte de l'énergie de la masse au repos de chaque particule élémentaire stabilisée, dans la première série de dérivations qui émergèrent de la conclusion de Marmet, publiée en 2007 dans la Référence [32].

L'analyse de la stabilité de l'électron dans l'orbitale de repos de l'atome d'hydrogène effectuée dans les Références [33] [34] a de plus révélé que lorsqu'un électron est empêché de se déplacer dans la direction vectorielle dans laquelle son énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ tend à le propulser, cette énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ demeure induite et continue à exercer une pression équivalente dans la même direction vectorielle, ce qui peut également être directement relié à la gravitation, tel qu'analysé à la Référence [18].

Les masses constituées d'atomes ont été largement étudiées au cours des siècles passés, mais la manière dont la mécanique quantique a été établie dans les années 1920 [20] a détourné l'attention de la communauté d'une étude plus approfondie de la nature de l'énergie électromagnétique dont la masse localisée des électrons est constituée.

Il en résulte que les conséquences du fait que les masses effectives de tous les atomes constitués de ces masses élémentaires dans lesquelles ces quantités d'énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ et d'incréments d'énergie du champ $\Delta\boldsymbol{B}$ sont induites en permanence, qui varient en fonction de l'inverse des distances qui les séparent, n'ont pas non plus été étudiées. Nous y reviendrons plus loin, après avoir terminé le survol historique de l'évolution de notre compréhension de la nature de la masse des particules élémentaires chargées.

3. Masses faites d'atomes et de molécules séparées

Le véritable ordre de grandeur des atomes et des molécules a été établi dans la première décennie des années 1900 à partir des calculs effectués par Albert Einstein et Marian von Smoluchowski alors qu'ils étudiaient séparément le mouvement brownien, un mouvement apparemment stochastique et très irrégulier de particules microscopiques immergées dans des liquides, qui était dû, selon leur conclusion, à un mouvement constant des atomes et des molécules dont sont constitués des liquides dans lesquels ces particules microscopiques sont immergées [35] [36]. La première traduction en anglais des travaux de Smoluchowski a été récemment publiée par le *Minkowski Institute Press* [37].

La Référence [18] analyse également le mouvement brownien, soulignant le fait que ce mouvement permanent des atomes et molécules dans tous les liquides et gaz est la

 © André Michaud

preuve que l'énergie cinétique de leur momentum a une *présence cinétique permanente*, comme les expériences de Kaufmann semblaient le révéler, donc une *existence physique permanente*, ce qui établissait qu'il pouvait s'agir d'une *substance physiquement existante* dont les propriétés restaient à établir.

Il a ensuite été établi que les atomes sont des structures pratiquement vides impliquant des particules beaucoup plus petites et réellement élémentaires, individuellement chargées électriquement et massives, qui sont plusieurs ordres de grandeur plus petites que les atomes eux-mêmes, et dont les configurations stationnaires locales stabilisées définissent les volumes atomiques.

Pour donner une idée à quel point les atomes s'avèrent relativement "vides" et à quel point les sous-composants élémentaires dont ils sont constitués sont véritablement plus petits et, enfin, à quel point ils sont relativement éloignés les uns des autres à l'intérieur de chaque atome, si, par exemple, un atome d'hydrogène, composé d'un seul proton et d'un seul électron, était métaphoriquement agrandi jusqu'à ce que le proton central – d'un diamètre établi d'environ 1,5E-15 m – devienne aussi grand que le Soleil – d'un diamètre d'environ 1,4 million de km – (une augmentation de taille de 9-suivi-de-23-zéros fois), alors l'électron se retrouverait aussi loin du proton que Neptune l'est du Soleil dans le système solaire, ce qui signifie que l'atome d'hydrogène deviendrait aussi grand que l'ensemble du système solaire !

Cela signifie que la masse totale qui peut être mesurée pour chaque atome est en réalité la somme des masses locales physiquement existantes de chacun des quanta de substance énergie continue dont sont constituées chacune des particules élémentaires de taille subatomique dont sont faits les atomes. En effet, la masse totale de l'atome d'hydrogène, malgré la *distance relativement astronomique* qui sépare l'électron du proton, s'avère être de 1,673532518E-27 kg, soit la somme de la masse désormais bien établie de l'électron localisé 9,10938188E-31 kg et de celle de la masse bien établie du proton localisé 1,67262158E-27 kg, qui lui-même n'est pas élémentaire mais est aussi un système presque vide de trois composants massifs élémentaires plus petits, qui sont eux-mêmes du même ordre de grandeur que l'électron, tel que démontré lors des expériences de collisions hautement inélastique avec des faisceaux d'électrons et positons hautement énergique dans les premières années d'opération du *Stanford Linear Accelerator* (SLAC) [38].

Maintenant, étant donné que toutes les masses macroscopiques sont comprises comme étant constituées de matière, dont on sait que chaque substance est constituée d'atomes et de molécules pratiquement vides, eux-mêmes constitués d'électrons élémentaires massifs de taille subatomique situés relativement très loin des protons et des neutrons qui constituent leurs noyaux de taille subatomique, qui sont eux-mêmes des systèmes constitués de particules élémentaires du même ordre de grandeur que les électrons, la question qui vient maintenant à l'esprit est la suivante :

Quelle est exactement la nature de cette substance continue dont sont constituées les masses de ces particules chargées élémentaires subatomiques ?

 © André Michaud

4. Masses constituées d'énergie électromagnétique continue stabilisée

Comme nous venons de le mentionner, outre les électrons qui se stabilisent à différentes distances des noyaux atomiques et qui définissent ainsi leur volume, les autres composants des atomes, soit les protons et les neutrons, ont également été confirmés comme étant eux-mêmes des systèmes de particules élémentaires lorsque leurs sous-composants chargés et massifs ont été bombardés d'une manière *non destructive* par des faisceaux d'électrons et positons hautement énergétiques, au cours des deux premières années de fonctionnement de l'*Accélérateur linéaire de Stanford* (SLAC) [38], qui est entré en service en 1966, c'est-à-dire, des configurations de rebond hautement inélastiques qui indiquent clairement que ces sous-composants internes des nucléons ont des masses du même ordre de grandeur que celle de l'électron. Incidemment, ce type de collisions *non destructives* hautement inélastique contre les nucléons doit reprendre dans un avenir pas trop lointain dans le projet du Collisionneur électron-ion (*Electron-Ion Collider* – EIC) [39] [40].

La plage de masse possible des deux types de particules élémentaires chargées détectées à l'intérieur des protons et des neutrons, c'est-à-dire les quarks up et down, a été établie comme se situant entre 1,5 et 5 MeV/c^2 avec une charge électrique exacte de +2/3 de la charge unitaire pour le quark up, et entre 3 et 10 MeV/c^2 avec une charge électrique exacte de -1/3 de la charge unitaire pour le quark down ([41], p. 11-6).

On peut donc s'attendre à ce que des masses au repos plus précises soient mesurées expérimentalement pour ces sous-composants élémentaires chargés et massifs des nucléons dans un avenir proche dans la future installation EIC, confirmant peut-être les masses au repos prédites par la théorie en 2013 dans le contexte du développement de la mécanique électromagnétique, qui se situent précisément dans les plages d'énergie possibles établies expérimentalement lors des expériences du SLAC, à savoir 2,049610923E-30 kg pour le quark up et 8,198443779E-30 kg pour le quark down.

Ces masses si proches de la masse au repos de l'électron ont accrédité la possibilité que les quarks up et down soient simplement des électrons et des positons très normaux dont les caractéristiques de charge et de masse auraient été altérées vers ces états modifiés par l'intensité du niveau d'énergie ambiant dans les structures confinées des protons et des neutrons, ce qui est une possibilité accréditée par les analyses approfondies effectuées dans la Référence [42], qui ont abouti à l'équation de masse élémentaire générale suivante pour l'ensemble des 3 particules chargées et massives véritablement élémentaires directement constituées de quanta de *substance énergie continue* fondamentale dont tous les atomes sont constitués :

$$m_{[d,u,e]} = \frac{k}{a_0}\left(\frac{3e}{n\alpha c}\right)^2 = \left(\frac{3}{n}\right)^2 \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}\frac{1}{c^2} = \left(\frac{3}{n}\right)^2 \frac{e^2}{2\varepsilon_0 \alpha \lambda_C c^2} \quad (n=1, 2, 3) \qquad (10)$$

où $r_e = \alpha\lambda_c/2\pi = 2.817940285E\text{-}15\ m$ est ce que l'on appelle le *rayon classique de l'électron*. Voir la référence [32] pour une explication de la nature réelle de ce soi-disant *rayon de l'électron*, qui est en réalité l'amplitude d'oscillation transversale de l'énergie oscillante de la masse au repos de l'électron dans l'espace-Y *complexe* sur un plan transverse à sa direction de mouvement dans l'espace-X *normal* [5], que nous définirons plus clairement plus loin.

 © André Michaud

Comme analysé dans la Référence [43], les quarks up et down se sont avérés être les deux seuls types de sous-composants élémentaires chargés et massifs dont l'existence physique à l'intérieur des protons et des neutrons a pu être prouvée par collision directe non destructive, c'est-à-dire (uud) à l'intérieur du proton avec une charge unitaire résultante positive e^+ pour le proton, et (udd) à l'intérieur du neutron avec une charge résultante nulle e^0 pour le neutron, ce qui signifie que *les trois seules particules élémentaires stables, chargées et massives* dont sont constitués tous les atomes de l'univers ont désormais été identifiées, à savoir l'électron, le quark up et le quark down.

Toutes les autres particules du Modèle Standard qui ont finalement été identifiées et répertoriées après les années 1960 par *collisions destructive* se sont avérées instables et se dégradent presque instantanément avec comme le résultat ultime de séquences de désintégration bien établies [26] [41] en l'une ou l'autre de ces trois configurations d'action stationnaire de résonance stable d'énergie dont tous les atomes constituant les masses plus importantes sont constituées dans l'univers, soit les électrons, les protons et les neutrons. Aucun autre composant massif élémentaire stable des atomes que cet ensemble très restreint n'a jamais été détecté par collision, le positon étant identique à l'électron à l'exception du signe de sa charge.

Par souci de simplicité, seule la masse au repos de l'électron et son augmentation de masse avec la vitesse fournie par son énergie porteuse seront longuement discutées dans cet article, le cas de la masse du positon étant identique à celui de l'électron comme nous le verrons, et le cas des photons en mouvement libre, du fait de leur similitude avec l'énergie porteuse de l'électron ou du positon.

En contexte de la géométrie trispatiale, le cas du positon est longuement discuté quant à son origine dans la Référence [5] et quant à sa fonction dans l'établissement des nucléons dans la Référence [42]. L'émission d'énergie par émission de neutrinos est quant à elle analysée à la Référence [44].

Revenons maintenant à la question qui restait en suspens et qui peut maintenant être formulée plus clairement :

De quoi peuvent être constituées les masses de ces particules élémentaires chargées et massives et quel est son rapport avec le carré de la vitesse de la lumière ?

5. La masse au repos de l'électron

Dans le cas de l'électron, la première réponse générale a été fournie par l'équation $E=m_0c^2$ dans la première décennie des années 1900, qui a laissé de nombreuses questions en suspens mais a néanmoins établi que sa masse au repos précisément mesurée de m_0=9.10938188E-31 kg était constituée d'une quantité spécifique d'une *substance* intrigante et insaisissable qui ne pouvait être nommée qu'énergie, une quantité de masse qui peut être calculée en divisant la quantité précise d'*énergie* de E=8,18710414E-14 joules par le carré de la vitesse de la lumière :

$$m_0 = \frac{E}{c^2} = \frac{8.18710414\text{E-}14}{(299792458)^2} = 9.10938188\text{E}-31\text{kg} \qquad (11)$$

Une analyse dimensionnelle de cette équation révèle que la vitesse de la lumière doit être élevée au carré pour convertir une masse en kg en une quantité équivalente d'énergie

 © André Michaud

en joules, étant donné que les dimensions de la joule ont été fixées par convention à $M \cdot L^2 \cdot T^{-2}$ ($kg \cdot m^2 \cdot s^{-2}$), et que celles d'une vitesse ont été fixées à to $T \cdot L^{-1}$ ($m \cdot s^{-1}$). Alors bien sûr, pour être mathématiquement cohérent, la conversion de kilogrammes en joules rend nécessaire que la vitesse impliquée soit au carré $(m \cdot s^{-1})^2$. Bien entendu, cette analyse dimensionnelle n'explique pas pourquoi la vitesse de la lumière doit être prise en compte dans le calcul de la masse d'une particule massive, dont on sait qu'elle ne peut pas atteindre la vitesse de la lumière dans l'espace, et encore moins pourquoi cette vitesse doit être élevée au carré.

Mais il y a une raison pour laquelle Einstein et d'autres grands physiciens de l'époque ont trouvé logique que la vitesse de la lumière intervienne dans le calcul de la masse de l'électron, étant donné que les récentes découvertes concernant l'interaction confirmée entre l'énergie lumineuse électromagnétique et la matière avaient révélé une telle relation, comme il l'a précisé dans ce quatrième article de 1905 [45] :

> *"Gibt ein Körper die Energie L in Form von Strahlung ab, so verkleinert sich seine Masse um L/V^2... Die Masse eines Körpers ist ein Maß für dessen Energieinhalt; ändert sich die Energie um L, so ändert sich die Masse in demselben Sinne um $L/9.10^{20}$, wenn die Energie in Erg und die Masse in Grammen gemessen wird."* Albert Einstein ([45], p. 641)

> *"Lorsqu'un corps émet une énergie L sous forme de rayonnement, sa masse diminue de L/V^2.... La masse d'un corps est une mesure de son contenu énergétique ; si l'énergie varie de L, la masse varie de la même manière de $L/9.10^{20}$, si l'énergie est mesurée en erg et la masse en grammes."*

Ainsi, puisqu'il avait compris que l'énergie qui rayonne d'un corps massif lorsqu'il entre en collision avec un obstacle qui fait diminuer sa masse est de nature électromagnétique, Einstein soupçonnait, dans l'attente d'une confirmation expérimentale, que la masse restante devait elle aussi être constituée d'énergie électromagnétique. Étant donné que la vitesse de la lumière, que Maxwell avait associée à l'*énergie électromagnétique* en mouvement libre 40 ans plus tôt et calculée à partir des dérivées partielles secondes des champs $\boldsymbol{E}$ et $\boldsymbol{B}$, est de c=299792458 m/s – analysée dans les Références [8] [9] – il semblait logique que cette vitesse soit liée à la masse en tant que facteur de conversion.

Il existe également une raison physique pour que le carré de cette vitesse soit directement lié à l'énergie électromagnétique elle-même. Bien que la vitesse des particules élémentaires ou des photons électromagnétiques soit comprise comme se produisant dans la direction de leur mouvement, certains aspects de la vitesse sont également connus pour se produire sur des plans perpendiculaires à cette direction de mouvement lorsque des processus d'oscillation sont impliqués, des plans qui demeurent parallèles à la direction du mouvement de l'énergie électromagnétique pour le traitement des ondes continues tel que compris en électrodynamique, comme la vitesse transversale variable de l'oscillation de l'énergie des ondes de cisaillement dans les matériaux rigides ou de l'énergie électromagnétique dans la théorie des ondes électromagnétiques continues de Maxwell par exemple, comme traditionnellement représenté par la **Figure 2**.

Cette vitesse transversale varie d'un maximum au milieu de l'amplitude transversale du mouvement de l'énergie à une vitesse nulle à l'étendue transversale maximale de

 © André Michaud

l'amplitude de l'oscillation, tel qu'analysé dans la **Sous-section K** de la Référence [46].

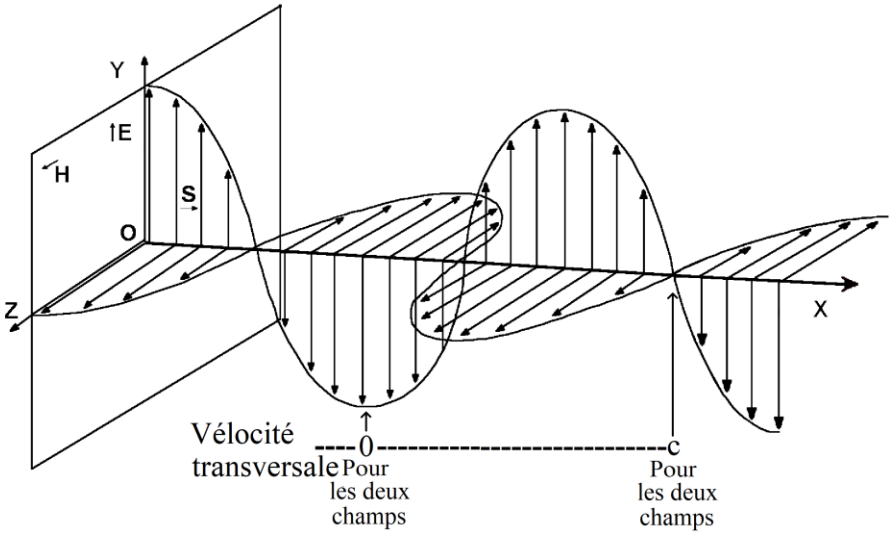


Figure 2: Représentation traditionnelle de l'oscillation transversale des champs ***E*** et ***B*** d'une impulsion électromagnétique se propageant dans un milieu élastique sous-jacent – défini par Maxwell comme l'éther – décalés de 90° *dans l'espace* et atteignant simultanément une amplitude de phase synchrone maximale *dans le temps*, ce qui correspond à l'interprétation de la *jauge de Lorenz*.

En ce qui concerne la représentation des ondes électromagnétiques de Maxwell de la **Figure 2**, remarquons que Maxwell n'était pas entièrement d'accord avec la représentation de la jauge de Lorenz selon laquelle le champ ***E*** et le champ ***B*** atteindraient simultanément leur maximum de cette manière, ce qui conduit à considérer les deux états comme *un seul champ électromagnétique*, parce que cette représentation a supprimé le concept de *courant de déplacement* qui a initialement guidé le développement de sa théorie électromagnétique, et qu'il considérait les deux champs comme étant distincts en raison de leurs caractéristiques vectorielles différentes.

En résumé, la **Figure 2** est l'une des deux représentations possibles des *ondes électromagnétiques continues* établies par Maxwell. La seconde représentation implique une impulsion électromagnétique d'énergie oscillant entre un état de champ ***E*** et un état de champ ***B***, les deux champs étant *décalés dans l'espace* de 90° comme dans la **Figure 2**, oscillant également transversalement sur des plans longitudinaux selon le concept classique d'une onde se propageant dans un milieu élastique rigide.

Mais alors que la jauge de Lorenz les représente dans la **Figure 2** comme atteignant simultanément leur amplitude maximale *dans le temps*, Maxwell les a initialement conçues comme atteignant alternativement leur amplitude maximale tout en étant déphasées de 180° *dans le temps* comme représenté dans la **Figure 3**, en introduisant le concept d'un *courant de déplacement* lié au champ ***E*** comme cause mécanique de l'induction du champ ***B***, lequel, lorsqu'il atteint son amplitude maximale, réduit le champ ***E*** à zéro, comme dans la relation LC bien connue, le champ ***B*** étant alors symétriquement déséquilibré, réintroduira le champ ***E*** et rétablira le *courant de déplacement* tandis que le

 © André Michaud

champ ***B*** tombera à son tour à zéro, établissant ainsi un cycle complet de la fréquence correspondant à l'énergie de l'impulsion qui se propage.

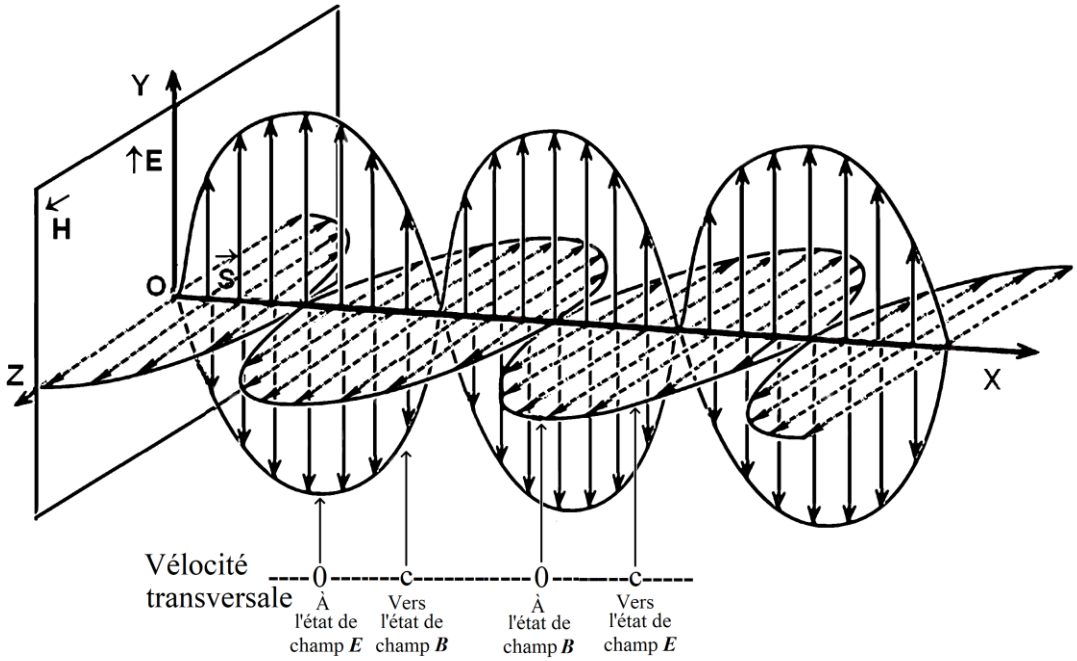


Figure 3: Représentation des oscillations transversales orthogonales des champs ***E*** et ***B*** d'une impulsion électromagnétique se propageant dans un milieu élastique rigide sous-jacent – défini comme l'éther par Maxwell – décalé de 90° *dans l'espace* et de 180° *dans le temps*, s'induisant mutuellement et impliquant l'existence supposée d'un *courant de déplacement* tel que conçu par Maxwell.

C'est en effet le fait que le concept du *courant de déplacement* n'avait guère de sens en l'absence de toute possibilité de conceptualiser des charges mobiles dans la théorie des ondes électromagnétiques continues de Maxwell qui a conduit la perspective de la *jauge de Lorenz* à dominer initialement. Ce n'est qu'après que de Broglie eut émis dans les années 1930 l'idée que les *photons localisés* selon la conception du premier article d'Einstein de 1905 [47] n'avaient de sens que s'ils impliquaient deux corpuscules (ou demi photons) – les "charges" recherchées introuvables selon la conception des ondes continues – que le *courant de déplacement* a de nouveau trouvé un ancrage logique dans la théorie électromagnétique, tel qu'analysé aux Références [3] [4].

L'analyse effectuée à la Référence [46] a alors permis de confirmer que la vitesse transversale maximale sera atteinte 4 fois au cours de chaque cycle de la représentation sinusoïdale du mouvement cyclique de l'énergie électromagnétique, c'est-à-dire à 1/8e, 3/8e, 5/8e et 7/8e de chaque cycle. Dans la réalité physique, cependant, seuls deux pointes de vitesse sont possibles, puisque les 3/8e et 5/8e coïncident, ainsi que les 7/8e et 1/8e du cycle suivant, en raison d'une caractéristique d'*incompressibilité* que la *substance énergie* fondamentale doit posséder pour osciller de cette manière. Cette vitesse est calculée à partir des principes premiers à la Référence [48].

L'*incompressibilité* de la *substance énergie* est ce qui fait que la vitesse de la lumière est la seule vitesse maximale possible à mi-transfert de la *substance énergie* qui peut

 © André Michaud

permettre à cette vitesse transversale de la *substance énergie* de décélérer jusqu'à zéro à l'amplitude transversale maximale de l'oscillation dans les deux directions perpendiculaires de l'oscillation électromagnétique, comme le montre la **Figure 5** plus loin.

Ainsi, dans l'hypothèse où la *substance énergie* dont serait constituée la masse de l'électron serait de nature électromagnétique, c'est la raison pour laquelle le produit de ces deux vitesses transversales maximales (c^2) dans des directions perpendiculaires l'une à l'autre, peut être relié à la masse de l'électron dans l'équation (11).

La Référence [46] analyse également la raison pour laquelle le produit de la longueur d'onde λ par la fréquence ν est une constante, connue pour être la vitesse de la lumière :

$$\lambda\nu = c \tag{12}$$

Ainsi, comprendre que l'énergie de masse au repos stabilisée de l'électron est de nature *électromagnétique* permet de comprendre pourquoi la fréquence d'oscillation de Compton de l'électron ν_c=1,235589976E20 Hz et la longueur d'onde de Compton de l'électron bien établie λ_c=2,426310215E-12 m peuvent être associées à cette quantité spécifique d'énergie.

C'est pourquoi, en référence à la célèbre équation $E=m_0c^2$, la vitesse au carré c^2 s'avère être, dans les espaces de configuration, le produit de la vitesse maximale c de la moitié de l'énergie de masse au repos de l'électron lors de son transit vers l'axe vectoriel unitaire ***I***//***j***/***-j***, et de sa vitesse maximale c lors de son transit de retour vers le volume vectoriel unitaire perpendiculaire ***K***//***ijk***/***-i-j-k*** de la **Figure 4b**, tel que représenté par l'Équation (18) et illustré par la **Figure 9** plus loin, ce qui permet de représenter l'équation $E=m_0c^2$ telle qu'elle est perçue dans l'espace-X normal, comme étant $E=m_0c_{\boldsymbol{I}}c_{\boldsymbol{K}}$ dans les espaces de configuration I et Z décrits plus loin.

Mais bien sûr, l'énergie électromagnétique se déplaçant à la vitesse de la lumière selon le concept d'onde continue établi par Maxwell ne peut pas engendrer spontanément des électrons quantifiés pratiquement immobiles dans l'espace, c'est-à-dire se déplaçant à des vitesses $v \ll c$, sans qu'un processus logique de conversion mécanique ne soit impliqué, qui permettrait de combler le fossé entre le concept d'onde continue de Maxwell et les états d'énergie quantifiés tels que celui de photons localisés en permanence, tels que considérés par Einstein et de Broglie, tel que décrit par Einstein dans son article de 1910 [49] [50] cité plus bas, qui étaient encore conceptualisés comme des singularités ou des ondelettes dans le champ électromagnétique continu sous-jacent conçu par Maxwell, et bien sûr comme celui de l'électron encore perçu comme une masse solide déformable, tel que défini par Lorentz dans son article de 1904 [19].

6. La transition d'une perception d'onde d'énergie électromagnétique continue vers une perception de quanta d'énergie électromagnétique quantifiés et localisés en permanence

La première percée vers une compréhension de la nature quantifiée de l'énergie électromagnétique a eu lieu lorsque Wilhelm Wien a découvert que l'énergie électromagnétique était quantifiée à l'émission à partir des données collectées lors de ses

 © André Michaud

expériences sur le corps noir [51]. À partir de son analyse des données de Wien, Max Planck a découvert que chaque cycle des fréquences de tous les quanta d'énergie sortant du corps noir était exactement égal à une très petite quantité d'énergie de h=6,62606876E-34 joules, qui a été nommée en son honneur la *constante de Planck* [52].

Quelques années plus tard, après avoir examiné le nombre croissant d'observations révélatrices favorisant l'idée d'une quantification de l'énergie électromagnétique, Einstein proposa dans son premier article de 1905 [47] l'hypothèse selon laquelle il serait plus logique de conclure que les quanta discontinus de lumière demeureraient localisés à mesure qu'ils s'éloignent de leur source ponctuelle, sans se répandre sphériquement comme dans la théorie ondulatoire de Maxwell, pour être ensuite absorbés individuellement ailleurs seulement comme un tout :

> *"Es scheint mir nun in der Tat, daß die Beobachtungen über die 'schwarze Strahlung', Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultraviolettes Licht und andere die Erzeugung bez. Verwandlung des Lichtes betreffende Erscheinungsgruppen besser verständlich erscheinen unter der Annahme, daß die Energie des Lichtes diskontinuierlich im Raume verteilt sei. Nach der hier ins Auge zu fassenden Annahme ist bei Ausbreitung eines von einem Punkte ausgehenden Lichtstrahles die Energie nicht kontinuierlich auf größer und größer werdende Räume verteilt, sondern es besteht dieselbe aus einer endlichen Zahl von in Raumpunkten lokalisierten Energiequanten, welche sich bewegen, ohne sich zu teilen und nur als Ganze absorbiert und erzeugt werden können."* Albert Einstein, 1905 ([47], p. 133).

> *"Il me semble en effet que les observations sur le rayonnement noir', la photoluminescence, la production de rayons cathodiques par la lumière ultraviolette et d'autres groupes de phénomènes concernant la production et la transformation de la lumière apparaissent plus compréhensibles si l'on suppose que l'énergie de la lumière est répartie de manière discontinue dans l'espace. Selon l'hypothèse envisagée ici, lors de la propagation d'un rayon lumineux partant d'un point, l'énergie ne serait pas répartie de façon continue dans des espaces de plus en plus grands, mais elle serait constituée d'un nombre fini de quanta d'énergie localisés en des points de l'espace, qui se déplaceraient sans se diviser et ne pourraient être absorbés et produits que comme des entités entières."*

Une étape supplémentaire a été franchie en 1937 [2], lorsque Louis de Broglie identifia la condition fondamentale à laquelle les photons électromagnétiques localisés postulés par Einstein doivent obéir pour expliquer parfaitement l'effet photoélectrique, tout en demeurant pleinement cohérents avec les propriétés de la théorie de Dirac de la symétrie des corpuscules complémentaires, et en obéissant à la statistique de Bose-Einstein comme l'exige la précision de la loi du corps noir de Planck.

Cette condition fondamentale pour que l'existence de photons électromagnétiques localisés soit explicable est que le photon doit impliquer deux corpuscules, ou demi-photons, de spin 1/2, qui seraient complémentaires l'un de l'autre de la même manière que l'électron positif [le positon] est complémentaire de l'électron négatif dans la théorie des trous de Dirac. Sa conclusion finale fut que ce modèle du photon permet de définir un champ électromagnétique lié à la probabilité d'annihilation du photon, un champ qui obéit

 © André Michaud

aux équations de Maxwell et qui a toutes les caractéristiques des ondes lumineuses électromagnétiques, et qui ramène immédiatement dans le décor la notion du *courant de déplacement* de Maxwell, qui pourrait désormais être compris comme étant en action entre ces deux demi-photons, pour établir localement un mode stationnaire d'oscillation de l'énergie du champ ***E*** du photon, soit un mode stationnaire d'oscillation du quantum d'énergie indispensable pour expliquer la localisation permanente dans l'espace du quantum d'énergie du photon tel qu'envisagé par Einstein.

Mais il mentionne également qu'il n'a pas trouvé de moyen satisfaisant de décrire les photons localisés de cette manière dans le cadre restreint de l'espace 3D et même de l'espace-temps 4D, et conclut qu'il ne semble pas possible de représenter avec précision les particules élémentaires dans cette géométrie spatiale trop restreinte, et qu'il s'attend à ce que cette question soit résolue éventuellement.

> *"... la non-individualité des particules, le principe d'exclusion et l'énergie d'échange sont trois mystères intimement reliés : ils se rattachent tous trois à l'impossibilité de représenter exactement les entités physiques élémentaires dans le cadre de l'espace continu à trois dimensions (ou plus généralement de l'espace-temps continu à quatre dimensions). Peut-être un jour, en nous évadant hors de ce cadre, parviendrons-nous à mieux pénétrer le sens, encore bien obscur aujourd'hui, de ces grands principes directeurs de la nouvelle physique."* Louis de Broglie 1937 ([2], p. 273)

Ce sont ces conclusions de de Broglie, selon lesquelles la description des photons quantifiés dépend de l'implication de deux demi-photons et que notre conception de l'espace doit être élargie au-delà des concepts bien établis de l'espace 3D et de l'espace-temps 4D, qui ont conduit à une analyse approfondie des possibilités d'étendre la géométrie de l'espace au-delà des limites de la conception établie de l'espace sur lequel le système de coordonnées cartésiennes 3D est traditionnellement superposé, en particulier en électromagnétisme, tel que présenté à la **Figure 4a**, d'une manière qui demeurerait cohérente avec ce système de coordonné établit depuis longtemps et sans lequel la théorie électromagnétique n'aurait aucun sens.

La solution a consisté à étendre les trois vecteurs unitaires cartésiens linéaires mutuellement perpendiculaires pour en faire des espaces 3D entièrement développés, comme le montrent les **Figures 4b** et **4c**, chacun étant identifié par les vecteurs unitaires majeurs ***IJK*** et les coordonnées majeures **XYZ**, chacun conservant son propre ensemble de vecteurs unitaires mineurs ***ijk*** et de coordonnées mineures *xyz*, pour permettre au volume de la substance continue d'énergie du quantum d'être représentable tout au long de son processus d'oscillation dans les trois espaces, désormais interconnectés au *centre-de-présence* du quantum, ce qui permet aux trois espaces de se comporter comme des vases communicants à l'intérieur desquels la substance énergie du quantum peut se déplacer librement afin de trouver son équilibre de moindre action.

 © André Michaud

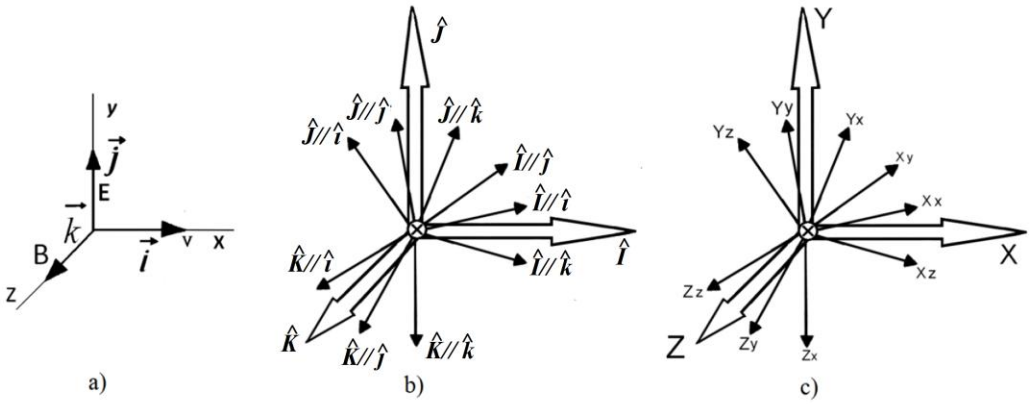


Figure 4: Représentation **4a** de la structure classique des vecteurs unitaires du système de coordonnées cartésiennes par rapport à la structure élargie des vecteurs unitaires majeurs et mineurs de la géométrie trispatiale.

D'autres considérations de symétrie semblaient devoir être appliquées à la manière dont ces deux demi-photons devaient se déplacer et interagir pour impliquer à la fois l'état du champ ***E*** et l'état du champ ***B*** de la théorie électromagnétique de Maxwell, ce qui a finalement permis de comprendre que l'énergie d'un photon en mouvement devait d'abord être divisée en deux parties symétriques, dont l'une serait l'énergie de *momentum* nécessaire pour propulser le photon à sa vitesse connue de la lumière, soit une vitesse qui est mathématiquement prouvée à la Référence [21] comme étant obtenue si cette partition résulte en deux parties exactement égales, tandis que la "partie propulsée" oscillerait symétriquement en mode stationnaire entre un état de champ ***E*** et un état de champ ***B*** sur un plan transverse à la direction de mouvement déterminée par l'orientation vectorielle de la moitié *momentum* de l'énergie du photon (**Figure 5**).

Tel qu'établi aux Références [3] [4], une telle séparation en deux parties de l'énergie du photon implique la caractéristique d'*incompressibilité* déjà mentionnée de la substance énergie, pour que son volume ne varie pas au cours de la séparation, à laquelle les caractéristiques d'*élasticité* et de *fluidité* doivent maintenant s'ajouter pour que cette séparation soit possible.

La partie propulsée doit maintenant pouvoir s'étirer pour constituer les deux parties qui seront associées au *courant de déplacement* qui les fera osciller. C'est ici que des propriétés d'*élasticité* et de *fluidité* doivent être associées au quantum de *substance énergie continue* pour permettre à sa demi maintenant orientée transversalement de s'étirer symétriquement comme un matériau élastique de part et d'autre de son point de jonction avec la partie *momentum*.

Cependant, un tel étirement ne peut se produire de lui-même sans qu'une propriété supplémentaire soit assignée à la *substance énergie*, soit une *tendance-à-toujours-demeurer-en-mouvement*, qui expliquerait à la fois pourquoi l'énergie de son *momentum* tend à propulser la partie orientée transversalement, et aussi pourquoi cette partie propulsée tendra à s'étirer d'elle-même pour former les deux parties qui s'éloigneraient l'une de l'autre élastiquement, dont la tension élastique établirait le *courant de déplacement* dont l'intensité augmenterait avec la distance de séparation jusqu'à ce que la propriété d'*incompressibilité* de la substance détermine alors l'extension maximale de

 © André Michaud

l'étirement, la *tension de rappel* due à l'*élasticité* de la substance tendant à constamment ramener les deux composantes vers la position neutre. C'est ici que la force de rappel de Hooke, applicable à tous les milieux élastiques peut maintenant être associée au processus, comme nous le verrons plus loin, tel que mis en perspective aux Références [8] [9].

Les deux demi-photons, qui ne concernent plus que la moitié du quantum orientée transversalement et dont l'exigence a été établie par de Broglie, peuvent alors être compris comme une paire de charges électriques opposées dont l'intensité de rappel constituerait précisément ces charges, qui augmenteraient au cours du processus d'oscillation avec l'accroissement de la distance qui les sépare à mesure que l'énergie s'étend dans l'espace-Y électrostatique, induisant progressivement l'état de champ ***E*** du photon à mesure que le *courant de déplacement* augmente, une intensité de rappel qui diminuerait ensuite avec le *courant de déplacement* également décroissant après avoir atteint un maximum, alors que l'énergie entre maintenant dans l'espace-Z magnétostatique, induisant l'état de champ ***B*** dans cet autre espace jusqu'à atteindre un maximum dans cet espace, achevant ainsi le premier cycle de l'oscillation électromagnétique stationnaire pour ensuite entrer à nouveau dans l'espace-Y afin d'initier le cycle suivant.

Tel que développé à la référence [53], du point de vue vectoriel, cette paire de charges opposées peut être représentée par une paire de vecteurs d'état de champ ***E*** orientés de façon opposée, orientés de manière à représenter leur tendance à s'éloigner l'un de l'autre, leur énergie cinétique et leur vitesse augmentant progressivement en fonction de l'inverse de la distance décroissante qui les sépare, cette énergie passant à un état de champ ***B*** perpendiculaire (**Figure 5a**), également représenté par une paire de vecteurs orientés de manière opposée et agissant perpendiculairement par rapport à la paire de vecteurs de l'état de champ ***E***, pour que la symétrie soit maintenue.

Lorsque toute l'énergie du champ ***E*** a transité vers l'état de champ ***B*** pour être momentanément immobilisée à la vitesse zéro, les considérations d'équilibre symétrique imposent que l'énergie qui présente maintenant les caractéristiques de l'état de champ ***B*** commence à revenir vers l'état de champ ***E*** en passant par le *centre-de-présence* du quantum pour compléter le premier cycle d'un mouvement oscillatoire stationnaire à la fréquence correspondant à la quantité d'énergie du quantum, comme le montre la **Figure 5b**.

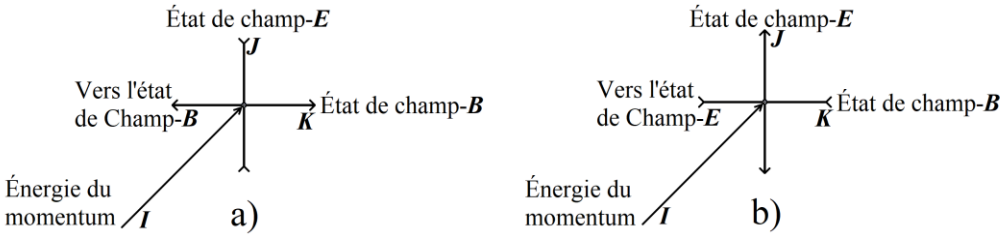


Figure 5: Représentation vectorielle de l'oscillation permanente de la moitié de l'énergie d'un photon entre l'état de champ ***E*** et l'état de champ ***B*** dans ses espaces de configuration, établissant la vitesse maximale symétrique *c* dans chaque direction orthogonale correspondant au produit des vitesses c_J x $c_K=c^2$, qui est en équilibre symétrique moitié-moitié avec l'autre moitié de l'énergie du photon correspondant à son énergie de momentum située dans l'espace X normal propulsant le photon à la vitesse *c* le

 © André Michaud

long de l'axe du vecteur unitaire ***I***//***i***/***-i*** de la **Figure 4b**.

Ce qui est particulièrement intéressant à propos de ces deux paires de vecteurs opposés qui s'induisent l'un l'autre dans le *centre-de-présence* localisé du photon électromagnétique, tel que représenté à la **Figure 5**, c'est qu'ils représentent *une substance énergie qui existe physiquement*, se déplaçant cycliquement d'une intensité maximale à une autre, orientée perpendiculairement à la première. Par structure, nous avons affaire à deux séquences d'accélération perpendiculaires l'une à l'autre, dont la vitesse maximale atteindra *c* mais ne pourra pas la dépasser si la vitesse de la *substance* doit retomber au niveau zéro requis lorsqu'elle est au maximum dans l'une ou l'autre orientation perpendiculaire pendant la phase de décélération de l'oscillation [47].

Étant donné que l'énergie du photon est symétriquement divisée en deux parties égales entre la partie propulsive et la partie oscillant transversalement, qui oscille en mode stationnaire entre les états des champs ***E*** et ***B***, le produit vectoriel croisé des vecteurs ***E*** et ***B*** perpendiculaires l'un à l'autre aboutira automatiquement à la prise en compte exacte du vecteur vitesse du momentum du photon, qui est par structure perpendiculaire aux deux champs, en parfaite conformité avec la théorie électromagnétique de Maxwell telle qu'elle est représentée par l'Équation (14) plus loin. Ainsi, brièvement résumé, la solution a émergé de la triple orthogonalité invariante établie de longue date du produit vectoriel croisé des vecteurs des champs ***E*** et ***B***, qui est si fondamentale en électromagnétisme (**Figure 4a**).

Le problème des vecteurs unitaires ***ijk*** liés à ce produit vectoriel croisé traditionnel ***jE*** × ***-kB*** → ***-iv*** lié au système de coordonnées cartésiennes 3D traditionnel représenté à la **Figure 4a** est que chaque vecteur unitaire ***i***, ***j*** et ***k*** est linéaire et ne peut décrire un volume que lorsque les trois vecteurs sont impliqués pour tenir compte des trois axes requis pour représenter un volume, et que si la *substance énergie* impliquée dans la structure électromagnétique dynamique décrite ci-dessus a réellement une *existence physique*, elle possède également un *volume physique* qui doit être pris en compte tout au long de chaque phase de sa séparation en deux moitiés, ainsi que tout au long de sa séquence d'oscillation permanente entre les phases électromagnétiques ***E*** et ***B*** de son oscillation, ce qu'il est impossible de représenter dans les limites du système de coordonnées traditionnel en 3D de la **Figure 4a**.

Une première étape de la détermination d'un volume réel de la *substance énergie* d'un photon a été l'établissement du plus petit volume sphérique isotrope possible dans lequel l'énergie d'un photon localisé peut être concentrée si son oscillation est théoriquement stoppée, au cours de la première vague de dérivations à partir de la découverte de Marmet publiée à la référence [32], et dont l'équation est la suivante :

$$V = \frac{\alpha^5 \lambda^3}{2\pi^2} \tag{13}$$

Lorsque l'origine du complexe vectoriel trispatial illustré à la **Figure 4b** est conceptuellement située au *centre-de-présence* du quantum d'énergie d'une particule chargée élémentaire ou d'un photon. Cette origine, représentée par le symbole ⊗, peut être perçue comme étant un volume *dV* infinitésimal reliant les trois espaces, à travers lequel la *substance énergie* de la particule peut être perçue comme circulant librement,

 © André Michaud

comme dans des vases communicants, afin d'établir son état d'équilibre symétrique tel que mentionné précédemment et analysé aux Références [3] [4].

La question qui se pose maintenant est la suivante : *Un volume dV de quel milieu sous-jacent ?*

Inspiré par la brillante et fructueuse ligne de pensée de Fourier selon laquelle le taux de flux d'énergie thermique à travers un objet macroscopique homogène devrait également être vrai pour chaque volume infinitésimal *dV* de cet objet, on peut considérer que la vitesse de l'énergie électromagnétique à travers chaque volume infinitésimal *dV* du vide de l'espace au niveau subatomique devrait être la même que celle confirmée dans le vide à nos niveaux macroscopique et astronomique, ce qui signifierait que l'impédance bien établie du vide $Z_0=\sqrt{(\mu_0/\varepsilon_0)}=376.7303135\ \Omega$ s'appliquerait également à l'intérieur d'un tel volume conceptuel infinitésimal *dV* et à travers sa surface infinitésimale *ds*.

De plus, en remplaçant dans la **Figure 4b** l'ensemble de vecteurs unitaires majeurs set $\boldsymbol{I}=\boldsymbol{J}=\boldsymbol{K}=1$, chacun représentant l'un des espaces 3D mutuellement orthogonaux, chaque vecteur unitaire majeur étant égal à 1 *par définition*, par un ensemble de vecteurs unitaires majeurs $\boldsymbol{I}=\boldsymbol{J}=\boldsymbol{K}=\sqrt{-1}$, c'est-à-dire la version de l'ensemble de vecteurs unitaires majeurs utilisé dans le quaternion de Hamilton, chacun égal *par structure* à $1\angle 90°$ selon la définition de Caspar Wessel [55], tel qu'analysé dans la Référence [54], permettra de séparer l'espace-X normal *réel* des espaces de configuration électromagnétiques *complexes* Y et Z (**Figure 4c**), qui seront discutés plus loin.

Pour les lecteurs familiers des quaternions de Hamilton, l'expansion de la géométrie trispatiale se déroule mathématiquement de la manière suivante. En fixant *a* à zéro dans la définition standard de l'équation du quaternion de Hamilton $H=a\cdot 1+b\boldsymbol{i}+c\boldsymbol{j}+d\boldsymbol{k}$, on supprime en fait l'axe réel de la structure du quaternion, laissant derrière les trois vecteurs unitaires orthogonaux pivotés *du système de coordonnées du quaternion* $H_0=H_{(a=0)}=b\boldsymbol{i}+c\boldsymbol{j}+d\boldsymbol{k}$.

Pour les lecteurs qui ne sont pas familiers avec les concepts de l'axe imaginaire du plan complexe, du système de coordonnées des quaternions et de la signification géométrique des vecteurs unitaires définis comme $\sqrt{-1}=1\angle 90°$, c'est-à-dire un vecteur de longueur 1 pivoté de 90° par rapport à une direction précédemment définie, ces concepts sont complètement mis en perspective dans la Référence [54], mais notez que la compréhension de ces concepts n'est nécessaire que pour comprendre pourquoi le *produit vectoriel croisé* des deux vecteurs unitaires majeurs complexes ***J*** et ***K*** des espaces Y et Z aboutit au vecteur unitaire majeur ***I*** de l'espace-X devenant mathématiquement "réel" et reconvertit l'espace vectoriel ***I*** en un système de coordonnées cartésiennes 3D normal, cartographié dans un espace 3D normal, et pourquoi l'orientation du vecteur d'énergie dynamique résidant dans l'espace-X normal est inversée pour s'appliquer à la surface infinitésimale *ds* de volume *dV* située à l'origine **O** du *centre-de-présence* de chaque quantum d'énergie quantifiée.

Une compréhension complète du modèle trispatial peut être établie même si le lecteur n'est pas curieux de comprendre pourquoi $\boldsymbol{i}=\boldsymbol{j}=\boldsymbol{k}=\sqrt{-1}=1\angle 90°$, ce qui peut être compris séparément en lisant le livre merveilleusement bien écrit *The Story of* $\sqrt{-1}$ de Paul J. Nahin [55].

 © André Michaud

7. Séparation de l'espace-X normal réel des espaces complexes de configuration électromagnétique complémentaires Y et Z

La séparation logique de l'espace-X 3D *réel* et de ses espaces de configuration électromagnétique *complexes* est déjà établie par le remplacement de l'ensemble des vecteurs unitaires cartésiens majeurs ***IJK***=1 nouvellement établi par l'ensemble des vecteurs unitaires complexes majeurs ***I=J=K***=√-1=1∠90° correspondant, et en actualisant le *produit vectoriel croisé* des vecteurs majeurs ***J*** et ***K*** tel qu'analysé dans la Référence [54], étant donné que l'espace vectoriel du quaternion lié à l'ensemble de vecteurs unitaires complexes mineurs ***i=j=k***=√-1=1∠90° se trouve déjà, par définition, hors de l'espace-X normal *réel*, ce qui fait que les espaces complexes Y et Z de la configuration trispatiale se trouvent conceptuellement également hors de l'espace-X normal *réel*.

Par conséquent, lorsque l'on centre l'origine **O** d'un complexe vectoriel trispatial sur le *centre-de-présence* du quantum d'énergie d'une particule localisée telle qu'un photon ou un électron, le vecteur unitaire majeur complexe ***I*** résultant du produit croisé des vecteurs unitaires majeurs complexes ***J*** et ***K*** représentant maintenant leurs champs ***E*** et ***B*** se convertit en ***I***=-1, parce que ***J***×***K***=√-1×√-1=-1, ce qui renverse le sens d'application de l'énergie de momentum résidant dans l'espace-X pour le représenter comme appliquant sa pression vers le *centre-de-présence* de l'autre moitié de l'énergie de la particule qui oscille entre l'état de champ ***E*** et l'état de champ ***B***, de l'autre côté de la jonction trispatiale ⊗ à travers laquelle l'énergie de la particule maintient symétriquement son équilibre électromagnétique stationnaire tel qu'établi à la Référence [54] et représenté avec la **Figure 6**, soit une énergie de momentum qui rend compte de la vitesse d'une particule élémentaire, qui est *c* pour les photons électromagnétiques en mouvement libre, et inférieure à *c* pour les particules chargées et massives, dont le photon-porteur rend également compte de leur inertie vers l'avant.

Tel que dérivé dans la Référence [32], nous savons que pour les photons électromagnétiques en mouvement libre :

$$\boldsymbol{E}=\frac{\pi e}{\varepsilon_0\alpha^3\lambda^2} \quad \boldsymbol{B}=\frac{\mu_0\pi ec}{\alpha^3\lambda^2} \qquad \frac{\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{B}}=c \tag{14}$$

Et pour les électrons chargés et massifs en mouvement libre :

$$\boldsymbol{E}=\frac{\pi e}{\varepsilon_0\alpha^3}\frac{\left(\lambda^2+{\lambda_C}^2\right)\sqrt{\lambda_C\left(4\lambda+\lambda_C\right)}}{\lambda^2{\lambda_C}^2\left(2\lambda+\lambda_C\right)} \quad \boldsymbol{B}=\frac{\pi\mu_0 ec\left(\lambda^2+{\lambda_C}^2\right)}{\alpha^3\lambda^2{\lambda_C}^2} \quad \frac{\boldsymbol{E}}{\boldsymbol{B}}=v\langle\langle c \tag{15}$$

Ainsi, l'application de l'ensemble de vecteurs unitaires majeurs ***I***=***J***=***K***=√-1=1∠90° au système de coordonnées XYZ majeur de la **Figure 4c** permet d'effectuer l'opération suivante. Étant donné que le produit de ***J***=√-1 et ***K***=√-1 revient à élever au carré √-1, alors :

$$\boldsymbol{J}\mathrm{Y}\times\boldsymbol{K}\mathrm{Z}=\boldsymbol{I}\mathrm{X} \quad\rightarrow\quad \boldsymbol{J}\mathrm{Y}\times\boldsymbol{K}\mathrm{Z}=\left(\sqrt{-1}\cdot\sqrt{-1}\right)\left(\vec{\mathrm{Y}}\times\vec{\mathrm{Z}}\right)=-1\cdot\mathrm{X}_{\boldsymbol{I}} \tag{16}$$

Et tel que mis en perspective dans la Référence [54], étant donné que le troisième vecteur unitaire majeur affecté ***I***=√-1=1∠90° a été établi entre l'origine **O** et la distance 1 le long de l'axe-X majeur identifiant l'espace-X normal, l'inversion de la direction d'application du vecteur unitaire majeur se produira entre l'origine **O** et la distance 1, conduisant toute quantité dirigée liée au vecteur unitaire majeur ***I*** à s'appliquer en

 © André Michaud

direction de l'origine du système de coordonnées XYZ majeur, à l'origine duquel se trouve le volume infinitésimal *dV* ⊗ contre la surface ds duquel l'énergie du momentum située dans l'espace-X sera maintenant montrée comme appliquant sa pression, tel que représenté avec la **Figure 6**, sur le côté complexe duquel se trouve l'autre moitié de l'énergie de la particule qui oscille électromagnétiquement entre l'espace-Y électrostatique et l'espace-Z magnétostatique, alternant entre l'état de champ ***E*** et l'état de champ ***B***, tel que représenté avec l'Équation (17) trispatiale et la **Figure 7** pour le photon, tel qu'analysé à la Référence [54].

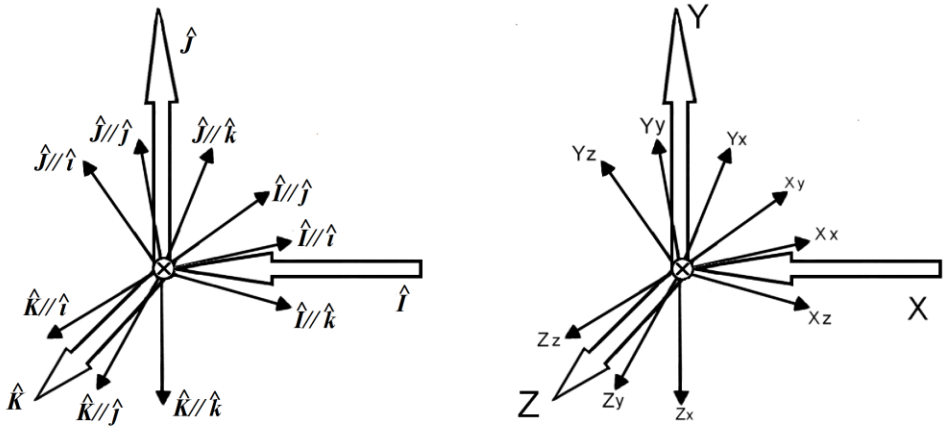


Figure 6: Coordonnées de la géométrie trispatiale avec le vecteur principal *réel* ***I*** =-1 de l'espace-X normal exerçant une pression sur l'origine **O** du système de coordonnées où se rencontrent les deux vecteurs électromagnétiques *complexes* en produit vectoriel croisé ***J*×*K***.

$$\vec{E}_{\vec{I}\,\vec{i}} = \left(0, \left(-\boldsymbol{I}//\boldsymbol{i}\right)\frac{hc}{2\lambda}\right)_X + \left[\begin{array}{l} \left\{\begin{array}{l} \left(0, \left(\boldsymbol{J}//\boldsymbol{j}\right)\frac{e^2}{4C}\right) \\ +\left(0, \left(\boldsymbol{J}// - \boldsymbol{j}\right)\frac{e^2}{4C}\right) \end{array}\right\}_Y \cos^2(\omega t) + \\ \left\{\begin{array}{l} \left(0, \left(\boldsymbol{K}//\boldsymbol{ijk}\right)\frac{L\,i^2}{2}\right) \\ +\left(0, \left(\boldsymbol{K}// - \boldsymbol{i} - \boldsymbol{j} - \boldsymbol{k}\right)\frac{L\,i^2}{2}\right) \end{array}\right\}_Z \sin^2(\omega t) \end{array}\right] \tag{17}$$

 © André Michaud

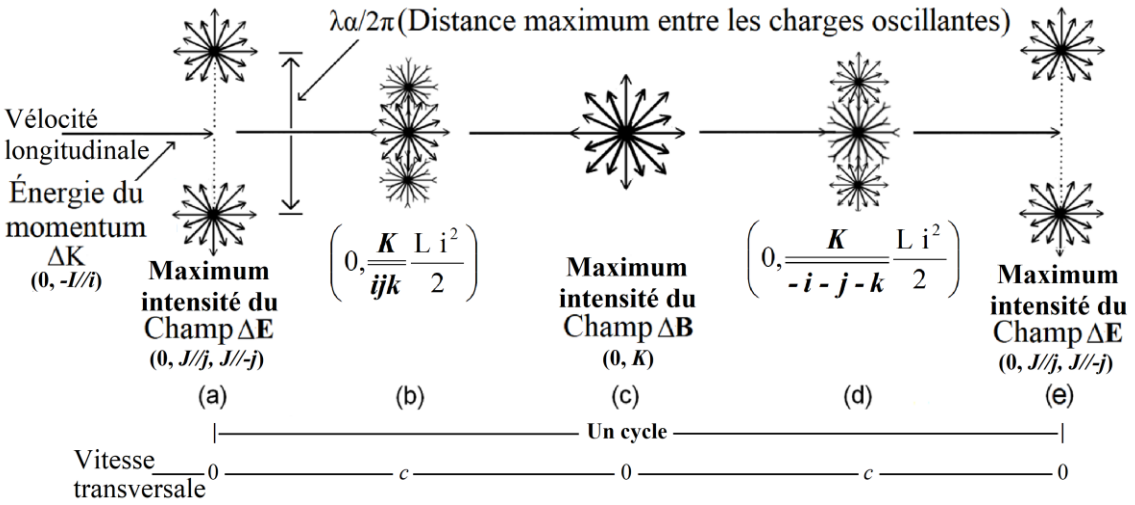


Figure 7: Représentation du cycle d'oscillation transversale stationnaire du demi-quantum électromagnétique d'un photon en mouvement libre ou du photon porteur d'un électron.

8. Le découplage d'un photon électromagnétique de 1,022 MeV en une paire électron-positon

La nature de la *substance énergie* électromagnétique dont est constituée la masse de l'électron est devenue plus claire dans les années 1930 lorsqu'Anderson a découvert que des paires électron-positon étaient produites lorsque des photons gamma dépassant le seuil d'énergie de 1,022 MeV pouvaient être déstabilisés pour se convertir en une telle paire, au cours de ses expériences avec chambre à bulles [22], soit une quantité d'énergie au moins deux fois supérieure aux 0,511 MeV dont est constituée la masse au repos invariante de l'électron, ce qui a confirmé que cette masse au repos était effectivement constituée de la même *substance énergie* électromagnétique que celle des photons électromagnétiques.

Maintenant que l'espace-X normal a été clairement séparé de ses deux espaces de configuration complémentaires, la table est mise pour procéder à une présentation sommaire – analysée en profondeur à la Référence [54] – de la mécanique de découplage de photons électromagnétiques en paires électron-positon massives, car ce découplage ne se produit pas dans l'espace-X normal comme on pourrait s'y attendre, mais dans l'espace-Y électrostatique tel que représenté par la **Figure 8**, lequel, tout comme le plan complexe et l'espace vectoriel du quaternion, est conceptualisé comme résidant en dehors de l'espace-X 3D normal.

Pour illustrer la mécanique de cette conversion, la **Figure 8** ne représente pas l'énergie du champ magnétique $\Delta \boldsymbol{B}$ du photon, puisque cette énergie sera considérée au moment où elle s'est complètement convertie en charges oscillantes jumelles du photon, représentées à leur valeur maximale dans l'espace-Y.

Les Références [8] [9] analysent la relation parallèle entre la force de Coulomb et la force de rappel de Hooke applicable au découplage d'un tel photon, établissant l'origine possible de la force de Coulomb et l'identification de la charge unitaire de l'électron comme étant l'intensité de charge maximale atteignable dans l'univers, ce qui la définit

© André Michaud

comme la constante fondamentale de l'intensité de rappel élastique dans l'univers. La Référence [5], pour sa part, analyse en détail la mécanique de découplage des paires électron-positon dans la géométrie trispatiale.

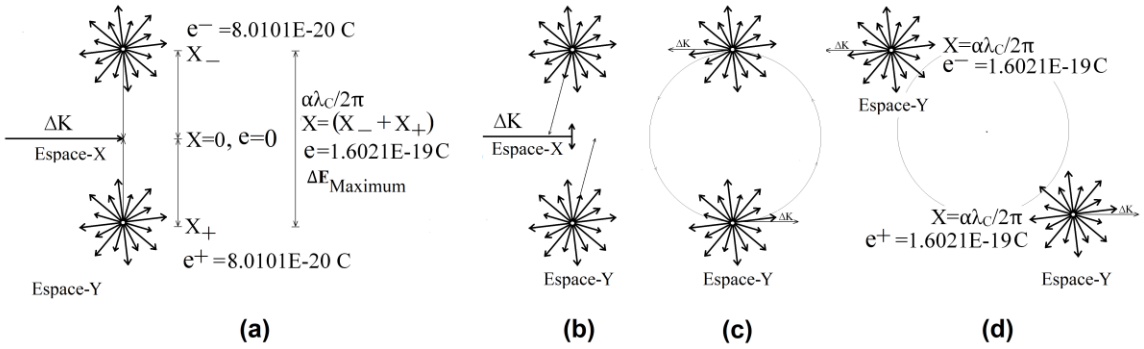


Figure 8: Découplage d'un photon de 1,022+ MeV en une paire électron-positon.

La **Figure 5b** illustre le fait que la seule source locale d'énergie de réserve pour alimenter le processus de découplage de la paire dans l'espace-Y est l'énergie du momentum du photon en cours de découplage. Étant donné que la paire de demi-photons précédemment oscillants du photon en cours de découplage n'avait initialement qu'une quantité d'énergie de 0,2555 MeV chacun au début de la trajectoire circulaire de découplage, l'énergie manquante nécessaire pour qu'ils atteignent chacun les 0,511 MeV requis pour que la vitesse d'échappement *c* soit atteinte dans l'espace-Y et pour que la séparation réelle se produise, a dû être puisée dans la seule source disponible, à savoir l'énergie de momentum du photon situé dans l'espace-X, comme le montre la **Figure 5b**.

Quelle que soit la quantité d'énergie du photon en cours de découplage qui demeure en excès de la quantité exacte de 1,022 MeV, qui a servi à établir les masses au repos des deux particules, on sait qu'elle est symétriquement partagée entre les deux particules massives qui s'échappent, parce que les vitesses égales des deux particules dans des directions opposées ont été mesurées comme correspondant chacune à la moitié de cette énergie restante.

Par exemple, d'après la capture d'un tel événement sur une photographie de la chambre à bulles du FERMILAB lors de l'expérience E632 présentée précédemment à la **Figure 1**, l'énergie/vitesse du positon qui a heurté de plein fouet un électron à la position **A**, convertissant les masses les deux particules en un photon unique d'une énergie supérieure à 1,022 MeV, a été observée comme se découplant quelques fractions de seconde plus tard au point **B**, en se reconvertissant en une paire électron-positon s'éloignant l'un de l'autre avec des vitesses égales, un événement qui a été heureusement capturé sur la même photographie.

Ces deux quantités d'énergie séparée entre les deux particules ne resteront cependant pas sans structure. Grâce à la découverte de Marmet, nous savons qu'en plus de l'énergie du momentum qui propulse chaque particule, cette énergie porteuse ajoute sa propre contribution au champ magnétique $\boldsymbol{B}$ invariant de la masse au repos de l'électron – correspondant à la moitié de la masse au repos de l'électron – sous forme d'un incrément de champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$ [31] [32]. Nous savons donc que cette énergie partagée entre les deux particules s'auto-réorganise pour établir cet incrément de champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$

 © André Michaud

lié à la vitesse en plus de l'énergie de momentum qui établit cette vitesse pour chacune d'elles.

En raison des propriétés d'*incompressibilité*, de *fluidité* et d'*élasticité* que doit posséder la *substance énergie* fondamentale et de sa *tendance-à-toujours-demeurer-en-mouvement* identifiées à la Référence [3], nous savons que pour que cette énergie nouvellement partagée entre les deux particules localisés obéissent à l'ensemble des conditions que de Broglie a déterminées comme étant requises pour que les photons localisés existent et obéissent aux équations de Maxwell, la seule manière pour que cette énergie développe l'incrément de champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$ identifié par Marmet, ainsi que son complément obligatoire $\Delta\boldsymbol{E}$, en plus de leur énergie de momentum, est que ces quantités d'énergie cinétique s'auto-organisent selon la structure électromagnétique illustrée par la **Figure 5**. Le processus mécanique d'établissement de cette structure électromagnétique dans la géométrie trispatiale est décrit à la Référence [4] et conduit à l'équation (17) illustrée par la **Figure 7**.

Le même processus d'auto-structuration se produira pour les deux demi-photons en cours de séparation dont l'énergie est passée de 0,2555 MeV au niveau de séparation requis de 0,511 MeV, devenant ainsi une paire d'électron et de positon massifs et chargés se déplaçant séparément, comme illustré à la **Figure 8d**, ce qui entraînera une réorganisation de l'énergie initialement accumulée dans l'espace-Y pour chaque particule, selon le schéma illustré à la **Figure 5**, qui peut maintenant être représenté par l'Équation (18) et la **Figure 9**, tel qu'initialement développé à la Référence [42].

$$m_e c^2\, \vec{\boldsymbol{I}}/\!/\, \vec{\boldsymbol{0}} = E\, \vec{\boldsymbol{I}}/\!/\, \vec{\boldsymbol{0}} = \left(0, \left(-\boldsymbol{J}/\!/\boldsymbol{i}\right)\frac{hc}{2\lambda_C}\right)_Y + \left[\begin{array}{l} \left\{\begin{array}{l}\left(0, \left(\boldsymbol{I}/\!/\boldsymbol{j}\right)\dfrac{\boldsymbol{v}^2}{4C_{\lambda_C}}\right) \\ +\left(0, \left(\boldsymbol{I}/\!/\ -\boldsymbol{j}\right)\dfrac{\boldsymbol{v}^2}{4C_{\lambda_C}}\right)\end{array}\right\}_X \cos^2(\omega t) + \\ \left\{\begin{array}{l}\left(0, \left(\boldsymbol{K}/\!/\boldsymbol{ijk}\right)\dfrac{\left(L\ i^2\right)_{\lambda_C}}{2}\right) \\ +\left(0, \left(\boldsymbol{K}/\!/\ -\boldsymbol{i}-\boldsymbol{j}-\boldsymbol{k}\right)\dfrac{\left(L\ i^2\right)_{\lambda_C}}{2}\right)\end{array}\right\}_Z \sin^2(\omega t) \end{array}\right] \qquad (18)$$

 © André Michaud

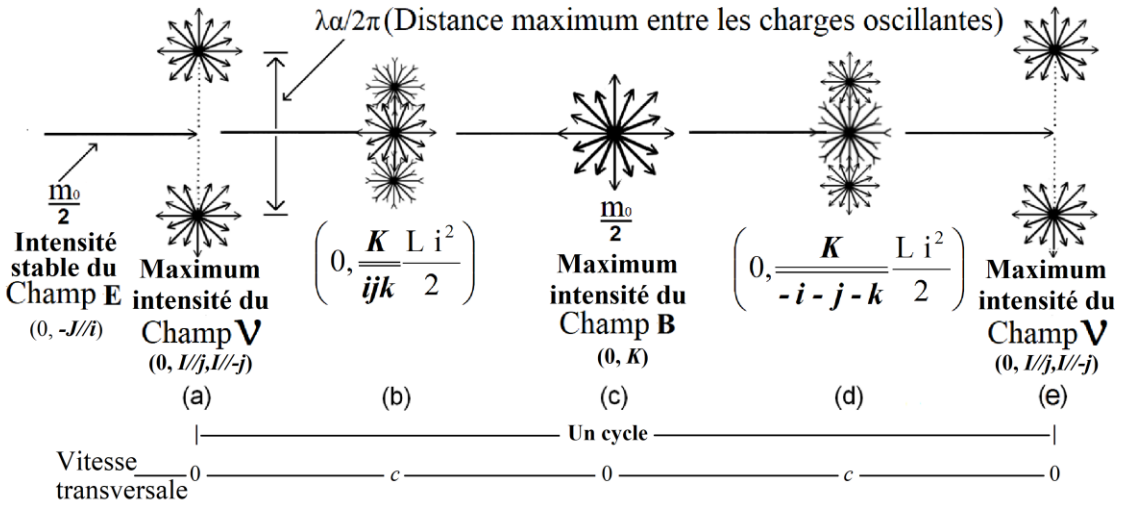


Figure 9: Représentation de l'oscillation cyclique de la moitié de l'énergie de la masse au repos de l'électron entre son état magnétique ***B*** et son état de double charge neutrinique ***v***, tandis que l'autre moitié constitue l'énergie invariante de son champ ***E*** qui établit sa charge invariante en appliquant vectoriellement sa pression en direction de son *centre-de-présence* ⊗ qui le sépare de l'espace-X.

Tel que développé à la Référence [5], l'Équation (18) décrit la structure électromagnétique interne de l'électron ainsi que celle du positon, à l'exception de la direction vectorielle de leur énergie de champ E dans l'espace-Y. Alors que cette direction est (0,(-***J***//***i***)) pour l'électron dans le terme $()_Y$ de l'Équation (18), elle devient (0,(-***J***//-***i***)) pour le positon dans ce terme, ce qui explique le fait que leurs énergies de champ **E** exercent leur pression dans des directions opposées le long de l'axe Y-x depuis l'intérieur de l'espace-Y contre la surface *ds* du volume *dV* de leur *centre-de-présence* ⊗ à travers lequel l'énergie du quantum établit son équilibre dynamique entre les trois espaces, soit entre l'espace-X *réel* et les espaces *complexes* Y et Z de configuration, cette pression représentant l'intensité invariante des charges électriques unitaires opposées de l'électron et du positon, et l'intensité de l'énergie de champ ***E*** de l'électron et du positon, tels que perçus de l'intérieur de l'espace-X normal.

La manière avec laquelle le photon-porteur qui a maintenant développé son propre volume *dV* infinitésimal à son *centre-de-présence* ⊗ nouvellement établi entre les 3 espaces du son propre complexe de coordonnées trispatiales interagira avec le *centre-de-présence* ⊗ également nouvellement établi de l'électron ou du positon, chacun nouvellement établis entre les 3 espaces de leur propre complexes de coordonnées trispatiales sera analysée dans la **Section 12** plus bas.

9. Représentation de l'espace normal et des deux espaces complexes de configuration électromagnétique dans la géométrie trispatiale

Dans la première décennie du 20e siècle, la charge unitaire de l'électron était considérée comme une caractéristique secondaire de l'électron, qui était encore considéré

 © André Michaud

comme un très petit corps rigide sans structure interne du point de vue de la mécanique classique de la même manière que les masses macroscopiques, leurs masses totales étant encore considérées comme la caractéristique des corps pondérables sur laquelle la gravitation agissait. La compréhension des structures internes des atomes était encore trop vague à l'époque pour permettre de comprendre les masses macroscopiques autrement, c'est-à-dire sans structure interne claire, si ce n'est qu'elles étaient des accumulations d'atomes dont la structure interne potentielle était encore inconnue.

Aussi, selon la perspective de la mécanique classique définie par Newton, la seule manière connue permettant de mettre une masse en mouvement, était soit de lui communiquer une *impulsion initiale*, soit de la soulever du sol jusqu'à une certaine hauteur, supposément lui faisant accumuler une certaine quantité d'*énergie potentielle*, et de la laisser tomber vers le sol, dans ce dernier cas, la force de gravitation telle que définit par Newton entrait en action en faisant accélérer le corps selon la formula d'accélération fondamentale *F=ma*, lui faisant supposément transformer l'*énergie potentielle* accumulée en *énergie cinétique*, qui était alors libérée au moment du choc contre le sol.

Le problème avec la théorie de la gravitation telle que définit par Newton était que la cause de la mise en mouvement des planètes du système solaire et de leur stabilisation sur leurs orbites de toute évidence stables n'était pas expliquée par sa théorie malgré qu'elle permette un calcul assez précis de leurs orbites. L'identification de cette cause était devenue une préoccupation majeure de la communauté physique au début du 20^{ième} siècle.

Mais l'étendue trop limitée des connaissances disponibles à propos de l'énergie électromagnétique quantifiée à l'époque a empêché une analyse plus claire des données de Kaufmann, qui aurait permis de comprendre que l'induction continue d'énergie dans les particules élémentaires chargées et massives, qui permet de les mettre en mouvement et de contrôler leur vitesse, offrait une alternative prometteuse à explorer dans la recherche d'un remplacement au seul moyen précédemment identifié d'une impulsion initiale pour mettre un corps pondérable en mouvement, qui pourrait également s'appliquer au mouvement planétaire. Einstein a alors conçu la solution alternative de sa théorie de la relativité générale au cours de la deuxième décennie du 20e siècle, qui a immédiatement été approuvée par la communauté en apportant enfin une méthode logique par laquelle les corps planétaires pouvaient être mis en mouvement et maintenus en mouvement sur leurs orbites.

Einstein était arrivé à la conclusion que tous les corps pondérables dans l'univers devaient être en mouvement inertiel les uns par rapport aux autres et conçut qu'une courbure de l'espace-temps à quatre dimensions récemment définie par Minkowski [56] [57] – qui concevait le temps comme une quatrième dimension complémentaire aux dimensions 3D de l'espace en empruntant la dimension $\boldsymbol{i}=\sqrt{-1}$ du plan complexe [55] – en fonction de chacune de leurs masses, qui pourrait alors expliquer leur tendance observée à se rapprocher les unes des autres, leur accélération sur leurs trajectoires inertielles et augmentation associée de leur énergie de momentum étant alors causées et influencées par la courbure du tissu de l'espace-temps conceptualisé comme étant causée par toutes les autres masses astronomiques. Le traitement vectoriel conçu par David Hilbert à la même époque s'est avéré utile pour décrire ces états de mouvement sous la forme d'un

 © André Michaud

champ vectoriel cartographié sur l'ensemble de l'univers.

Inspirée par le système de coordonnées orthogonales du quaternion pour développer plus avant la géométrie de l'espace selon la ligne de pensée de de Broglie mise en perspective précédemment, la géométrie trispatiale s'est naturellement imposée comme une méthode permettant l'établissement d'un champ de vecteurs commun aux mécaniques cinématique et électromagnétique, tel que décrit de manière générale aux les références [8] [9].

D'une manière similaire à celle utilisée par Einstein, le *centre-de-présence* de chaque particule chargée élémentaire ou photon peut être conceptualisé comme étant situé au centre d'un complexe vectoriel trispatial. Mais, au lieu d'être en mouvement inertiel, chaque *centre-de-présence* peut être considéré comme étant en interaction de force avec tous les autres en fonction de l'inverse du carré des distances qui les séparent, conformément à la loi de Coulomb, et en induction adiabatique mutuelle d'énergie [15] [16] dans chaque particule en fonction de l'inverse simple de ces distances, les deux cas étant couverts par la loi d'interaction de Coulomb entre les charges de chaque particule élémentaire, et par conséquent en interaction entre chacune de leurs masses, comme nous le verrons.

La moitié *momentum* $\Delta\boldsymbol{K}$ de cette énergie adiabatique induite dans le photon-porteur de chaque particule chargée explique le mouvement de chacune d'entre elles dans la géométrie trispatiale au lieu d'une courbure de l'espace-temps pour le mouvement inertiel dans la théorie de la Relativité Générale d'Einstein, tandis que l'autre moitié de leur énergie adiabatique induite, qui oscille transversalement, explique simultanément l'augmentation $\boldsymbol{\Delta B}$ de leur champ magnétique et l'augmentation de masse Δm qui leur sont associées en relation avec la vitesse soutenue par l'énergie $\Delta\boldsymbol{K}$ du momentum, et que ni la Relativité Restreinte ni la Relativité générale ne prennent en compte.

Alors que les champs vectoriels traditionnels représentent les particules massives élémentaires comme des points mathématiques sans dimension, souvent perçus dans la communauté comme des singularités existant physiquement dans un champ électromagnétique/éther sous-jacent, correspondant à chacun de leurs *centres-de-présence*, le champ vectoriel trispatial permet de les représenter non pas comme des singularités, mais avec leurs *centres-de-présence* conçus comme des volumes *dV* infinitésimaux symbolisés par ⊗ dans l'espace-X 3D normal, à travers lesquels l'énergie de la particule trouve son équilibre naturel en se répartissant symétriquement entre l'espace-X normal *réel* et les espaces Y et Z *complexes*, et peut librement osciller entre un espace-Y 3D électrostatique et un espace-Z 3D magnétostatique, tous deux perpendiculaires l'un à l'autre et à l'espace-X, tandis que leur énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ demeure dans l'espace-X normal pour définir leur vitesse en appliquant une pression contre la surface infinitésimale *ds* qui peut être conceptualisée comme correspondant à ce volume infinitésimal *dV*, établissant ainsi l'équilibre électromagnétique interne triplement perpendiculaire mandaté pour harmoniser les quanta d'énergie localisés avec les équations de Maxwell.

Cette surface *ds* située au *centre-de-présence* de chaque particule, c'est-à-dire au centre même d'équilibre de la distribution symétrique de l'énergie de la particule entre les trois espaces du complexe trispatial, contre laquelle l'énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ d'un photon libre en mouvement ou du photon-porteur d'une particule massive rencontrerait

 © André Michaud

une résistance insurmontable et contre laquelle elle appliquerait la pression qui cause le mouvement de tout le quantum, naît du simple fait que la structure des trois espaces agit comme des vases communicants au travers de ce volume *dV*, et que l'énergie du photon ou photon-porteur ne peut être séparée par symétrie entre les trois espaces autrement qu'en parties égales entre son énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ dans l'espace-X et son autre moitié, qui oscille entre les espaces Y et Z situés de l'autre côté de cette surface *ds* intermédiaire, perpendiculairement à la direction d'application de l'énergie du momentum de l'autre moitié, tel que représenté à la **Figure 5**, qui est un état d'équilibre symétrique qui résistera systématiquement au passage de plus d'énergie du côté des espaces Y et Z de la jonction trispatiale.

Comme tous les champs vectoriels précédents, ce champ vectoriel idéalisé est né de la définition ontologique de Gauss d'un champ ***E*** *potentiel* en supprimant l'une des deux charges ponctuelles de l'équation de Coulomb :

$$F = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{E} = \frac{F}{q_1} = \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \tag{19}$$

Dans lequel q_1 et q_2 ont été initialement définis comme des *charges ponctuelles mathématiques* par le physicien français Augustin de Coulomb en 1784 alors qu'il étudiait la force d'attraction et de répulsion entre deux *charges ponctuelles*, c'est-à-dire des corps chargés dont les dimensions ont été rendues relativement très petites par rapport à la distance d qui les sépare, et dont l'angle de parallaxe relatif qui en résulte leur permet de se comporter comme des *charges ponctuelles* satisfaisantes à des fins de calcul [58].

Ce type de dispositif expérimental macroscopique destiné à tirer des conclusions applicables à des particules infinitésimales se comportant comme des points a été prouvé historiquement par Newton [59], qui a confirmé qu'une distribution de masse à symétrie sphérique se comporte de la même manière qu'une particule ponctuelle située en son centre.

9.1 Conception traditionnelle de la charge unitaire

Incidemment, Coulomb confirmait expérimentalement en 1784 la même loi d'interaction d'une force proportionnelle à l'inverse du carré de la distance séparant des charges ponctuelles que Newton avait déjà confirmée cent ans plus tôt, en 1687, dans son célèbre ouvrage *Philosophiæ Naturalis Principia Mathematica*, comme s'appliquant entre des masses astronomiques à partir de son analyse de la troisième loi de Johannes Kepler selon laquelle "*le cube du rayon moyen d'une orbite planétaire dans le système solaire est proportionnel au carré de la période du corps en orbite*" [60], que Kepler a établie empiriquement en 1618 à partir des données soigneusement recueillies pendant de nombreuses années par Tycho Brahe sur les orbites planétaires observables dans le système solaire.

Ainsi, la preuve mathématique de Newton de la loi de la force inverse du carré en fonction de la distance entre les masses pondérables astronomiques et la preuve mathématique de Coulomb de la même loi de force d'interaction en fonction de la distance entre des charges électriques ponctuelles étaient toutes deux fondées sur l'étude

 © André Michaud

de données expérimentales soigneusement collectées, mais aucune relation n'avait encore été établie entre les *charges* électriques ponctuelles et les *masses* des corps astronomiques.

La première relation entre une *véritable charge* se comportant comme un point et une *véritable masse* se comportant comme un point comme étant *deux caractéristiques du même corps pondérable* fut établie bien plus tard, lorsque J.J. Thompson découvrit l'électron en 1897, dont la *charge unitaire invariante* et la *masse au repos invariante* furent confirmées expérimentalement en 1913 par Millikan, comme indiqué précédemment.

La même technique utilisée par Coulomb et validée précédemment par Newton a également été utilisée en 1998 pour confirmer expérimentalement la loi d'interaction inverse du cube de la distance séparant deux champs magnétiques dont les deux pôles coïncident avec le centre géométrique de chaque aimant, et dont les détails ont été formellement publiés en 2013 [61], pour simuler le comportement identique supposé des champs magnétiques de deux électrons au comportement ponctuel, dont les deux pôles magnétiques de chacun d'entre eux ne pouvant être localisés par structure qu'au niveau de leurs *centres-de-présence* ponctuels, tel que prouvé expérimentalement un an plus tard lors de l'expérience de Kotler et al. en 2014 avec de vrais électrons [62].

Selon la Référence [58], à la suite des expériences de Coulomb, la définition de la loi de Coulomb a été établie comme suit :

> *" La force d'attraction ou de répulsion entre deux charges ponctuelles est directement proportionnelle au produit des charges et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare. "*

Il a également été déterminé que lorsque deux ou plusieurs charges ponctuelles exercent simultanément des forces sur une troisième charge ponctuelle, la force totale subie par cette troisième charge est la *somme vectorielle* des forces que les deux premières charges ponctuelles exerceraient individuellement, ce qui constitue la définition du *Principe de superposition*, qui permet d'appliquer la loi de Coulomb à des réseaux de charges de n'importe quel degré de complexité.

C'est ce qui a incité Gauss à définir le champ électrique $\boldsymbol{E}$ à l'emplacement d'une charge ponctuelle donnée en divisant la force de Coulomb par la magnitude de l'une des charges ponctuelles définies par Coulomb dans son équation $q_1=e$, laissant ainsi dans l'équation la magnitude potentielle $\boldsymbol{E}$ de la *somme vectorielle* $q_2=Q_2=\mathrm{N}\cdot e$ de toutes les autres charges ponctuelles qui auraient agi sur la charge d'essai q_1 désormais absente :

$$\boldsymbol{E}=\frac{F}{q_1}=\frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \quad \rightarrow \quad \boldsymbol{E}=\frac{F}{q_1}=\frac{Q_2}{4\pi\varepsilon_0 R^2}=\frac{\mathrm{N}\cdot e}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \tag{20}$$

Étant donné qu'il est clairement établi que la charge unitaire de l'électron est universellement quantifiée à la valeur fixe de e=1,602176462E-19 Coulomb, l'élément Q_2 représente un nombre quelconque de charges unitaires $\mathrm{N}\cdot e$, N pouvant varier de 1, comme dans l'équation originale de Coulomb, au nombre total d'autres charges élémentaires dans l'univers :

$$\boldsymbol{F}=e\boldsymbol{E}=e\frac{\mathrm{N}\cdot e}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \tag{21}$$

 © André Michaud

Lorsque N est fixé à 1 dans l'équation (21), ce seul point de charge restant est défini comme la "charge de test", représentable comme un point mathématique sans dimension à partir duquel l'intensité du champ *potentiel* ***E*** associé diminuerait de façon omnidirectionnelle à partir d'un niveau d'intensité théorique infini à l'emplacement de la charge de test, en fonction inverse du carré de l'augmentation de la distance.

Cette conception mathématique d'une charge ponctuelle sans dimensions idéalisée introduisit cependant un élément de confusion lorsqu'appliquée à l'électron, qui possède une charge au comportement ponctuel mais une masse clairement non infinie, ces deux caractéristiques étant localisées en son *centre-de-présence* ⊗, comme Patrick Cornille le remarque dans sa synthèse sur l'état de la théorie électromagnétique en 2003 [63]:

> *"If electrons are strictly point-like objects, their self energy is infinite and therefore they must have infinite mass because of the equivalence between energy and mass."* Patrick Cornille 2003 ([63], p. 261).

> *"Si les électrons sont des objets strictement ponctuels, leur énergie propre est infinie et ils doivent donc avoir une masse infinie en raison de l'équivalence entre énergie et masse."*

À des fins de visualisation, l'augmentation exponentielle avec la diminution de la distance du champ de force potentiel qui peut être conceptualisé comme atteignant une intensité maximale à l'emplacement de chaque charge ponctuelle considérée sera représentée visuellement dans la **Figure 10** et les figures suivantes, même si elle n'est que *virtuelle*, de sorte que le lecteur demeure conscient de la force de Coulomb qui est en action permanente entre de vraies particules chargées dans la réalité physique.

Cette conceptualisation des charges ponctuelles, telle que représentée par la **Figure 10**, est bien sûr considérée comme problématique, comme l'a mentionné Cornille, et est traditionnellement traitée au moyen de la méthode de renormalisation ; elle est considérée comme complètement résolue si l'électron est considéré comme un *paquet d'ondes* en Mécanique Quantique, même si la solution du *paquet d'ondes* conçue par de Broglie dans sa thèse de 1924 [29] [30] a été établie à partir d'une fréquence erronée associée à l'*onde de phase* de l'électron, c'est-à-dire la moitié de la fréquence de l'énergie qui est réellement induite par la force de Coulomb dans la charge unitaire de l'électron à la distance du rayon de Bohr du proton dans le modèle de Bohr de l'atome d'hydrogène, tel qu'il est analysé en profondeur à la Référence [20].

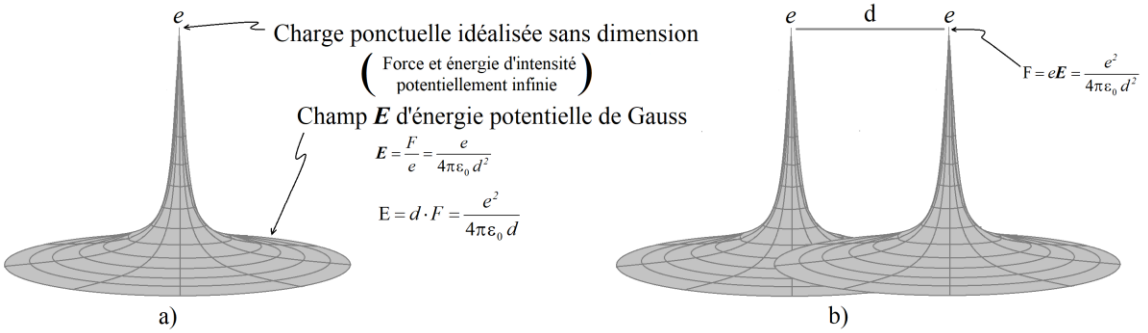


Figure 10: Charge ponctuelle de test et représentation *potentielle* du champ ***E*** tel que conceptualisé par Gauss, et interaction théorique de charges ponctuelles tel qu'établi initialement par Coulomb.

 © André Michaud

De telles représentations ponctuelles de charges dénuées de dimension équivalent évidemment à des singularités théoriques. Le lecteur doit également garder à l'esprit que la **Figure 10** ne fournit qu'une représentation simplifiée de ces singularités en raison de la difficulté de représenter des concepts 3D sur une feuille ou un écran plat et qu'en réalité, ce qu'il faut visualiser mentalement, c'est que la variation d'intensité serait *omnidirectionnelle* à partir de ce point sans dimension idéalisé, ce qui signifie que l'intensité *diminuerait sphériquement dans toutes les directions* de l'espace autour de ce point comme une fonction inverse du carré de la distance croissante pour la *force potentielle* ou le *champ* ***E*** *potentiel*, et comme simple fonction inverse de la distance croissante pour l'*énergie potentielle* impliquée. La représentation de l'énergie potentielle du champ ***E*** de la **Figure 10** doit donc être considérée comme un petit segment du concept sphérique tridimensionnel qui ne peut pas être illustré directement sur une surface plane.

Maintenant, la définition par Gauss d'un tel champ ***E*** *potentiel* centré sur une seule charge de test localisée, comme représenté à la **Figure 10a**, établit *de facto* qu'un champ ***E*** *potentiel* similaire peut être conceptualisé autour de n'importe quelle charge élémentaire isolée dans l'univers. Par conséquent, un second champ ***E*** *potentiel* peut également être conceptualisé comme étant centré sur une seconde charge qui serait introduite à n'importe quelle distance de la charge d'essai initiale, comme représenté à la **Figure 10b**, et l'Équation (21) de la force de Coulomb initiale est rétablie entre les deux charges concernées conformément à la loi de Coulomb, et la force réelle en action entre les deux charges peut être calculée en une fonction de l'inverse du carré de la distance rectiligne qui les sépare.

$$F = e\boldsymbol{E} = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} \tag{22}$$

9.2 Le système d'unités atomiques

Une mise en garde s'impose ici concernant la valeur de la charge au carré e^2 de l'équation de Coulomb telle qu'elle est utilisée dans ce travail et dans tous les ouvrages de référence techniques tels que la référence complète de Giancoli [64] et également dans certains ouvrages théoriques de référence réputés tels que [65], qui ne doit pas être confondue avec l'"*unité*" e^2 ou q^2 du très déroutant *Système d'unités atomiques* utilisé dans certains ouvrages théoriques tels que [66], dans lesquels les théoriciens assimilent toutes les valeurs fondamentales à 1 dans la recherche sur la physique quantique, comme par exemple :

$$c = \hbar = m_e = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} = 1 \quad \text{et redéfinit aussi } e^2 \text{ comme} \quad e^2 = q^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0} \tag{23}$$

Ce système de mesure contre-intuitif que certains théoriciens trouvent apparemment pratique peut être très déroutant pour les lecteurs non spécialisés, et peut même confondre les théoriciens eux-mêmes, comme John Wheeler lui-même, qui, afin de "prouver" que la force électrostatique ne peut pas être la même que la force gravitationnelle – ce qui est manifestement faux comme démontré mathématiquement dans la référence [60] – a

 © André Michaud

comparé visuellement de façon tout à fait inappropriée dans la référence ([66], page 391) une équation de Coulomb étrangement formulée avec l'équation de la gravitation comme suit :

$$\mathrm{F}_{electr} = e_1 e_2 / r^2 \quad \text{et} \quad \mathrm{F}_{grav} = -Gm_1 m_2 / r^2 \tag{24}$$

sans préciser qu'avec e_1e_2, il se référait à l'"*unité*" $e^2=q^2=e^2/4\pi\varepsilon_0$ du *Système d'Unités Atomiques*, valant indifféremment "1", ou "2.307077056E-28" qui est sa valeur numérique réelle, selon le contexte, comme indiqué dans les Équations (23). Ou était-il lui-même confus en pensant que la force de Coulomb se réduit à une paire de charges divisée par le carré d'une distance sans constante de proportionnalité, comme analysé dans les références [67] [68] [69] ? Ou avait-il simplement l'impression que seuls d'autres théoriciens familiers avec ce système d'unités liraient son livre ?

Revenons maintenant à notre raisonnement principal : si une troisième charge est introduite à n'importe quelle distance des deux charges représentées à la **Figure 10b** qui peuplent maintenant conceptuellement l'espace virtuel, un troisième champ ***E** potentiel* peut également être conceptualisé comme étant centré sur cette troisième charge, et deux nouvelles occurrences de l'interaction de force de Coulomb à action linéaire voient le jour entre cette troisième charge et chacune des deux charges introduites précédemment, comme illustré à la **Figure 11a**, et ainsi de suite pour toutes les charges élémentaires supplémentaires introduites dans l'espace virtuel jusqu'à ce que toutes les charges élémentaires existantes dans l'univers aient été théoriquement prises en compte, comme l'illustre la **Figure 11b**, ainsi que toutes les interactions de force de Coulomb entre toutes les charges dans l'univers en tant que fonction du réseau de toutes les relations rectilignes désormais établies entre chaque charge et toutes les autres charges dans l'univers.

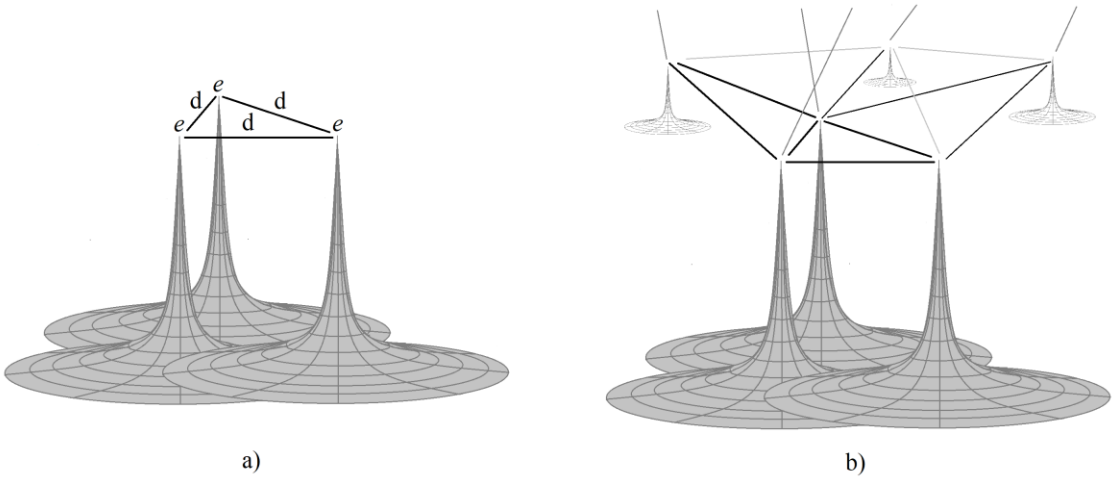


Figure 11: Réseau d'interactions entre les charges ponctuelles dans le champ vectoriel traditionnel.

9.3 Le concept de la charge unitaire au début du vingtième siècle

Depuis que Maxwell a conçu sa théorie des champs électromagnétiques dans les années 1860, il était également habituel de représenter le vide de l'espace comme étant

 © André Michaud

physiquement rempli de *champs*, dans lesquels les particules chargées émergeraient comme des *singularités*, même du point de vue de la mécanique classique, comme dans les champs vectoriels de Hilbert.

> *"...on s'habitua à considérer les champs électrique et magnétique comme des entités dont l'interprétation mécanique était superflue. On en vint ainsi à regarder ces champs dans le vide comme des états particuliers de l'éther, n'exigeant pas une analyse plus approfondie. Une particule chargée en mouvement par rapport à l'éther est assimilable à un élément de courant; les actions du champ électromagnétique sur la particule et les réactions de cette dernière sur le champ sont les seuls liens qui lient la matière à l'éther." Albert Einstein (1910) [49] [50]*

Quelques années plus tard, Einstein a également représenté les masses pondérables comme se trouvant au fond des puits de gravité dans sa théorie de la Relativité Générale à venir, ce qui a conduit à l'hypothèse éventuelle d'autres chercheurs selon laquelle des *trous noirs d'énergie infinie*, semblables à des points, se trouveraient comme des *singularités réelles* au fond de tels puits de gravité, un concept qui a ensuite évolué vers toute une série d'autres théories, tel que mis en perspective à la Référence [53].

Nous observons donc qu'au début du 20e siècle, le concept original de la force de Coulomb agissant entre des charges, initialement établi expérimentalement par Coulomb comme illustré par les **Figures 10** et **11**, a progressivement évolué dans la communauté des théoriciens, passant de la conception originale de Coulomb selon laquelle les charges étaient considérées comme des "objets" au comportement ponctuel interagissant les uns avec les autres selon une relation inverse du carré des distances entre eux, en *singularités supposément réelles* qui émergeraient en tant que concentrations locales d'énergie dans un *champ d'énergie* sous-jacent, initialement établi comme conceptuellement virtuel par Gauss, devenant perçu comme devenant *un champ d'énergie électromagnétique/éther* qui *existerait physiquement* tel que représenté par la **Figure 12**, ce qui a fait que la compréhension initiale que les charges interagissent en fait directement de manière rectiligne les unes avec les autres s'est progressivement estompée de la conscience générale dans la communauté des théoriciens.

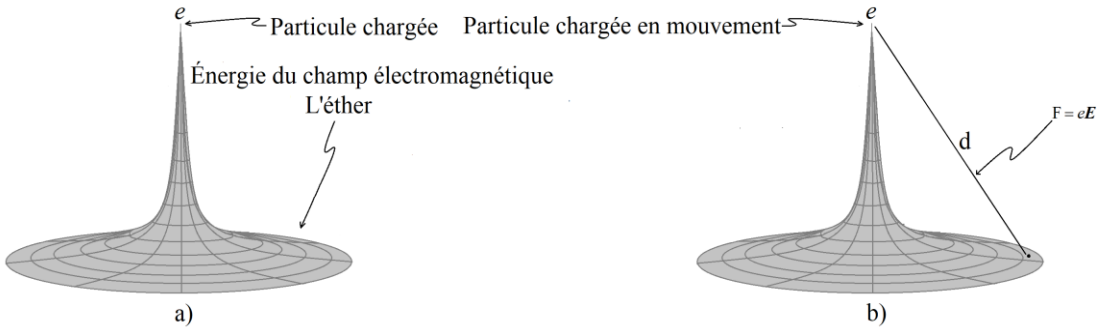


Figure 12: Représentation du *champ d'énergie électromagnétique/éther* considéré comme existant physiquement, à partir duquel les particules chargées émergeraient en tant que singularités locales d'énergie supérieure interagissant avec le champ, tel que rapporté par Einstein en 1910 comme étant le point de vue alors accepté au début du 20ème siècle.

 © André Michaud

Finalement, même la définition originale de Gauss du champ ***E*** telle que présentée avec l'Équation (22) a cessé d'être liée à l'équation de Coulomb dans de nombreuses sources formelles telles que les Références [59] [70], pour finir par être souvent présentée avec des formulations non descriptives telles que $F=e\boldsymbol{E}$ ou $F=d\boldsymbol{A}$ qui ne font pas du tout référence à la loi de Coulomb, mais heureusement pas dans d'autres références telles que [65], bien que cette dernière encourage activement les lecteurs *à considérer le champ comme une entité physique "réelle"* ([65], p. 61). Tous les ouvrages de référence en ingénierie cependant, tels que la référence [64], ont continué à définir correctement le champ E tel qu'il a été défini par Gauss.

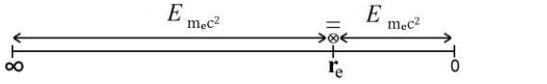
Mais comme l'a indiqué Patrick Cornille dans sa citation mentionnée ci-dessus et dans ses commentaires ultérieurs ([63], p. 261), les représentations des **Figures 10**, **11** et **12** des particules chargées comme étant des objets ponctuels strictement sans dimension sont problématiques à bien des égards, principalement parce qu'elles impliquent que leur énergie serait infinie, de même que leur masse, ce qui n'a aucun sens expérimental, puisqu'il est clairement établi que la masse au repos de tous les électrons est universellement invariante à la valeur très précise de m_0=9.10938188E-31 kg.

Nous savons donc que ces champs ne sont que des représentations mentales commodes et que, dans la réalité physique, aucune particule élémentaire chargée ne peut être un point sans dimension, et qu'au mieux, ces représentations ponctuelles ne représentent que chacun de leurs *centres-de-présence* dans l'espace, même si, comme le mentionne Einstein, les champs potentiels idéalisés concernés en sont venus à être considérés comme ayant une existence physique.

9.4 Le concept trispatial de la charge unitaire

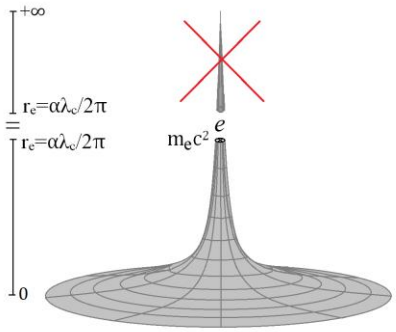
Il est toutefois possible de représenter symboliquement la limite physique d'intensité d'énergie que nous savons que ces particules chargées atteignent dans le cadre d'une action stationnaire stable, en arrêtant conceptuellement la représentation de leur augmentation d'énergie à des niveaux que les mesures expérimentales nous permettent maintenant d'établir clairement, en direction de ces états ponctuels sans dimension physiquement inatteignables, tels que représenté à la **Figure 13**.

Il est alors possible de représenter la charge d'un électron comme étant située au même niveau que le volume infinitésimal *dV* qui représente le niveau d'énergie de 8,187104135E-14 joules lié au *centre-de-présence* ⊗ de l'électron comme dans la **Figure 13**, qui se situe bien en dessous de cette représentation sans dimension du point de singularité des **Figures 9**, **11** et **12** qui est si problématique.



$$E_e = \int_{\alpha\lambda_C/2\pi}^{\infty} \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{e^2}{(\alpha\lambda_C/2\pi)^2}\cdot d(\alpha\lambda_C/2\pi) = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o}\frac{e^2}{\alpha\lambda_C/2\pi}$$

$$E_e = m_e c^2 = m_e v_C^{\,2}\lambda_C^{\,2} = h\nu_C = \frac{e^2}{2\varepsilon_0\alpha\lambda_C}$$



© André Michaud

Figure 13: Dans le champ vectoriel trispatial, l'énergie invariante, la charge invariante et la masse au repos invariante de l'électron sont représentées comme résidant au *centre-de-présence* ⊗ de l'électron.

Ce niveau plus précis du *centre-de-présence* de l'électron dans le champ ***E*** gaussien à potentiel croissant de la **Figure 10a** peut être établi en intégrant l'énergie du champ de l'infini ∞ à la distance de zéro établie par la limite inférieure d'intégration de l'énergie de la masse au repos connue de l'électron que Marmet a utilisée dans son Équation (16) [31] et qui est la constante qui fut nommée de manière inappropriée le *rayon classique de l'électron* r_e à une époque où l'électron était encore perçu comme une petite masse solide telle que compris du point de vue de la mécanique classique, mais qui s'avère en réalité être à la fois *la limite inférieure d'intégration* de l'énergie de la masse au repos connue de l'électron, et *l'amplitude transversale d'oscillation* de l'énergie de la masse au repos de l'électron, telle qu'elle a été déterminée à la Référence [32] :

$$r_e = \frac{\alpha\lambda_c}{2\pi} = 2.817940285\text{E}-15\,\text{m} \tag{25}$$

Dans laquelle λ_C=2.426310215E-12 m est la constante établie comme la *longueur d'onde Compton de l'électron*, c'est-à-dire la longueur d'onde invariante connue de l'énergie de la masse au repos de l'électron, et α=7.297352533E-3 la constante du ratio de structure fine. Confirmons que r_e est bien la limite inférieure d'intégration de l'énergie de la masse au repos de l'électron en obtenant l'énergie connue de cette masse au repos à partir de l'infini au moyen de l'intégration de l'équation de Coulomb en référence à son amplitude transversale re telle que calculée avec l'Équation (25) :

$$\mathrm{E_e} = \int_{\mathrm{r_e}}^{\infty} \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{\mathrm{e}^2}{\mathrm{r_e}^2}\cdot \mathrm{dr_e} = 0 - \frac{1}{4\pi\,\varepsilon_o}\frac{\mathrm{e}^2}{\mathrm{r_e}} = \text{-}8.187104135\text{E}\text{-}14\,\mathrm{J} \tag{26}$$

Maintenant, au moyen de la relation connue :

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda} \tag{27}$$

dans laquelle la longueur d'onde λ peut être isolée et avec l'énergie de masse au repos de l'électron E_e calculée avec l'Équation (26), récupérons la longueur d'onde de Compton de l'électron λ_c, qui confirme la relation entre r_e et λ_c, établie avec l'Équation (25) telle que développée dans la référence [32] :

$$\lambda_{\mathrm{C}} = \frac{hc}{E_{\mathrm{e}}} = \frac{6.62606876\text{E}-34\times 299792458}{8.187104135\text{E}-14} = 2.426310216\text{E}-12\,\mathrm{m} \tag{28}$$

En isolant la fréquence ν dans l'Équation (27), et toujours avec l'énergie de masse au repos de l'électron E_e calculée avec l'Équation (26), récupérons également la fréquence de Compton invariante de l'électron ν_c :

$$\nu_{\mathrm{C}} = \frac{E_{\mathrm{e}}}{h} = \frac{8.187104135\text{E}-14}{6.62606876\text{E}-34} = 1.235589975\text{E}20\,\mathrm{Hz} \tag{29}$$

Une particularité peu documentée de l'intégration de l'énergie de zéro à l'infini est que, quelle que soit la distance de la limite inférieure d'intégration par rapport à zéro, telle que

 © André Michaud

calculée avec l'Équation (26), la quantité d'énergie intégrée de l'infini à cette distance de zéro sera toujours égale par structure à l'énergie qui peut être calculée de zéro à cette limite inférieure, comme illustré dans la **Figure 13**.

Cette particularité a été mise en lumière lors de l'analyse effectuée à la Référence [32] en remplaçant r_e par son *amplitude transversale d'oscillation* établie à partir de sa longueur d'onde Compton de l'électron telle qu'utilisée dans l'Équation (26), après avoir été établie à l'aide de l'Équation (25) :

$$\mathrm{E_e} = \int_{\mathrm{r_e}}^{\infty} \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{\mathrm{e}^2}{\left(\alpha\lambda_C/2\pi\right)^2} \cdot \mathrm{dr_e} = 0 - \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{\mathrm{e}^2}{\alpha\lambda_C/2\pi} = \text{-}8.187104135\mathrm{E}\text{-}14\,\mathrm{J} \tag{30}$$

Une simplification supplémentaire de l'Équation (30) a conduit à cette version de l'équation de Coulomb pour calculer la quantité d'énergie liée à l'amplitude de cette oscillation transversale des doubles composantes du champ $\boldsymbol{v}$ de l'électron comme dans l'Équation (31) de tout champ $\boldsymbol{E}$ de tout photon à partir de sa longueur d'onde spécifique :

$$\mathrm{E_e} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{\mathrm{e}^2}{\alpha\lambda_C/2\pi} = \frac{\mathrm{e}^2}{2\varepsilon_o\alpha\lambda_C} = 8.187104135\mathrm{E}\text{-}14\,\mathrm{J} \tag{31}$$

Cette forme s'est ensuite avérée être une équation générale de calcul de l'énergie pour toutes les particules élémentaires développée à la Référence [32], qui est directement équivalente à l'équation de Planck $E=hv$, permettant de calculer la variation infinitésimalement progressive du décalage vers le bleu et vers le rouge de l'énergie des photons électromagnétiques lorsqu'ils circulent dans l'univers après leur émission, sans qu'il soit nécessaire d'utiliser la constante de Planck, comme complément à l'équation de Planck nécessaire pour rendre compte de la nature quantifiée de l'émission d'énergie des photons électromagnétiques par les électrons qui se désexcitent lorsqu'ils retournent à leurs orbitales de repos dans les atomes après avoir été excités hors de ces orbitales lorsqu'ils sont sur-énergisés par convection, conduction ou lorsqu'ils sont frappés par des photons électromagnétiques entrants et en ont absorbé une partie ou la totalité de l'énergie, comme l'expliquent plus clairement les Références [43] [71] :

$$E = hv = \frac{hc}{\lambda} = \frac{\mathrm{e}^2}{2\varepsilon_o\alpha\lambda} \tag{32}$$

Alors que l'équation standard de la force de Coulomb (19) appliquée à l'amplitude transversale $\alpha\lambda_c/2\pi$ de l'oscillation des deux charges énergétiques neutriniques de la masse au repos de l'électron [44], intégrée à l'équation (30), se convertit en *une version de la force de Hooke de l'équation de la force transversale de Coulomb* qui permet de calculer la force de rappel de Hooke qui forcera les deux charges d'énergie neutrinique à revenir vers le *centre-de-présence* de l'électron, comme l'analysent les Références [8] [9]:

$$\boldsymbol{F} = \frac{1}{4\pi\varepsilon_o} \frac{\mathrm{e}^2}{\left(\alpha\lambda_C/2\pi\right)^2} = \frac{\pi\mathrm{e}^2}{\varepsilon_o\alpha^2{\lambda_C}^2} = -\mathrm{k}\cdot\frac{\alpha\lambda_C}{2\pi} = -29.05350472\mathrm{N} \tag{33}$$

dans laquelle k est la *constante de rappel élastique* de l'équation de la force de Hooke initialement calculée à la Référence [46] comme s'appliquant à la distance de découplage d'une paire électron-positon illustrée par la **Figure 8**.

Tel que précédemment mentionné, cette particularité du processus d'intégration de

 © André Michaud

l'énergie de zéro à l'infini est ce qui a permis de remplacer la représentation traditionnelle des charges ponctuelles de la **Figure 10a** conduisant à une singularité théorique liée à une masse et une énergie infinies, par la représentation plus réaliste du volume infinitésimal *dV* de la **Figure 13** dans laquelle la charge de l'électron est représentée au même niveau que le *centre-de-présence* que son énergie de masse au repos, et a permis d'éliminer la nécessité d'utiliser le concept d'une charge ponctuelle sans dimension conduisant à une singularité d'énergie infinie théorique mais physiquement impossible à utiliser avec l'équation de Coulomb.

Ainsi, en comparant la **Figure 14**, qui reconfigure la **Figure 10** en fonction des caractéristiques de la charge invariante et de la masse au repos invariante de l'électron représenté par la **Figure 13**, il est maintenant possible d'observer la différence entre la représentation traditionnelle de la **Figure 10** des charges en tant que singularités sans dimension idéalisées impliquant une masse infinie et leur représentation trispatiale de la **Figure 14** à leur niveau d'énergie invariante plus réaliste, la masse au repos invariante et la charge invariante étant toutes deux symbolisées comme étant situées dans l'espace X normal, au même *centre-de-présence* de l'électron.

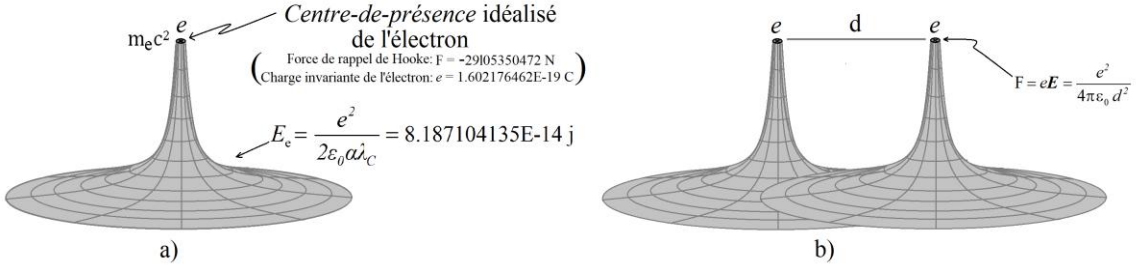


Figure 14: Interaction de la force de Coulomb dans le champ vectoriel trispatial entre des électrons représentés à leurs niveaux d'énergie invariante, de charge invariante et de masse au repos invariante connus.

De même, la reconfiguration de la représentation de la **Figure 11** en fonction des mêmes caractéristiques invariantes des électrons représentées à la **Figure 13** permet maintenant d'observer une représentation plus réaliste de l'interaction de la force de Coulomb entre les particules chargées dans le champ vectoriel universel à la **Figure 15** par rapport à la **Figure 11**.

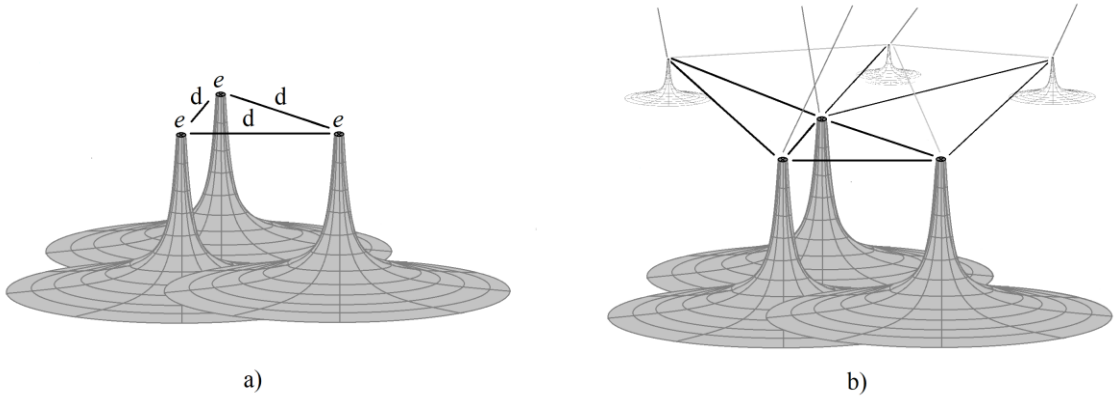


Figure 15: Interaction de la force de Coulomb entre des charges unitaires dans le

 © André Michaud

champ vectoriel trispatial.

10. Distribution de l'énergie de la masse au repos de l'électron entre les deux espaces complexes perpendiculaires à l'espace normal

La **Figure 16** représente la séparation conceptuelle entre l'espace-X 3D normal dans lequel réside l'énergie du momentum de toutes les particules électromagnétiques élémentaires, et les deux espaces de configuration complexes complémentaires Y et Z dans lesquels réside et oscille l'énergie électromagnétique de ces particules, avec le volume infinitésimal *dV* et sa surface ds correspondant au *centre-de-présence* ⊗ de chaque particule élémentaire contre lequel toutes les autres particules élémentaires peuvent physiquement entrer en collision dans l'espace-X 3D normal et qui se situe conceptuellement entre l'espace-X d'une part et les espaces Y et Z d'autre part.

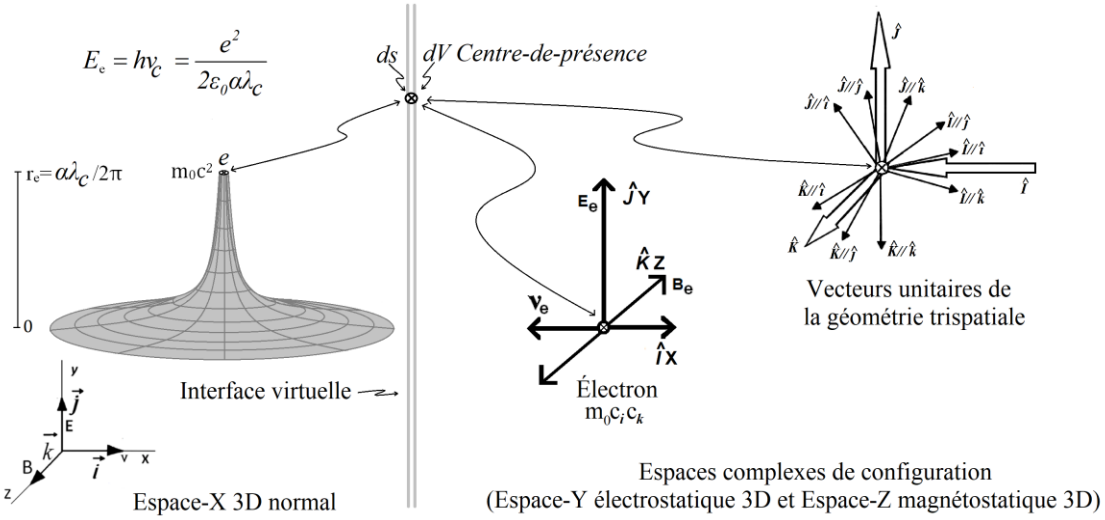


Figure 16: Représentation idéalisée dans la géométrie trispatiale de l'intensité de la charge stable de l'électron liée à la moitié de son énergie de masse au repos résidant dans l'espace-Y et de l'oscillation stationnaire stable de l'autre moitié de son énergie de masse au repos entre l'espace-X et l'espace-Z.

Le lecteur notera que selon la perspective de la géométrie trispatiale, aucune partie de l'énergie dont est constituée la masse au repos de l'électron ne réside dans l'espace-X 3D normal, à l'exception des visites fugaces de la moitié de son énergie pendant son oscillation à la fréquence v_c=1,235589976E20 Hz par seconde des deux composantes ***v*** de signes opposés sur le plan vectoriel 2D ***I//jk*** de l'espace-X, perpendiculairement à l'axe X//x d'orientation vectorielle ***I//i***, soit une énergie qui oscille entre cet état de champ ***v*** à double particules et l'état de champ ***B*** qui réside dans l'espace-Z en expansion et régression sphérique dans son volume vectoriel ***K//ijk*** 3D.

Il convient de noter que cette énergie oscillante de la masse au repos de l'électron ne peut en aucun cas contribuer au mouvement de la particule, car elle oscille dans l'espace-

 © André Michaud

X sur un plan perpendiculaire à l'axe X//x d'orientation vectorielle ***I//i*** le long duquel l'énergie unidirectionnelle du momentum doit être alignée pour qu'une pression soit exercée contre le *centre-de-présence* ⊗ de l'électron afin que le mouvement de l'électron le long de cet axe soit possible dans la géométrie trispatiale.

Cette énergie oscillante de l'état de champ ***v*** cycliquement présente dans l'espace-X qui retourne cycliquement dans l'espace-Z à l'état de champ ***B***, soit un espace-Z qui est perpendiculaire par structure à l'espace-X, a cependant été comptabilisée comme constituant la moitié de la masse au repos de l'électron que Marmet a dérivée de l'équation de Biot-Savart, identifiée par lui comme la masse magnétique invariante $\boldsymbol{M}_e/2$ de l'électron au repos, précédemment reproduite comme la deuxième Équation (9) – ses Équations 23 [31] – tandis que sa première Équation (9) fournit la quantité exacte d'énergie magnétique totale de l'électron en mouvement incluant son incrément ***ΔB*** dû à la vitesse qui fait aussi partie du champ ***B*** variable momentané de l'électron en mouvement à toute vitesse donnée $\boldsymbol{M}_e v^2/2c^2$.

Pour que l'électron se déplace dans l'espace, son énergie unidirectionnelle de momentum, clairement alignée sur l'axe X//x de l'espace-X, d'orientation vectorielle ***I//i***, doit donc être fournie par de l'énergie provenant d'une autre source.

Comme l'énergie de la masse au repos de l'électron est invariante, cette augmentation de l'énergie du champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$ avec la vitesse, en excès de l'énergie invariante du champ $\boldsymbol{B}_e$ de l'électron, dérivée par Marmet de l'équation de Biot-Savart, comme étant la même quantité d'énergie que celle mesurée transversalement comme une augmentation de masse Δm dans les données de Kaufmann au moyen de l'Équation (30) de Lorentz pour la masse transversale m_2 de l'électron en mouvement, est la preuve expérimentale qui confirme l'existence physique réelle de cette énergie ajoutée.

L'analyse approfondie de la dérivation de Marmet effectuée dans les Références [3] [4] a permis de comprendre que l'énergie du momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ appliquant une pression le long de l'axe vectoriel ***I//i*** de l'espace-X pour déterminer la vitesse de l'électron, ainsi que l'incrément d'énergie du champ $\Delta\boldsymbol{B}$ qui augmente sa masse effective en relation avec cette vitesse, ne peuvent être fournis que par un photon-porteur qui a la même structure électromagnétique que le photon à double-particules en mouvement libre de de Broglie, [3] [4], dont la vitesse est réduite à la vitesse mesurée de l'électron parce qu'il doit "transporter", pour ainsi dire, l'énergie de masse au repos de l'électron, qui est inerte dans l'espace-X normal, en plus de propulser sa propre énergie de champ $\Delta\boldsymbol{B}$ orientée transversalement, en appliquant la pression de son énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ contre son propre *centre-de-présence* ⊗, qui entraîne alors le *centre-de-présence* ⊗ de l'électron transporté, tel qu'analysé à la Référence [21], et que nous allons maintenant examiner. C'est du moins ainsi que cette relation peut être représenté géométriquement et traité mathématiquement dans le système de coordonnées trispatiales.

Mais avant de poursuivre plus avant l'étude de cette relation, examinons comment l'énergie d'un photon à double-particule de Broglie en mouvement libre ou d'un photon-porteur est distribuée entre l'espace-X normal et ses espaces de configuration complexes Y et Z.

 © André Michaud

11. Distribution de l'énergie d'un photon ou d'un photon-porteur entre l'espace normal et ses deux espaces de configuration complémentaires

D'une manière similaire à la représentation de la **Figure 16**, destinée à mettre en évidence le fait que seul le volume *dV* infinitésimal de l'électron situé en son *centre-de-présence* ⊗, représenté en y associant l'origine **O** d'un complexe de coordonnées trispatiales, est réellement présent dans l'espace-X normal, où il sujet à interagir ou même à entrer en collision avec les volumes *dV* infinitésimaux d'autres particules élémentaires lorsque les conditions de force et d'énergie requises sont réunies, la **Figure 17** vise à mettre en évidence le fait que dans le cas de photons en mouvement libre – ou de photons-porteurs – tant leur énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ que leurs volumes *dV* infinitésimaux situés à chacun de leur propre *centre-de-présence* ⊗ représentés par leur mise en correspondance avec l'origine **O** de chacune de leurs copies du complexe de coordonnées trispatiales, sont présents dans l'espace-X normal, les rendant tous susceptibles d'interagir ou d'entrer en collision avec les *centres-de-présence* d'autres particules élémentaires.

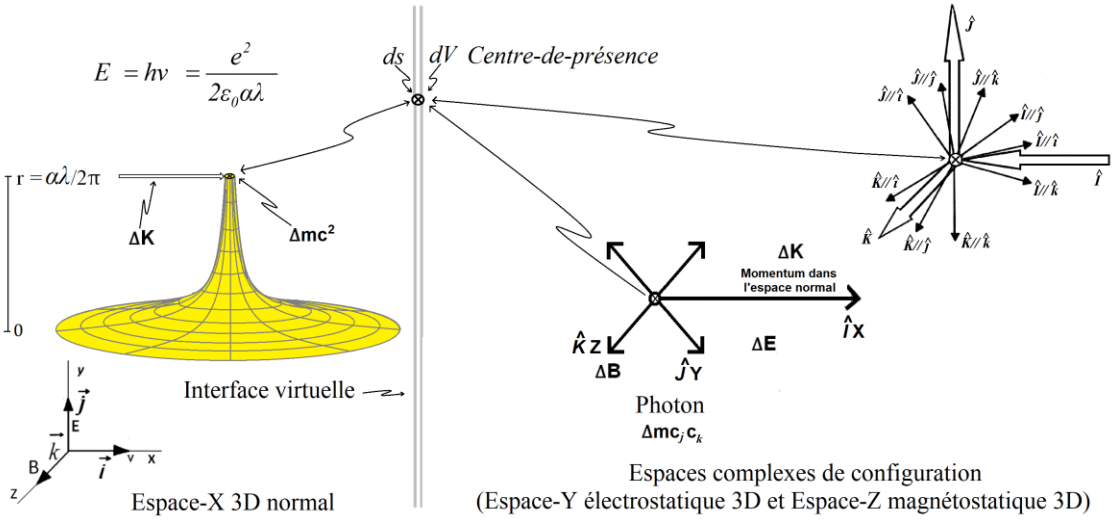


Figure 17: Représentation idéalisée dans la géométrie trispatiale de l'énergie du momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ d'un photon électromagnétique correspondant à la moitié de son quantum d'énergie résidant dans l'espace-X et de l'oscillation stationnaire stable de l'autre moitié de son énergie entre les espaces de configuration Y et Z.

En comparant attentivement la **Figure 17** à la **Figure 16**, le lecteur pourra observer que si l'amplitude transversale d'oscillation de l'énergie de la masse au repos de l'électron est invariante à la valeur fixe de $\alpha\lambda_c/2\pi$=2. 817940285E-15 m, celle de l'énergie des photons ou des photons-porteurs est déterminée par la formulation plus générale $\alpha\lambda/2\pi$ dans laquelle la longueur d'onde λ est variable et peut prendre n'importe quelle valeur dans toute la gamme couverte par le spectre des fréquences électromagnétiques, des plus grandes longueurs d'onde radio aux plus courtes longueurs d'onde gamma possibles.

Dans le cas de photons en mouvement libre, la vitesse invariante et par défaut de la lumière dans le vide est invariablement fixée à *c*, dû au simple fait que l'énergie de son

 © André Michaud

quantum est obligatoirement séparée en exactement 2 parties égales, ce qui signifie que sa composante d'énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ propulse *une quantité toujours exactement égale d'énergie* qui oscille électromagnétiquement sur un plan transverse à la direction d'application de l'énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ contre son *centre-de-présence* ⊗ le long de l'axe vectoriel ***I//i*** de l'espace-X normal.

Dans le cas du photon-porteur d'un électron, la vitesse variable de l'électron ne peut qu'être inférieure à *c* parce que la composante d'énergie du momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ du photon-porteur *propulse deux quantités d'énergie qui oscillent électromagnétiquement sur un plan transverse* à la direction d'application de l'énergie du momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ du photon-porteur le long de l'axe vectoriel ***I//i*** de l'espace-X normal, et dont la somme des énergies est plus grande que celle de la composante d'énergie du momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ du photon-porteur.

Plus l'énergie totale du photon-porteur sera faible, plus la vitesse de l'électron et sa masse effective seront faibles, et plus l'énergie totale du photon-porteur est grande, plus la vitesse de l'électron sera élevée jusqu'à frôler la vitesse limite asymptotique *c*, parce qu'il est impossible par structure que la somme de l'énergie transversale inerte de la masse au repos de l'électron plus l'énergie transversale inerte $\boldsymbol{\Delta B}$ du photon-porteur devienne jamais égale à la quantité d'énergie de la composante d'énergie du momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ du photon-porteur, qui est toujours égale par structure à sa seule quantité d'énergie $\Delta\boldsymbol{B}$ oscillant transversalement, tel qu'analysé à la Référence [21].

12. Interaction entre l'énergie de la masse au repos d'un électron et celle de son photon-porteur

Le **Tableau 1** établi à la Référence [5] et analysé aux Références [33] [34] met en perspective le fait que l'électron en mouvement implique deux quanta d'énergie différents, qui non seulement oscillent électromagnétiquement à des fréquences différentes, mais dont les *centres-de-présence* ⊗ à travers lesquels cette oscillation se produit séparément pour chacun d'eux ne peuvent être que physiquement séparés par structure sur un plan transverse à la direction de mouvement du système dans l'espace (Voir **Figure 18**).

Tableau 1: Equations de champs combinées de l'électron en mouvement et de son photon-porteur.

	Énergie cinétique du momentum dans l'espace-X (Espace normal)	Énergies situées dans les espaces Y et Z constituant la masse translationnellement inerte de l'électron en mouvement
Énergie de la masse au repos de l'électron (m_oc^2)		$\left\{\left(\frac{\varepsilon_0\mathbf{E}^2}{2}\right)_Y \vec{\mathbf{J}}\,\vec{\mathbf{i}} + \left(\frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}}\right\} V_{m_e}$

© André Michaud

Énergie du photon-porteur $\Delta K + \Delta m_m c^2$	$\left[\frac{hc}{2\lambda}\right]_X \vec{\mathbf{I}}\,\vec{\mathbf{i}}$	$\left[\left(\frac{\mathbf{B}_K^{\,2}}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}}\right] V_K$
Énergie de la masse relativiste totale de l'électron (mc^2)		$\left\{\left(\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}^2}{2}\right)_Y \vec{\mathbf{J}}\,\vec{\mathbf{i}} + \left(\frac{\mathbf{B}^2}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}}\right\} V_{m_e}$ $+ V_K \left(\frac{\mathbf{B}_K^{\,2}}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}}$

Une comparaison de l'Équation (18) de la masse au repos de l'électron avec l'Équation (17) de son photon-porteur montre en effet que chaque quantum possède sa propre jonction trispatiale ⊗, qui est séparée par structure par le simple fait que leur énergie oscille entre différentes paires d'espaces dans le complexe trispatial ; celle de l'électron oscillant entre l'espace-Z et l'espace-X, tandis que celle de son photon-porteur oscille entre l'espace-Z et l'espace-Y, en plus d'osciller à des fréquences différentes.

Cela signifie qu'à l'exception du cas où le photon-porteur de l'électron posséderait exactement 0,511 MeV d'énergie, les deux composantes de l'électron en mouvement sont physiquement incapables de s'associer en alignement relatif attractif antiparallèle de moindre action exactement synchronisé de spin magnétique, ce qui fait ressortir le contraste entre ces interactions de résonance asynchrones prévisibles et mesurables générant des fréquences de battement régulières identifiables à toute vitesse donnée de l'électron, et leur interprétation comme étant des fluctuations stochastiques spontanées imprévisibles autour du niveau d'énergie du point-zéro de la Théorie des champs quantiques (QFT) actuellement supposées être responsables du mouvement de zitterbewegung ΔZ de l'électron.

En réalité, toute différence de fréquence entre les deux composantes ne peut que forcer les deux *jonctions trispatiales* ⊗ à suivre des trajectoires oscillantes qui peuvent sembler erratiques transversalement par rapport à la direction du mouvement du système à deux composantes, en raison de la séquence asynchrone ininterrompue d'alternance cyclique entre des états d'alignement de spin antiparallèle attractifs et des états d'alignement de spin parallèle répulsifs, qui ne peuvent que générer un état de résonance de battement qui a été identifié comme le zitterbewegung ΔZ de l'électron en mouvement.

En fait, la liberté de mouvement relative des deux *jonctions trispatiales* ⊗ l'une par rapport à l'autre ne peut être que perpendiculaire à la direction du mouvement du système, puisque la stabilité par structure de la quantité d'énergie de translation du photon-porteur à tout moment donné dépend uniquement de l'interaction de Coulomb entre la charge de l'électron transporté et celles d'autres particules chargées. Du point de vue de la géométrie trispatiale, cette contrainte empêche toute décélération ou accélération longitudinale, l'un par rapport à l'autre, des deux *centres-de-présence* ⊗ de l'ensemble, d'être impliquée dans leur mouvement.

La seule direction de mouvement restante possible pour les deux *jonctions trispatiales* ⊗ l'une par rapport à l'autre est donc transversale à la direction de mouvement du

 © André Michaud

système, ce qui implique qu'à tout moment donné, les deux *jonctions trispatiales* ⊗ seront à des distances ΔZ variables (distances de zitterbewegung) l'une de l'autre (voir **Figure 18**), calculables en fonction de l'état des paramètres d'oscillations harmoniques électromagnétiques des deux quanta à ce moment, comme analysé dans les Références [33] [34].

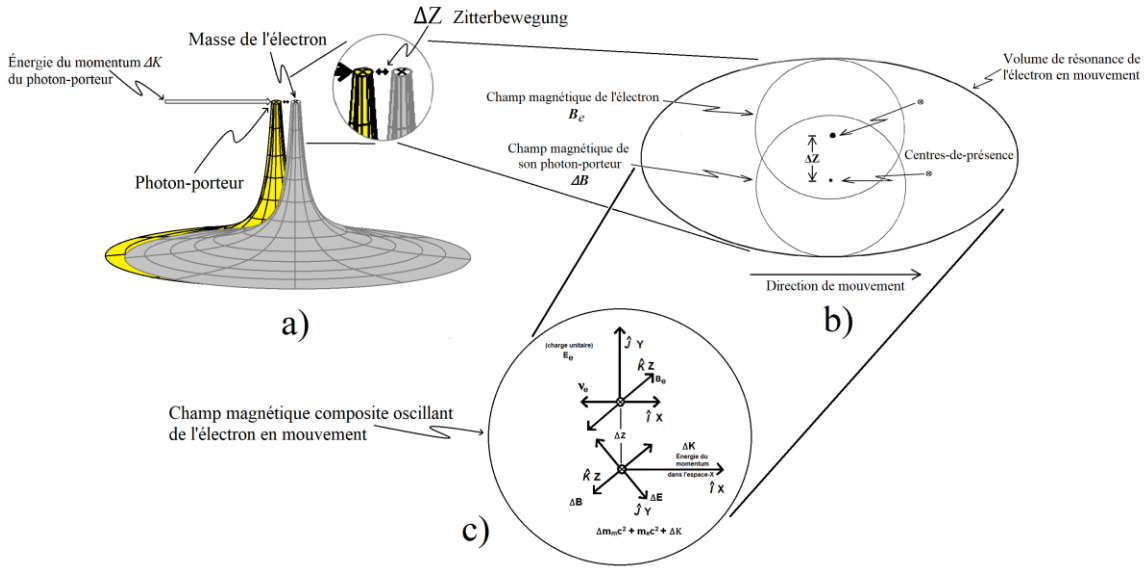


Figure 18: Représentation idéalisée du *centre-de-présence* ⊗ de l'électron dans l'espace-X normal et de celui de son photon-porteur, dont le rapport entre l'énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ de ce dernier et l'énergie totale $\boldsymbol{B}_{\text{Total}}=\boldsymbol{B}_{\text{Électron}}+\Delta\boldsymbol{B}_{\text{Photon-porteur}}$ oscillant transversalement définit une vitesse de l'électron inférieure à c dans l'espace-X, et dont les champs magnétiques interagissant entre $\boldsymbol{B}_{\text{Électron}}$ à fréquence fixe et $\Delta\boldsymbol{B}_{\text{Photon-porteur}}$ à fréquences variables établissent la fréquence de battement du système identifiée comme le zitterbewegung ΔZ du système le long de la trajectoire de l'électron dans l'espace-X normal.

13. Interaction linéaire de Coulomb entre les charges invariantes de particules élémentaires massives découplées

Depuis que Newton a établi, à partir des conclusions de Kepler à propos des données expérimentales recueillies par Tycho Brahe au sujet des orbites des planètes du système solaire, que la force gravitationnelle semble exercer une attraction sur les corps massifs en orbite autour du soleil fonction de l'inverse du carré des distances qui les séparent, et que Coulomb a établi expérimentalement que la même relation inverse du carré des distances existe en attraction entre des charges électriques ponctuelles de signes opposés et en répulsion entre des charges ponctuelles de même signe, une idée fausse de longue date concernant une différence d'intensité supposément astronomique entre ces deux forces, révélée par une analyse numérique minutieuse dans la Référence [60], a empêché la communauté de réaliser les implications du fait que la *charge invariante* de l'électron et sa *masse au repos invariante* sont deux propriétés indissociables de la même particule massive, à savoir que les électrons ne peuvent obéir par structure qu'avec la même

 © André Michaud

intensité à la fois à la loi gravitationnelle de Newton pour les masses et à la loi de Coulomb pour les charges électriques.

Même la mention directe de cet état de fait par Einstein dans son article de 1910 [49], qui, étrangement, n'a été disponible qu'en français pendant plus d'un siècle en raison de la perte de l'original allemand, jusqu'à ce qu'il soit finalement traduit officiellement en anglais en 2021 par l'Institut Minkowski [50], n'a pas attiré l'attention :

> *"On peut, par exemple, obtenir de cette façon les équations du mouvement d'un point matériel de masse m portant une charge électrique e (par exemple un électron) et soumis à l'action d'un champ électromagnétique. On connaît, en effet, les équations du mouvement d'un point matériel à l'instant où sa vitesse est nulle. D'après les équations de Newton et la définition de l'intensité du champ électrique, on a:"*
>
> $$m\frac{d^2x}{dt^2} = e\boldsymbol{E}_x \tag{34}$$
>
> Commentaire extrait de la Référence ([49], p. 143) et son Équation (2) associée, par Albert Einstein (1910).

Une fois l'existence physique du positon établie en 1933 [22], dont les caractéristiques de *masse au repos invariante* et de *charge invariante* ont été établies comme étant identiques à celles de l'électron *à l'exception du signe de sa charge*, la table était mise pour réaliser que la force de Coulomb et la force gravitationnelle de Newton étaient la même force, n'eût été la malheureuse différence d'intensité astronomique supposée entre ces deux forces précédemment mentionnée, tel qu'analysée à la Référence [60].

Le fait que le proton ait une masse 1836 fois supérieure à celle de l'électron tout en affichant la même charge unitaire résultante avec un signe opposé à celui de l'électron n'a pas contribué à dissiper la confusion, car la même équation de Coulomb s'appliquait à la fois à *un système métastable* de positronium – impliquant un électron chargé négativement et un positon chargé positivement interagissant dans un espace restreint *avec exactement la même charge unitaire invariante et la même masse au repos invariante* – , et à un atome d'hydrogène, qui est *un système stable* – impliquant un électron chargé négativement et un proton chargé positivement interagissant de manière stable à une distance moyenne fixe de a_0=5,291772083E-11 m *avec la même charge unitaire invariante mais avec des masses très différentes* peuvent être pris en compte avec la même formulation de l'équation de Coulomb, donnant *exactement la même force d'attraction* à la distance a_0 prise comme exemple numérique :

$$F = e\boldsymbol{E} = \frac{\left|e^-\right|\left|e^+\right|}{4\pi\,\varepsilon_0\,a_0{}^2} = 8.238721809\;\; E-8\,N \tag{35}$$

et induisant exactement la même quantité d'énergie dans les deux particules à cette distance :

$$E_{\text{Iinduite}} = \mathrm{a}_0 \cdot F = \frac{\left|\mathrm{e}\right|^2}{4\pi\varepsilon_0\,\mathrm{a}_0} = 4.359743806\mathrm{E}-18\,\mathrm{j} \tag{36}$$

La différence entre le système métastable de positronium et l'atome d'hydrogène stable

 © André Michaud

est que les deux particules de charge opposée du système du positronium ne franchissent que fugacement la distance a_0=5,291772083E-11 m sur leur trajectoire en spirale irrépressible vers l'intérieur, vers le point où leurs deux masses égales au repos se rencontreront finalement pour se convertir en photons électromagnétiques, quittant les lieux à la vitesse *c*.

De leur côté, les deux composants de l'atome d'hydrogène, chargés de manière opposée, resteront stables à cette distance approximative, car l'ensemble résonne dans un état d'action stationnaire en raison de l'équilibre établi par leur énergie de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ établissant une pression constante orientée vers l'intérieur contre la pression constante orientée vers l'extérieur de leurs champs magnétiques oscillants à prédominance répulsive, tel qu'analysé dans les références [33] [34]. Voir aussi à ce sujet la **Figure 21** plus loin.

La raison pour laquelle le positronium est instable et que son orbite décroît rapidement jusqu'à ce que les particules se rencontrent et que leurs masses soient converties en photons électromagnétiques est due au fait que leurs champs magnétiques oscillent exactement à la même fréquence de v_c=1,235589976E20 Hz, ce qui, en raison de l'alignement rapide de leurs champs magnétiques dans leur alignement de spin magnétique antiparallèle de moindre action par défaut à mesure qu'elles se rapprochent l'une de l'autre, contrairement aux champs magnétiques de l'atome d'hydrogène [33] [34], n'offre aucune résistance à la pression exercée par les énergies de momentum des deux particules, orientées vectoriellement l'une vers l'autre.

Mais qu'une paire de particules chargées interagissant, de même signe ou de signes opposés, la même quantité de force instantanée – Équation (35) – agira sur elles pour toute distance donnée, par exemple a_0=5.291772083E-11 m, et la même quantité instantanée d'énergie – Équation (36) – sera induite dans chacune d'elles à cette distance donnée, comme le montre la **Figure 19**.

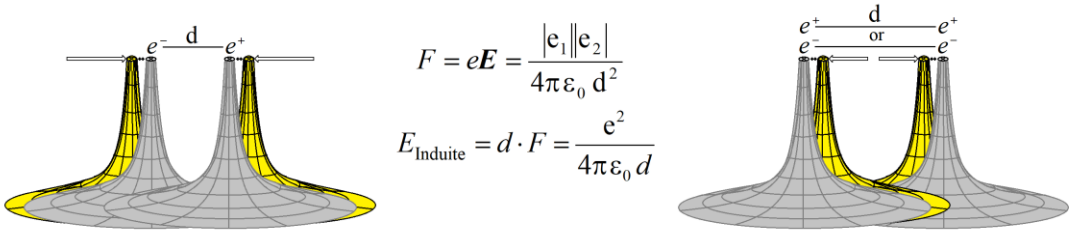


Figure 19: L'interaction de la force de Coulomb en fonction de l'inverse du carré de la distance ($1/d^2$) et l'induction d'énergie en fonction de l'inverse de la distance ($1/d$) entre les charges unitaires invariantes de même signe de deux particules élémentaires découplées telles que l'électron, ou entre les charges unitaires de signes opposés d'un électron et d'un positon, ou encore entre les deux charges unitaires de signes opposés d'un électron et d'un proton.

En effet, cette égalité même de la force instantanée de Coulomb en répulsion ou en attraction à toute distance donnée entre particules chargées – répulsion entre charges de même signe et attraction entre charges de signes opposés – et l'induction de la même quantité d'énergie cinétique dans chacune d'elles, que les charges s'attirent ou se repoussent à cette distance, ont induit à la perception que la force de Coulomb n'est pas

 © André Michaud

un candidat crédible pour être assimilée à la force gravitationnelle telle qu'établie par Newton, ce qui a conduit à l'hypothèse intuitive que la répulsion électrostatique peut avoir un effet important à grande distance tout comme l'attraction électrostatique, étant donné que la force gravitationnelle de Newton est conceptuellement dépourvue de toute caractéristique de répulsion comme l'est la force de Coulomb.

Cependant, une analyse approfondie effectuée à la Référence [72] a révélé que, puisque la répulsion électrostatique diminue en intensité en fonction de l'inverse du carré de la distance croissante entre toute paire de particules de même signe, son effet devient rapidement infinitésimal à mesure que la distance augmente entre toute paire de ces particules ; au point de devenir à peine détectable, voire pas du tout, même à des distances de l'ordre du millimètre entre deux particules élémentaires de même signe.

En effet, nous observons directement que cette répulsion électrostatique ne nous empêche pas de nous approcher autant que nous le souhaitons de tous les corps massifs qui nous entourent sans ressentir la moindre répulsion jusqu'à ce qu'un contact "tactile" soit établi. En fait, ce contact "tactile" qui empêche l'interpénétration des objets dans notre environnement est la manifestation la plus intense perceptible de cette répulsion électrostatique entre les escortes électroniques chargées du même signe de tous les atomes dont sont constitués tous les corps massifs qui puisse être perçue à notre niveau macroscopique de perception, et il est facilement vérifiable qu'elle se produit à des distances sous-microscopiques, même avec les quantités massives d'escortes électroniques chargées de même signe qui constituent la surface de tous les objets de notre environnement.

Contrairement à la répulsion électrostatique entre particules élémentaires de même signe, l'attraction électrostatique entre particules élémentaires de signes opposés croît en intensité en fonction de l'inverse du carré de la distance décroissante qui les sépare, ajoutant constamment de manière adiabatique de l'énergie de momentum orientée vectoriellement vers l'autre particule [15] [16], sans même tenir compte de la même quantité d'énergie orientée transversalement qui est enduite en même temps dans chacune d'elles, qui augmente le champ magnétique et la masse mesurable de chaque particule élémentaire.

Ainsi, l'aspect répulsif mutuel de la force de Coulomb entre particules élémentaires chargées de même signe perd toute crédibilité en tant qu'objection à ce que l'aspect attractif de la force de Coulomb entre particules élémentaires chargées de signes opposés puisse être compris comme étant identique à l'attraction inverse du carré de la distance entre les masses définie par Newton, étant donné que les effets de la répulsion électrostatiques entre paires de particules élémentaires chargées de même signe n'est même plus perceptible à des distances entre elles de l'ordre du millimètre.

En fait, la Référence [18] propose une méthode de calcul de la force de gravité dans l'univers comme méthode alternative à la méthode de Newton à partir de l'approche de l'équation de Coulomb appliquée à l'ensemble des particules chargées élémentaires dont sont faits tous les atomes et qui constituent toutes les masses macroscopiques dans l'univers, avec l'avantage supplémentaire que la limite de vitesse asymptotique de la lumière est prise en compte par la structure pour toutes les masses.

L'analyse des données de Kaufmann a révélé un aspect intriguant de la force de Coulomb, à savoir que ce n'est pas la force de Coulomb en tant que telle qui fait bouger

 © André Michaud

les électrons, mais l'énergie cinétique orientée longitudinalement – l'énergie du momentum – que la force induit adiabatiquement dans chaque électron selon les Équations (37) et (38). En réalité, il apparaît que la force de Coulomb ne propulse pas elle-même les particules, mais induit seulement de l'énergie cinétique dans les particules chargées, dont la composante de momentum est vectoriellement orientée vers les particules élémentaires chargées de signe opposé dans l'environnement et qui est en fait ce qui propulse les particules élémentaires, une composante d'énergie de momentum qui sera orientée en direction opposée dans le cas de particules élémentaires chargées de même signe, tel qu'analysé à la Référence [73].

En résumé, Kaufmann a accéléré ces électrons sur des trajectoires courbes dans sa chambre à bulles au moyen de champs ***E*** et ***B*** calculés selon l'équation de la force de Lorentz :

$$F = \mathrm{e}(\boldsymbol{E} + \boldsymbol{v} \times \boldsymbol{B}) \tag{37}$$

dont le premier terme est bien sûr l'équation de la force de Coulomb qui induit adiabatiquement de l'énergie cinétique dans toutes les particules chargées en fonction de l'inverse des distances qui séparent chaque particule chargée élémentaire de toutes les autres particules chargées élémentaires :

$$F = e\boldsymbol{E} = \frac{eQ}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \quad \rightarrow \quad E_{\mathrm{Iinduite}} = R \cdot F = \frac{\mathrm{e}Q}{4\pi\varepsilon_0 R} \tag{38}$$

où Q représente la résultante de toutes les charges élémentaires de l'environnement qui interagissent avec un électron et définit l'intensité de leur champ ***E*** relatif commun, et R représente la distance moyenne à laquelle les charges représentées par Q se trouvent par rapport à l'électron.

14. Interaction transversale de Coulomb entre les charges variables de la paire de composants oscillant à l'intérieur de chaque particule élémentaire

Tel que mentionné à la Référence [58] citée précédemment, l'équation de Coulomb fut historiquement établie par Coulomb comme s'appliquant entre des charges ponctuelles séparées dans l'espace. Au cours de l'analyse, dans les références [3] [4], de la condition identifiée par Louis de Broglie pour que les photons quantifiés obéissent aux équations de Maxwell, à savoir que chaque photon localisé doit impliquer deux particules, ou demi-photons de spin ½, "*...qui doivent être complémentaires l'un de l'autre de la même manière que l'électron positif [le positon] est complémentaire de l'électron négatif dans la théorie des trous de Dirac*" ([2], p. 277), la question s'est évidemment posée de savoir si l'équation de Coulomb était impliqué ou non à l'intérieur même des photons quantifiés.

Du point de vue de la jauge de Lorenz sur laquelle la théorie électromagnétique était fondée à l'époque, et l'est toujours, selon laquelle l'intensité des champs ***E*** et ***B*** continus de la théorie de Maxwell culminent simultanément au maximum tel que représenté à la **Figure 2**, une telle implication de la force de Coulomb entre de tels demi-photons comme envisagé par de Broglie semblait si problématique que l'option n'a même pas été

 © André Michaud

envisagée par de Broglie, comme me l'a confirmé son ami de toujours et collègue Georges Lochak, dans une correspondance que j'ai initiée avec la *Fondation Louis de Broglie* [74], précisément pour clarifier cette question.

Mais à l'inverse, à partir du concept initial de Maxwell des deux champs s'induisant l'un l'autre en alternance avec implication du *courant de déplacement* du côté du champ ***E*** de la relation qu'il avait conçue et qui était à l'origine du développement de sa théorie électromagnétique tel que représenté à la **Figure 3**, une telle relation devenait possible à considérer, étant donné qu'un courant implique le mouvement ou l'oscillation de charges en interaction, que la condition de de Broglie faisait maintenant entrer en scène.

Ces développements ont permis la transposition conceptuelle de l'oscillation longitudinale des champs continus conçus par Maxwell sur des plans parallèles à la direction du mouvement de l'énergie, en une oscillation en mode stationnaire sur des plans perpendiculaires à la direction du mouvement de quantités quantifiées d'énergie électromagnétique dont l'oscillation entre un état de champ ***E*** local et l'état de champ ***B*** local correspondant était entraînée par le courant de déplacement lié à au *courant de déplacement* conçu par Maxwell, amenant maintenant les deux particules conçues par de Broglie à générer cycliquement le champ ***B*** local correspondant, conformément à la relation LC développée dans les Références [3] [4].

L'amplitude de cette oscillation des deux particules de Broglie dans le photon localisé sur ce plan transverse à la direction du mouvement a été identifiée dans la première vague de dérivations qui émergea de la découverte de Marmet dans la Référence [32] publiée en 2007 comme étant liée au ratio de la constante de structure fine α de la manière suivante.

Alors que l'amplitude traditionnelle de l'oscillation de toutes les fréquences électromagnétiques sur les plans longitudinaux parallèles à la direction du mouvement des champs continus d'énergie conçus par Maxwell correspond à $\lambda/2\pi$, il a été compris, alors que la référence [32] était en cours de développement, que l'amplitude maximale réelle de l'oscillation transversale des deux particules de Broglie au sein de chaque quantum électromagnétique localisé était en réalité de $\alpha\lambda/2\pi$ – voir l'Équation (25).

Voir l'Équation (18) et la **Figure 9** pour une illustration du cas de l'énergie de la masse au repos de l'électron. Son amplitude d'oscillation transversale dans des directions opposées de ses deux composantes neutriniques se situe sur le plan vectoriel ***I//jk***, et voir l'Équation (17) et la **Figure 7** pour une illustration de l'oscillation des deux composantes électriques du photon ou du photon-porteur en mouvement libre sur le plan vectoriel ***J//jk***.

Cela a conduit au développement, dans la Référence [32], d'une version de l'équation de Coulomb ne nécessitant que la longueur d'onde de tout photon électromagnétique en mouvement libre pour calculer son énergie sans avoir besoin de la constante de Planck, comme présenté avec l'Équation (32) :

$$E = \frac{e^2}{2\varepsilon_o \alpha \lambda} \tag{39}$$

Et à une équation de force de rappel dont l'intensité maximale est atteinte lorsque les deux particules d'un quantum électromagnétique localisé sont à l'amplitude maximale de séparation transversale, en accord avec la loi de Hooke, telle qu'elle a été analysée pour la première fois dans la Référence [46] et développée en détail dans les Références [8] [9] :

 © André Michaud

$$\boldsymbol{F} = \frac{\pi e^2}{\varepsilon_o \alpha^2 \lambda^2} = -k \cdot \frac{\alpha \lambda}{2\pi} \tag{40}$$

15. Corrélation des trois lois de force qui interagissent en fonction de l'inverse du carré des distances

Nous constatons donc que les trois lois de force connues qui interagissent en fonction de l'inverse du carré des distances sont connues depuis des centaines d'années, soit la loi gravitationnelle de Newton et la loi de la force de rappel de Hooke datant du XVIIe siècle, et la loi électrostatique de Coulomb datant du XVIIIe siècle.

C'est d'ailleurs la preuve de Newton que les distributions de masse à symétrie sphérique d'un objet se comportent de la même manière qu'une particule ponctuelle située en son centre, qui a permis de calculer toutes les trajectoires de n'importe quel corps pondérable en mouvement comme si toute sa masse était concentrée en son centre de masse – c'est-à-dire son *centre-de-présence* ⊗ dans l'univers.

Cette même preuve a été utilisée par Coulomb pour établir la loi d'interaction de l'inverse du carré des distances séparant des charges électriques se comportant comme des points localisés, soit un comportement confirmée plus tard comme s'appliquant physiquement entre les électrons et autres particules élémentaires chargées dont les *centres-de-présence* ⊗ se comportent systématiquement comme de telles charges se comportant comme des points localisés lors de toute collisions entre ces particules élémentaires.

Cette preuve a également été utilisée en 1998 pour établir expérimentalement la loi d'interaction de l'inverse du cube des distances séparant les champs magnétiques dont les deux pôles magnétiques coïncident géométriquement avec leur *centre-de-présence* ⊗**,** publiée en 2013 [61], qui a été confirmée expérimentalement en 2014 comme s'appliquant entre les champs magnétiques de véritables électrons [62], qui peuvent être compris comme oscillant à travers le volume infinitésimal *dV* localisé qui peut être conceptualisé comme se situant au *centre-de-présence* ⊗ de chaque particule électromagnétique élémentaire.

15.1 La force de rappel de Hooke

Tel que mentionné et analysé aux Références [8] [9], aussi inattendu que cela puisse paraître, il s'avère que l'équation classique de la loi de Hooke s'applique également au mouvement d'oscillation électromagnétique de la *substance énergie* dont sont constitués les photons et les électrons, tel qu'établi à la **Section XXIII** de la Référence [46], étant donné la propriété d'*élasticité* que chaque quantum continu de cette *substance énergie* fondamentale doit posséder pour que son comportement demeure en accord avec les équations de Maxwell.

C'est en effet cette propriété d'*élasticité* qui permet au demi-quantum orienté transversalement de chaque quantum de s'étirer en deux parties sans se rompre pour constituer les deux charges électriques de signes opposés s'éloignant l'une de l'autre comme l'exige les conditions de de Broglie, sous l'impulsion de la *tendance-à-toujours-*

 © André Michaud

demeurer-en-mouvement de la *substance*, induisant le *courant de déplacement* requis par la théorie de Maxwell et augmentant la tension qui constituent les charges de signes opposés qui atteignent leur maximum d'intensité à la distance maximum d'amplitude que permettra la propriété d'*incompressibilité* de la substance.

La tension de rappel vers la position neutre du *centre-de-présence* ⊗ du quantum, qui augmente à mesure que les deux charges s'éloignent l'une de l'autre, dominera alors et contraindra les deux charges – électriques pour le photon et neutriniques pour l'électron – à revenir vers la position neutre, tel qu'illustré à la **Figure 4a**.

Chaque fois que la position de tension neutre est atteinte, la force de rappel cesse alors d'exister et recommence à exister aussitôt que le cycle suivant de séparation *élastique* est initié. La force de rappel de Hooke a donc une *existence intermittente cyclique* tout au long de l'existence de chaque quantum.

Elle cesse simplement d'exister localement dans le cas de tout photon d'énergie égale ou supérieure à 1,022 MeV qui se découple en une paire électron-positon massive chargée en opposition se déplaçant séparément dans l'espace, car la *substance énergie* du quantum initial qui se découple est alors physiquement coupée en deux quanta différents, au moment où les charges des particules qui se séparent atteignent simultanément la tension de rappel maximale invariante de e=1,602176462E-19 Coulomb et la vitesse d'échappement de la lumière dans l'espace-Y, pour être remplacée par la force de Coulomb, qui entre alors en action permanente entre les particules de charge opposée qui viennent de se séparer dans l'espace.

Il se pourrait bien alors que la force de rappel de Hooke soit la force la plus fondamentale de l'univers, en ce sens que si l'on considère que l'existence de l'énergie électromagnétique a dû logiquement précédé l'existence des premières particules massive de signes opposés, puisque qu'elles proviennent justement d'un découplage de quanta de cette énergie fondamentale, la force de Coulomb ne pouvant avoir commencé à exister que lors du découplage du premier photon suffisamment énergique au tout début de l'univers, tel que mis en perspective à la Référence [53].

15.2 La force électrostatique de Coulomb

La force de Coulomb, souvent rejetée de manière dérogatoire comme étant une "*action fantôme à distance*" (*spooky action at a distance*), apparaît plutôt comme une force ambiante dans l'univers, ne provoquant pas directement la répulsion mutuelle des particules élémentaires chargées de même signe entre elles et l'attraction mutuelle des particules élémentaires chargées de signe opposé, mais induisant plutôt de manière permanente de l'énergie cinétique dans chaque particule chargée en fonction de l'inverse des distances qui les séparent, dont la composante de momentum sera vectoriellement orientée vers les particules élémentaires chargées de signe opposé et vectoriellement orientée en direction opposée des particules élémentaires chargées de même signe ; un peu comme si la force de rappel de Hooke continuait à exister même après que le lien élastique de la substance énergie du photon initial ait été rompu lors de son découplage en deux particules séparées dans l'espace, et continuait de tenter de faire se rapprocher des charges opposées même après qu'elles se soient séparée.

C'est donc la composante momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ de l'énergie induite, orientée

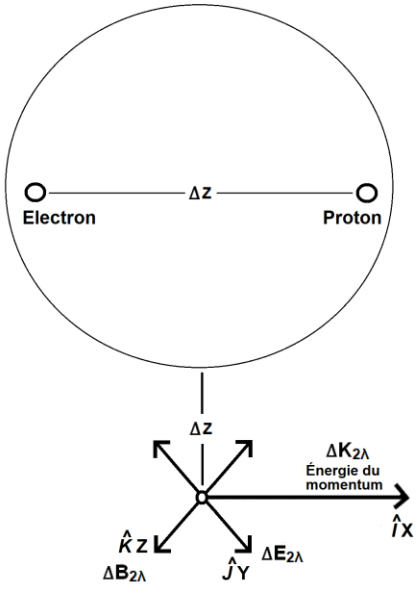
 © André Michaud

unidirectionnellement, qui permet aux particules chargées élémentaires de se déplacer dans l'espace, ou si la vitesse permise par cette énergie $\Delta\boldsymbol{K}$ de momentum est entravée par les circonstances électromagnétique locales, elle exercera une pression équivalente dans la même direction vectorielle contre toute condition électromagnétique qui s'oppose au mouvement de la particule ; tandis que l'autre composante de l'énergie induite oscille électromagnétiquement sur un plan perpendiculaire à la direction d'application de l'énergie du momentum, qui est mesurable soit comme une augmentation $\Delta\boldsymbol{B}$ du champ magnétique de la particule, soit comme une augmentation Δm de sa masse.

Les références [8] [9] ont établi que toutes les particules élémentaires chargées et massives en chute libre dans l'espace sont intrinsèquement inertes dans l'espace-X normal parce qu'aucune partie de leur énergie stabilisée n'est disponible pour fournir l'énergie de momentum nécessaire pour faire bouger leurs *centres-de-présence* ⊗ dans l'espace normal. Cette énergie de momentum doit donc être procurée par le biais d'un photon-porteur dont la composante de momentum $\Delta\boldsymbol{K}$ leur permet alors de se déplacer dans l'espace normal, tel qu'illustré pour l'atome d'hydrogène avec les **Figures 18** et **19**.

Dans le cas de structures stabilisées plus grandes, composées directement de particules élémentaires chargées et massives, jusqu'au niveau des atomes et des molécules, l'énergie de momentum qui provoque le mouvement de ces structures plus grandes, qui ont été nommées *complexes vectoriels trispatiaux de niveau 3* dans les Références [8] [9], la nature de l'interaction coulombienne exige qu'elle induise une énergie de momentum supplémentaire dans chaque sous-composant chargé élémentaire de ces structures, orientée vers toutes les particules chargées de signe opposé situées à l'extérieur de ces structures dans l'univers.

Comme il n'est pas possible de représenter de manière intelligible un réseau aussi complexe de composantes vectorielles de momentum orientées dans toutes les directions de l'espace, il a été choisi de résumer leur ensemble pour chaque atome ou molécule avec *un photon-porteur théorique*, comme dans la **Figure 20** pour l'atome d'hydrogène, dont la direction serait la résultante vectorielle des orientations vectorielles de l'ensemble de ces composantes de momentum supplémentaires.



 © André Michaud

Figure 20: L'atome d'hydrogène en mouvement – *complexe vectoriel trispatial de niveau 3*.

Tous *les complexes vectoriels de niveau 3* tendent à s'assembler en accumulations de *complexes vectoriels de niveau 4* constituant des masses plus grandes dans le champ vectoriel trispatial, comme décrit aux Références [8] [9], en raison de la résultante vectorielle des énergies de leur momentum supplémentaire, qui les oriente vers la recherche constante de l'état le plus stable de moindre action par rapport à toutes les autres accumulations de niveau 4 dans l'univers.

La charge attractive composite de la Terre peut alors être calculée, ce qui conduit à calculer le nombre de charges élémentaires dont est constituée sa masse de niveau 4 ainsi que celle du Soleil, et ainsi de suite pour le niveau astronomique, selon la méthode proposée à la Référence [18].

15.3 La force gravitationnelle de Newton

Ce qui s'est passé historiquement, c'est que Tycho Brahe a soigneusement collecté au cours de sa vie une quantité considérable de données assez précises sur les orbites de toutes les principales *accumulations de matière de niveau 4* dans le système solaire, c'est-à-dire les planètes, à partir desquelles Johannes Kepler établit les trois lois que ces données confirment expérimentalement comme régissant le mouvement des planètes dans le système solaire :

1- Toutes les planètes décrivent des orbites elliptiques dont le Soleil est situé à l'un des deux foyers.

2- Un segment de droite joignant une planète au Soleil balaie des surfaces égales entre l'orbite de la planète et le Soleil pendant un même intervalle de temps.

3- Le cube du rayon moyen d'une orbite planétaire est proportionnel au carré du temps mis par la planète pour parcourir une orbite.

En étudiant les conclusions de Kepler, Newton a conçu le concept de « force » et a confirmé la validité générale de sa théorie gravitationnelle en dérivant les trois lois de Kepler de ses propres équations gravitationnelles, d'une manière clairement expliquée par Georges Gamow, lauréat du prix Nobel pour sa contribution à la théorie relativiste, dans son ouvrage de vulgarisation « *Gravity* » [75].

Il lui semblait évident, à partir de son analyse des lois de Kepler, que le mouvement de toute planète autour du Soleil peut mathématiquement être simplifié à la limite comme s'il était circulaire à une distance du Soleil égale au rayon moyen de l'orbite elliptique. C'est ce qui a permis à Newton d'associer l'accélération centripète du mouvement circulaire v^2/r au mouvement orbital, où v est la vitesse d'un corps en orbite de masse m et dont le rayon de l'orbite circulaire théorique est r.

Son postulat de base était que chaque planète et le Soleil doivent être attirés l'un par l'autre avec une force proportionnelle au produit de leurs masses et inversement proportionnelle au carré de la distance qui les sépare, une relation qui peut être représentée mathématiquement par l'équation suivante:

$$F = G\frac{Mm}{r^2} \tag{41}$$

 © André Michaud

Comme expliqué par Gamow, l'intuition de Newton était que l'accélération centripète multipliée par la masse d'une planète devait être égale à la force d'attraction gravitationnelle, ce qui impliquait la relation suivante :

$$F = ma = \frac{mv^2}{r} = \frac{GMm}{r^2} \tag{42}$$

Enfin, un article publié en 2013 a démontré mathématiquement que toutes les équations de force classiques se résument finalement à traiter une masse ou une charge en cours d'accélération et que, par conséquent, une seule force est en jeu pour toutes ces équations [60].

En ce qui concerne les corps massifs reposant à la surface de la Terre, le *poids* d'un objet ne peut être qu'une mesure de cette *pression* exercée par la somme des énergies de momentum individuelles vectoriellement orientées vers son *centre-de-présence* ⊗, appartenant à la moitié de l'ensemble des particules chargées individuelles des atomes qui constituent la masse mesurable de cet objet. Par exemple, lorsque nous montons sur un pèse-personne pour vérifier notre *poids*, c'est cette pression que la somme des énergies de momentum que cette moitié de la foule de particules chargées élémentaires dont notre corps est constitué exerce vers le sol que nous mesurons. En d'autres termes, ce que nous nommons «*la force de gravité*» peut être considérée comme une *vitesse entravée* exprimée sous forme d'une *pression*, du fait que l'énergie unidirectionnelle du momentum orientées vers le sol, qui est induite dans toutes les particules élémentaires chargées et massives constituant tous les corps ne peut être exprimée sous forme d'un mouvement, tel que clarifié à la Référence [18].

15.4 La loi magnétostatique de l'inverse du cube

Bien qu'elle n'ait rien à voir avec la gravitation en tant que telle, la loi d'interaction de l'inverse du cube des distances entre champs magnétiques des particules élémentaires, dont les deux pôles magnétiques coïncident géométriquement par structure avec leur *centre-de-présence* ⊗ est également importante, car l'impossibilité physique pour les trois champs magnétiques principaux de la triades de sous-composants élémentaires chargés de chaque nucléons de s'aligner en relation parfaite de spin antiparallèle de moindre action est justement la cause de l'établissement des volumes mesurables des atomes, en empêchant les électrons d'approcher plus près que certaines distances des noyaux atomiques en raison de la contrepression qui s'établit entre le champ magnétique de l'électron et celui, toujours en relation principalement parallèle répulsive avec lui par défaut du champ magnétique complexe du noyau, tel que mis en perspective à la Référence [61].

La raison en est que lorsque deux des champs magnétiques principaux d'un nucléon tombent en alignement de spin magnétique totalement antiparallèle, le troisième champ restera toujours en alignement de spin magnétique parallèle avec l'une des deux autres.

En raison de la grande différence des fréquences d'oscillation entre les champs magnétiques de ces sous-composants des nucléons et la fréquence d'oscillation du champ magnétique de l'électron, la contre-pression de répulsion prédominante existant en permanence entre les escortes électroniques et les noyaux atomiques fait en sorte que tous les électrons tombent en équilibre de résonance à certaines distances des noyaux où leur

 © André Michaud

énergie de momentum orientée vers les noyaux contrebalance exactement la répulsion mutuelle de leur propre champ magnétique et de la combinaison des champs magnétiques des nucléons des noyaux, tel qu'illustré avec la **Figure 21** pour l'atome d'hydrogène, développé à la Référence [33].

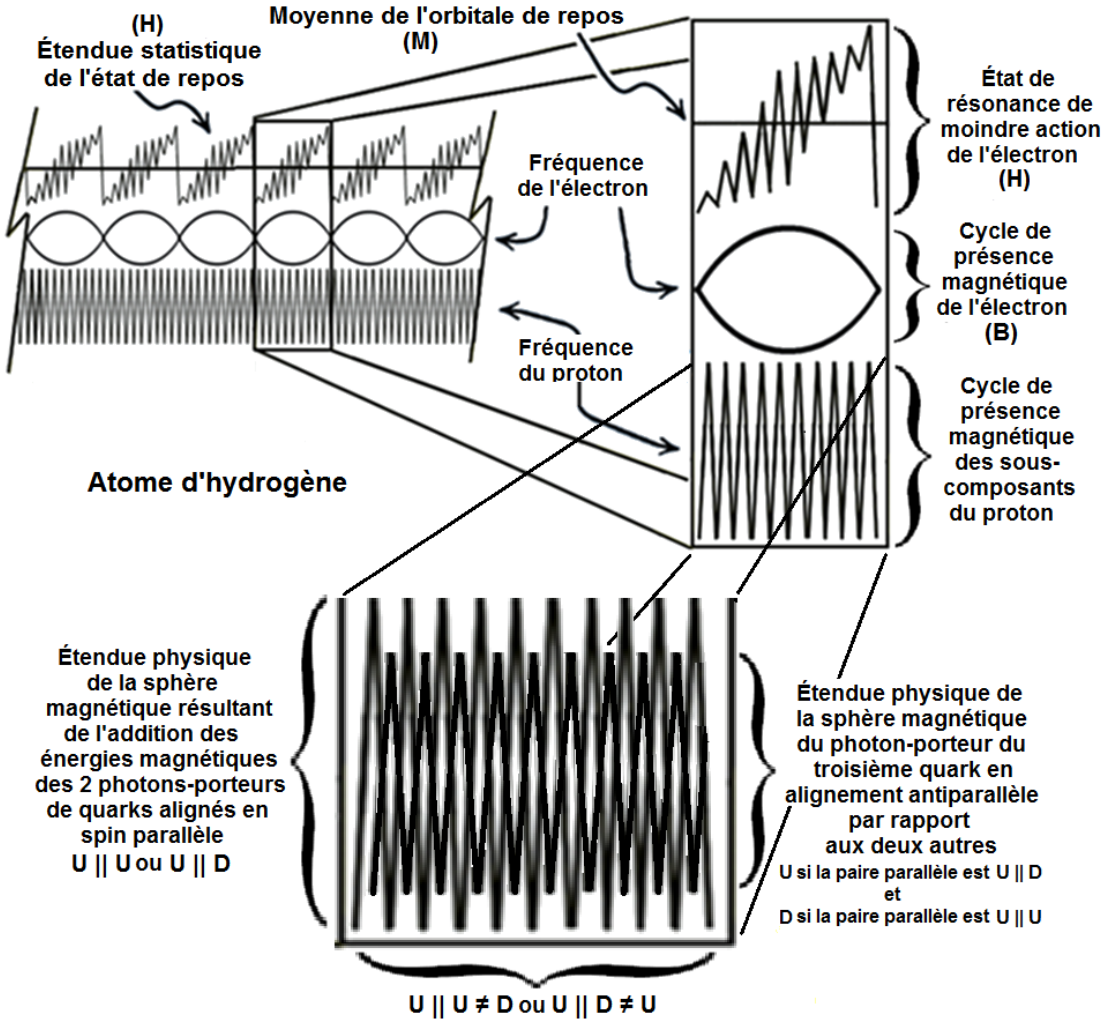


Figure 21: L'état de résonance stationnaire de l'électron dans l'atome d'hydrogène.

La loi de l'inverse du cube en fonction de la distance entre de tels champs magnétiques oscillants a été confirmée expérimentalement par deux expériences, dont l'une peut être facilement reproduite en laboratoire avec des aimants magnétisés de sorte que les deux pôles de chaque aimant coïncident avec le centre géométrique de chaque aimant [61], dont le compte rendu a été publié en 2013, soit un an avant que Kotler et al ne publient le compte rendu de leurs expériences de confirmation avec de vrais électrons [62].

15. Conclusion

Ce projet de recherche a permis d'identifier quatre déconnexions majeures entre

 © André Michaud

l'ensemble des prémisses qui sous-tendent les théories actuelles de la cinématique et de la mécanique électromagnétique et l'ensemble des données expérimentales accumulées au cours des siècles passés.

La première déconnexion concerne la croyance de longue date selon laquelle la force gravitationnelle de Newton est 39 ordres de grandeur plus faible que la force de Coulomb, en raison d'une négligence de vérification numérique que malgré que la constante gravitationnelle G incorpore la masse du Soleil, le rayon moyen de l'orbite terrestre et le temps nécessaire – une année – pour que la Terre effectue une orbite, elle est néanmoins utilisée pour comparer la force obtenue avec l'Équation (41) gravitationnelle entre les masses infimes d'un électron et d'un proton dans l'atome de Bohr au moyen de cette constante spécifiquement adaptée pour traiter les masses astronomiques dans le système solaire, à la force obtenue avec l'équation de Coulomb (35) entre leurs charges égales dans l'atome de Bohr, analysée dans la référence [60].

La deuxième déconnection concerne la décision prise en 1907 par la communauté des théoriciens de ne pas tenir compte dans de leurs développements théoriques des possibilités qui semblaient émerger des propriétés électromagnétiques nouvellement identifiées et confirmées des électrons en mouvement libre établies à partir des données recueillies lors des expériences de Kaufmann, et de ne pas les avoir même documentées dans les ouvrages de référence de l'époque, ce qui n'a été signalé qu'indirectement près de 70 ans plus tard en 1982 à la page 159 de la biographie d'Einstein par Abraham Pais [13].

La troisième déconnexion concerne l'erreur de calcul commise par inadvertance par Louis de Broglie lorsqu'il a calculé *la vitesse de l'onde de phase* de l'électron sur l'orbite de repos de l'atome de Bohr dans sa thèse de 1924, parce qu'il n'avait pas été informé, faute de références appropriées dans la littérature, du fait que les données de Kaufmann avaient révélé 20 ans plus tôt qu'à toute vitesse induite dans les électrons par la force de Coulomb, une quantité d'énergie deux fois supérieure à son énergie de momentum est induite dans l'électron, ce qui l'a amené à obtenir *une vitesse de l'onde de phase égale à seulement la moitié de celle de la particule qu'elle contrôle*, ce qui a ensuite été établi comme *fondement incorrect sur lequel se sont appuyés tous les développements ultérieurs en Mécanique Quantique et en Théorie Quantique en général*, tel qu'analysé à la Référence [20].

La quatrième déconnexion concerne la croyance injustifiée de longue date selon laquelle la répulsion électrostatique entre des particules chargées élémentaires de même signe a des effets à longue distance aussi importants que l'attraction électrostatique entre des particules chargées élémentaires de signes opposés, ce qui a été considéré de manière injustifiée comme disqualifiant l'interaction de Coulomb comme étant impliquée dans l'attraction gravitationnelle, tel qu'analysé à la Référence [72].

Il est attendu que les quatre déconnexions majeure qui ont été identifiées au cours de ce projet dans la progression de l'acquisition de connaissances à partir de données expérimentales recueillies au fil de l'histoire soient également identifiées et intégrées éventuellement par la prochaine génération de théoriciens et qu'une reconnexion complète sera finalement faite avec les 300 ans de progrès expérimentaux continus qui ont culminé avec l'explosion littérale de nouvelles découvertes qui ont caractérisé les dernières décennies du 19ème siècle et qui ont abouti à la vague d'applications technologiques réussies dont la communauté des ingénieurs nous a gratifiés au cours du

 © André Michaud

20ème siècle.

 © André Michaud

References

[1] Einstein, A. (1905c) *Zur Elektrodynamik bewegter Körper*. *Annalen der Physik*, vol. 17, n° 10, 30 juin 1905, p. 891–921 (DOI 10.1002/andp.19053221004, https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053221004

[2] De Broglie, L. (1993) *La physique nouvelle et les quanta*, Flammarion, France 1937, 2nd Edition 1993, with new 1973 Preface by Louis de Broglie. ISBN: 2-08-081170-3.

[3] Michaud, A. (2016) *On De Broglie's Double-particle Photon Hypothesis*. J Phys Math 7: 153. doi:10.4172/2090-0902.1000153.

https://www.hilarispublisher.com/open-access/on-de-broglies-doubleparticle-photon-hypothesis-2090-0902-1000153.pdf

[4] Michaud, A. (2021) *De Broglie's Double-Particle Photon*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 63–102. https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v4/1979F

https://stm.bookpi.org/NUPSR-V4/article/view/1642

[5] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Electron-Positron Pair Creation in the 3-Spaces Model.* International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, **p**-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 10. pp. 01-10.

http://ijerd.com/paper/vol6-issue10/F06103649.pdf

[6] Wien, W. (1901) *Über die Möglichkeit einer elektromagnetischen Begründung der Mechanik*, Annalen der Physik. 310, Nr. 7, 1901, S. 501-513

https://zenodo.org/record/1424001/files/article.pdf
https://en.wikisource.org/wiki/Translation:On_the_Possibility_of_an_Electromagnetic_Foundation_of_Mechanics

[7] Kaufmann, W. (1901) *Die magnetische und electrische Ablenkbarkeit der Bequerelstrahlen und die Scheinbare Masse der elektronen*. Vorgelegt in der Sitzung vom 8. November 1901. Göttinger Nachrichten, Math.-phys. Klasse, Jg. 1901, S. 143–155.

https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/6/62/Kaufmann_magnetische_und_elektrische_Ablenkbarkeit_der_Bequerelstrahlen_1901.pdf

[8] Michaud, A. (2023) *Introduction to Synchronized Kinematic and Electromagnetic Mechanics*, Journal of Modern Physics, **14**, 876-932. doi:

10.4236/jmp.2023.146051.https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf

[9] Michaud, A. (2023) *Electromagnetic and Kinematic Mechanics Synchronized in their Common Vector Field: A Mathematical Relation*. In: Dr. Madogni Vianou Irenee, Editor. Current Perspective to Physical Science Research Vol. 3. November 23, 2023, Page 55-131.

https://doi.org/10.9734/bpi/cppsr/v3

https://doi.org/10.9734/bpi/cppsr/v3/6575B

[10] Kaufmann, W. (1902a) *Über die electromagnetische Masse des Elektrons*. Göttinger Nachrichten (5): 291–296.

 © André Michaud

http://www.digizeitschriften.de/dms/img/?PID=GDZPPN002499444

[11] Kaufmann, W. (1902b) *Über die electromagnetische Masse des Elektrons*. Physikalische Zeitschrift, **4** (1b): 54–56

https://wikilivres.org/wiki/Die_elektromagnetische_Masse_des_Elektrons

[12] Kaufmann, W. (1903) *Über die "Elektromagnetische Masse" der Elektronen*, Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften Nachrichten, Mathem.-Phys. Klasse, pp. 91-103.

http://gdz.sub.uni-goettingen.de/dms/load/img/?PPN=PPN252457811_1903&DMDID=DMDLOG_0025

[13] Pais, A. (2008) *Subtle is the Lord: The Science and the Life of Albert Einstein*. Oxford University Press. 2008.

[14] Millikan, R.A. (1913) *On the Elementary Electric Charge and the Avogadro Constant*. Phys. Rev. **2**, 109 – Published 1 August 1913.

https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.2.109

[15] Michaud, A. (2016) *On Adiabatic Processes at the Elementary Particle Level*. J Phys Math 7: 177. doi:10.4172/2090-0902.1000177.

https://projecteuclid.org/journals/journal-of-physical-mathematics/volume-7/issue-2/On-Adiabatic-Processes-at-the-Elementary-Particle-Level/10.4172/2090-0902.1000177.full

[16] Michaud, A. (2021) *On Adiabatic Processes at the Subatomic Level*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 30–62. https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v4/1978F

https://stm.bookpi.org/NUPSR-V4/article/view/1641

[17] D'Abro, Aram. (1951) *The Rise of the New Physics*. Dover Publications, New York.

[18] Michaud, A. (2022) *Demystifying the Lorentz Force Equation*. Journal of Modern Physics, Vol.13 No.5, May 2022, **DOI:** 10.4236/jmp.2022.135046

https://www.scirp.org/pdf/jmp_2022053015080692.pdf

[19] Lorentz, H.A. (1904) *Electromagnetic phenomena in a system moving with any velocity smaller than that of light*, in: KNAW, Proceedings, 6, 1903-1904, Amsterdam, 1904, pp. 809-831.

https://en.wikisource.org/wiki/Electromagnetic_phenomena.

[20] Michaud, A., (2024) *Critical Analysis of the Origins of Heisenberg's Uncertainty principle*. Journal of Modern Physics, **14**, 876-932.

https://www.scirp.org/pdf/jmp2024156_17505289.pdf

[21] Michaud, A. (2013) *From Classical to Relativistic Mechanics via Maxwell*, International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 4. pp. 01-10.

https://www.researchgate.net/publication/282353551_From_Classical_to_Relativistic_Mechanics_via_Maxwell

[22] Anderson, C.D. (1933) *The Positive Electron*, California Institute of Technology, Pasadena, California (Received February 28, 1933).

 © André Michaud

https://journals.aps.org/pr/pdf/10.1103/PhysRev.43.491

[23] Dirac, P.A.M. (1928) *The Quantum Theory of the Electron*. Proceedings of the Royal Society of London. Series A, Containing Papers of a Mathematical and Physical Character, Volume 117, Issue 778, pp. 610-624.

https://doi.org/10.1098/rspa.1928.0023

https://royalsocietypublishing.org/doi/pdf/10.1098/rspa.1928.0023

[24] Blackett, P.M.S., & Occhialini, G. (1933) *Some photographs of the tracks of penetrating radiation*, Proceedings of the Royal Society, 139, 699-724.

https://royalsocietypublishing.org/doi/epdf/10.1098/rspa.1933.0048

[25] McDonald, K., et al. (1997) *Positron Production in Multiphoton Light-by-Light Scattering*, Phys.Rev.Lett.79,1626.

http://www.slac.stanford.edu/exp/e144/.
http://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.79.1626.

[26] Particle Data Group. *The European Physical Journal - Review of Particle Physics***,** Volume 15 – Number 10-4.2000.

[27] Searle, G.F.C. (1897) *On the Steady Motion of an Electrified Ellipsoid*, Demonstrator in Experimental Physics, Cavendish Laboratory, Cambridge. https://zenodo.org/record/1431237/files/article.pdf

[28] Ernst A. & Hsu J.P. (2001). *First Proposal of the Universal Speed of Light by Voigt in 1887*, Chinese Journal of Physics, Vol. 39, No. 3.

http://adsabs.harvard.edu/cgi-bin/nph-data_query?bibcode=2001ChJPh..39..211E&link_type=ARTICLE&db_key=PHY&high=

[29] De Broglie, L. (1925) *Recherche sur la théorie des quanta*, Annales de Physique, Masson & Cie, Éditeurs. Paris.

https://theses.hal.science/file/index/docid/47078/filename/tel-00006807.pdf

[30] De Broglie, L. (2021) *Research on the Theory of Quanta*, Minkowski Institute Press. Edited by Vesselin Petkov. Montreal. Canada. https://www.amazon.ca/Research-Theory-Quanta-Louis-Broglie/dp/1927763983?asin=1927763983&revisionId=&format=4&depth=1

[31] Marmet, P. (2003) *Fundamental Nature of Relativistic Mass and Magnetic Fields*. International IFNA-ANS Journal, No. 3 (19), Vol. 9. Kazan State University.

http://www.newtonphysics.on.ca/magnetic/index.html

[32] Michaud, A. (2007) *Field Equations for Localized Individual Photons and Relativistic Field Equations for Localized Moving Massive Particles*, International IFNA-ANS Journal, No. 2 (28), Vol. 13, pp. 123-140, Kazan State University, Kazan, Russia.

https://www.researchgate.net/publication/282646291_Field_Equations_for_Localized_Photons_and_Relativistic_Field_Equations_for_Localized_Moving_Massive_Particles

[33] Michaud, A. (2018) *The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. Journal of Modern Physics, 9, 1052-1110. doi: 10.4236/jmp.2018.95067.

 © André Michaud

https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=84158

[34] Michaud, A. (2020) *An Overview of The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. In: Dr. Mohd Rafatullah, editor. New Insights Into Physical Science Vol. 6. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020.

http://bp.bookpi.org/index.php/bpi/catalog/book/265

[35] Einstein, A. (1905b) *Über die von der molekularkinetischen Theorie der Wärme geforderte Bewegung von in ruhenden Flüssigkeiten suspendierten Teilchen*. Ann. d. Phys. 17. P. 549. 1905. https://doi.org/10.1002/andp.19053220806

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.19053220806

[36] Smoluchowski, M. (1906) *Zur kinetischen Theorie der Brownschen Molekularbewegung und der Suspensionen*. In: Annalen der Physik. Band 326, 1906, S. 756–780.

https://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k15328k/f770.chemindefer

[37] Smoluchowski, M. (2023) *Study on Brownian Motion and Related Phenomena*. In: Annalen der Physik. Band 326, 1906, S. 756–780.

http://www.minkowskiinstitute.org/mip/books/MvS.html

[38] Breidenbach M. et al. (1969) *Observed Behavior of Highly Inelastic Electron-Proton Scattering*, Phys. Rev. Let., Vol. 23, No. 16, 935-939.

http://www.slac.stanford.edu/pubs/slacpubs/0500/slac-pub-0650.pdf

[39] *The Electron-Ion Collider*. Brookhaven National Laboratory.

https://www.bnl.gov/eic/

[40] Burkert, V.D. (2022) *Precision Studies of QCD in the Low Energy Domain of the EIC*. arXiv:2211.15746v1 [nucl-ex] 28 Nov 2022.

https://arxiv.org/abs/2211.15746

[41] Lide, D.R., Editor-in-chief (2003) *CRC Handbook of Chemistry and Physics*. 84th Edition 2003-2004, CRC Press, New York. 2003.

[42] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Neutron and Proton Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN : 2278-800X, Volume 7, Issue 9. pp. 29-53.

http://ijerd.com/paper/vol7-issue9/E0709029053.pdf

[43] Michaud, A. (2017) *The Last Challenge of Modern Physics*. J Phys Math 8: 217. doi: 10.4172/2090-0902.1000217**.**

https://www.hilarispublisher.com/open-access/the-last-challenge-of-modern-physics-2090-0902-1000217.pdf

[44] Michaud, A. (2013) *The Mechanics of Neutrinos Creation in the 3-Spaces Model*. International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 7, pp.01-08.

http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue7/A07070108.pdf

[45] Einstein, A. (1905d) *Ist die Trägheit eines Körpers von seinem Energieinhalt abhängig? Annalen der Physik*, vol. 18, n° 13, 1905, p. 639–641. DOI 10.1002/andp.19053231314.

 © André Michaud

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053231314

http://www.fourmilab.ch/etexts/einstein/E_mc2/www/

[46] Michaud, A. (2013) *The Expanded Maxwellian Space Geometry and the Photon Fundamental LC Equation*. International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 6, Issue 8, pp. 31-45**.**

http://ijerd.com/paper/vol6-issue8/G06083145.pdf.

[47] Einstein, A. (1905a) *Über einen die Erzeugung und Verwandlung des Lichtes betreffenden heuristischen Gesichtspunkt*. *Annalen der Physik*, vol. 17, n° 6, 1905, p. 132–148. (DOI 10.1002/andp.19053220607,

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/andp.19053220607

http://users.physik.fu-berlin.de/~kleinert/files/eins_lq.pdf

[48] Michaud, A. (2013) *Deriving ε_0 and μ_0 from First Principles and Defining the Fundamental Electromagnetic Equations Set*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 7, Issue 4 (May 2013), PP. 32-39.

http://ijerd.com/paper/vol7-issue4/G0704032039.pdf

[49] Einstein, A. (1910) *Le Principe de relativité et ses conséquences dans la physique moderne*. Traduit de l'allemand par E. Guillaume. Archives des sciences physiques et naturelle 29 (1910): 5-28; 125-144. Note: The German original has been lost.

https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-doc/169

https://einsteinpapers.press.princeton.edu/vol3-doc/193

[50] Einstein, A. (1910) *The Principle of Relativity and its Implications in Modern Physics*. In: Vesselin Petkov, Editor. Relativity: Meaning and Consequences for Modern Physics and for our Understanding of the World. Minkowski Institute Press. Montreal. Canada. 2021.

http://www.minkowskiinstitute.org/mip/books/einstein2.html

[51] Wien, W. (1893). *Eine neue Beziehung der Strahlung schwarzer Körper zum zweiten Hauptsatz der Wärmetheorie*, Sitzungberichte der Königlich-Preußischen Akademie der Wissenschaften (Berlin), 1893, 1: 55–62.

https://www.biodiversitylibrary.org/item/93363#page/9/mode/1up

[52] Planck, M. (1900) *Über das Gesetz der Energieverteilung im Normalspectrum*. In: *Ann. Phys.* Band 4, Nr. 3, 1901, S. 553–563, doi:10.1002/andp.19013090310.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/pdf/10.1002/andp.19013090310

[53] Michaud, A. (2021) *Our Electromagnetic Universe*. In: Dr. Mohd Rafatullah, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 12. 23 July 2021, Page 64-82.

https://doi.org/10.9734/bpi/nupsr/v12/11459D

[54] Michaud, A. (2024) *Evolution From the Complex Plane to the Quaternion Coordinate System to the Trispatial Geometry*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, **p**-ISSN: 2278-800X. March 2024. Volume 20, Issue 3. pp. 108-130.

http://www.ijerd.com/paper/vol20-issue3/2003108130.pdf

 © André Michaud

[55] Nahin, P.J. (1998). *An Imaginary Tale – The Story of √-1*. Princeton University Press. New Jersey.

[56] Minkowski, H. (1909) *Raum und Zeit.* Physikalische Zeitschrift **10** (1909) S. 104-111.

http://archive.org/details/gesammelteabhan02weylgoog/page/n438/mode/2up?view=theater

[57] Minkowski, H. (2012) *Space and Time: Minkowski's papers on relativity*. Minkowski Institute Press, Montreal. P. 111-125.

https://minkowskiinstitute.com/mip/books/minkowski.html

[58] Sears, F., Zemansky, M. and Young, H. (1984) *University Physics*, 6th Edition, Addison Wesley.

[59] Ohanian, H.C. & Ruffini, R. (1994) *Gravitation and Spacetime*. Second Edition. W. W. Norton & Company, New York.

[60] Michaud, A. (2013) *Unifying All Classical Force Equations.* International Journal of Engineering Research and Development, e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 6, Issue 6 (March 2013), PP. 27-34.

http://www.ijerd.com/paper/vol6-issue6/F06062734.pdf

[61] Michaud, A. (2013) *On The Magnetostatic Inverse Cube Law and Magnetic Monopoles*. International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 5. pp. 50-66.

http://www.ijerd.com/paper/vol7-issue5/H0705050066.pdf

[62] Kotler S., Akerman N., Navon N., Glickman Y., Ozeri R. (2014) *Measurement of the magnetic interaction between two bound electrons of two separate ions.* Nature magazine. doi:10.1038/nature13403. Macmillan Publishers Ltd. Vol. 510, pp. 376-380.

https://www.nature.com/articles/nature13403.epdf?referrer_access_token=yoC6RXrPyxwvQviChYrG0tRgN0jAjWel9jnR3ZoTv0PdPJ4geER1fKVR1YXH8GThqECstdb6e48mZm0qQo2OMX_XYURkzBSUZCrxM8VipvnG8FofxB39P4lc-1UIKEO1

[63] Cornille, P. (2003) *Advanced Electromagnetism and Vacuum Physics*. World Scientific Publishing Co. ISBN 981-238-367-0.

[64] Giancoli D.C. (2008) *Physics for Scientists & Engineers*. Pearson Prentice Hall, USA.

[65] Griffiths, D.J. (1999) *Introduction to Electrodynamics*. Prentice Hall, USA.

[66] Ciufolini I & Wheeler JA (1995). *Gravitation and Inertia,* Princeton University Press.

[67] Michaud, A. (2020) *Electromagnetism according to Maxwell's Initial Interpretation*. Journal of Modern Physics, 11, 16-80. https://doi.org/10.4236/jmp.2020.111003.

https://www.scirp.org/pdf/jmp_2020010915471797.pdf.

[68] Michaud, A. (2020) *Emphasizing the Electromagnetism according to Maxwell's Initial Interpretation*. In: Dr. Thomas F. George, Editor. Chapter 4 In New Insights into Physical Science Vol. 10. West Bengal, India: Book Publisher International. 2020. http://dx.doi.org/10.9734/bpi/nips/v10.

 © André Michaud

https://bp.bookpi.org/index.php/bpi/catalog/book/350

[69] Michaud, A. (2020) *Introduction to Electromagnetism according to Maxwell - Electromagnetic Mechanics*, Generis Publishing, ISBN 978-9975-3238-3-3.

http://generis-publishing.com/book.php?title=introduction-to-electromagnetism-according-to-maxwell-electromagnetic-mechanics

[70] Jackson, J.D. (1997) *Classical Electrodynamics*, Third Edition. John Wiley & Sons, Inc. 1997.

[71] Michaud, A. (2021) *The Last Challenge of Modern Physics: Perspective to Concept and Model Analysis*. In: Dr. Jelena Purenovic, Editor. Newest Updates in Physical Science Research Vol. 4, 1–29.

https://stm.bookpi.org/NUPSR-V4/article/view/1640

[72] Michaud, A. (2013) *Inside planets and stars masses.* International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 8, Issue 1. pp. 10-33.

http://ijerd.com/paper/vol8-issue1/B08011033.pdf

[73] Michaud, A. (2020) *Gravitation, Quantum Mechanics and the Least Action Electromagnetic Equilibrium States*. In: Amenosis Lopez, editor. Prime Archives in Space Research. Hyderabad, India: Vide Leaf. 2020.

https://videleaf.com/gravitation-quantum-mechanics-and-the-least-action-electromagnetic-equilibrium-states/

[74] *Fondation Louis de Broglie*. Institut Louis de Broglie. Academie des Sciences, 23, Quai de Conti ; 75006 Paris.

https://fondationlouisdebroglie.org/institut.html

[75] Gamow, G. (1962) *Gravity*, Science Study Series, Doubleday.

.

 © André Michaud