Introduction à la mécanique cinématique et électromagnétique synchronisée

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: Introduction à la physique fondamentale selon l'harmonisation parallèle des mécaniques cinématique et électromagnétique, conformément au projet de Wilhelm Wien, qui a nécessité l'intégration en mécanique cinématique de l'augmentation de masse de l'électron en fonction de sa vitesse, tel que mesurée par Walter Kaufmann pendant ses expériences avec chambre à bulle, et analysée et confirmée par H.A. Lorentz et tous les physiciens de premier plan qui ont ensuite réexaminé ces données.

Description des 4 niveaux stationnaires d'intensité du champ vectoriel trispatial et de leurs complexes vectoriels.

Mots clés: Mécanique cinématique; Mécanique électromagnétique; Constante de rappel électrostatique; Force de restauration; Gravitation.

Cet article a été publié dans le *Journal of Modern Physics* en Mai 2023:
Michaud, A. (2023) *Introduction to synchronized kinematic and electromagnetic mechanics*. Journal of Modern Physics, **14**, 876-932.
https://doi.org/10.4236/jmp.2023.146051
https://www.scirp.org/pdf/jmp_2023053016192489.pdf

Une version finale augmentée du même article a été republiée sur invitation en septembre 2023 en tant que chapitre 3 sous le titre "*Electromagnetic and Kinematic Mechanics Synchronized in their Common Vector Field: A Mathematical Relation*" dans le livre intitulé "*Current Perspective to Physical Science Research Vol. 3*" qui fait partie d'une collection qui présélectionne les articles jugés dignes d'attention dans l'offre globale, afin de les rendre plus immédiatement accessibles à la communauté.

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

Le texte de la version republiée est disponible **ici.**

Autres articles dans le même projet:

INDEX –Mécanique électromagnétique (Le modèle des 3 espaces)

En voici la traduction française de l'article initial de mai 2023:

 © André Michaud

1. Introduction

Au cours de la première décennie des années 1900, le débat était ouvert à savoir si la masse des corps était de nature mécanique au sens établi en mécanique classique à partir des expériences réalisées avec des masses macroscopiques, ou de nature électromagnétique, selon les découvertes récentes faites à partir des données recueillies sur le comportement électromagnétique des électrons dans la chambre à bulles de Walter Kaufmann [1] [2] [3] [4], à l'aide de faisceaux d'électrons accélérés et guidés sur trajectoires courbes à des vitesses relativistes par une combinaison de champs électriques et magnétiques ***E*** et ***B*** finement calibrés, selon la méthode développée au cours de la décennie précédente par H.A. Lorentz [5].

Coïncidant avec le début des expériences de Kaufmann, mais dans un projet de recherche différent, Wilhelm Wien, le célèbre expérimentateur qui a confirmé pour la première fois la nature quantifiée de la lumière avec ses expériences sur le corps noir [6], publia en 1901 un article analysant la possibilité d'harmoniser la mécanique cinématique avec la mécanique électromagnétique à partir d'une base commune, soit une question qui était débattue dans la communauté des physiciens depuis que Maxwell avait formulé sa théorie électromagnétique 40 ans plus tôt [7] :

> *"Es ist zweifellos eine der wichtigsten Aufgaben der theoretischen Physik, die beiden zunächst vollständig isolierten Gebiete der mechanischen und elektromagnetischen Erscheinungen miteinander zu verknüpfen und die für jedes geltenden Differentialgleichungen aus einer gemeinsamen Grundlage abzuleiten."*
>
> *Wilhelm Wien* (1901) [7]

> *"C'est sans aucun doute l'une des tâches les plus importantes de la physique théorique que de relier entre eux les deux domaines, pour le moment complètement isolés, des phénomènes mécaniques et électromagnétiques, et de déduire des équations différentielles qui seraient valables pour chacun de ces domaines à partir d'une base commune."*

Selon son analyse, la tendance dominante au cours du dernier quart du XIXe siècle, soutenue par Maxwell, Thompson, Boltzmann et Hertz, était de donner la priorité à la mécanique cinématique en tant que fondement commun, Maxwell ayant réussi à établir ses équations électromagnétiques en adaptant l'équation d'onde classique pour rendre compte de la propagation de la lumière dans le vide, ce qui lui a permis de prédire l'existence du spectre entier des fréquences électromagnétiques non visibles, ce qui fut confirmé plus tard par Hertz. Selon les arguments présentés dans son article, Wien était plutôt d'avis que la mécanique électromagnétique serait un fondement commun plus approprié pour cette harmonisation :

> *"Diese Untersuchungen haben zweifellos das Größe Verdienst, nachgewiesen zu haben, dass beiden Gebieten etwas Gemeinschaftliches zu Grunde liegen muss, und dass die gegenwärtige Trennung nicht in der Natur der Sache begründet ist. Andererseits aber scheint mir aus diesen Betrachtungen mit Sicherheit hervorzugehen, dass das System unserer bisherigen Mechanik zur Darstellung der elektromagnetischen Vorgänge*

 © André Michaud

ungeeignet ist."

Wilhelm Wien (1901) [7]

"Ces recherches ont sans doute le grand mérite d'avoir démontré que les deux domaines doivent avoir quelque chose de commun à la base, et que la séparation actuelle n'est pas fondée sur leur nature. Mais d'autre part, il me semble que de ces considération, il ressort de manière certaine que le système de notre mécanique cinématique actuelle ne convient pas à la représentation des processus électromagnétiques."

Son argument le plus important était que les calculs effectués par Searle [8] au moyen des équations de force électromagnétique développées par Heaviside [9] révélaient que l'énergie et la masse des particules localisées chargées en mouvement devaient augmenter avec la vitesse, alors que les calculs effectués au moyen des équations de la mécanique cinématique ne permettaient pas d'obtenir une telle augmentation.

Dans les années qui suivirent la publication de l'analyse de Wien, Kaufmann réalisa de nombreuses expériences impliquant des électrons accélérés à des vitesses relativistes sur trajectoires courbes, ce qui permit de mesurer séparément leurs inerties longitudinale et transversale [1] [2] [3] [4]. L'analyse approfondie des données de Kaufmann effectuée successivement par Abraham, Lorentz, Planck, Poincaré, Bucherer, Neumann et Einstein [10] [11] [12] [13] [14] [15] a confirmé, conformément aux calculs de Searle [8], que l'inertie des électrons se déplaçant à des vitesses relativistes sur trajectoires courbes, augmente en effet avec la vitesse à la fois longitudinalement et transversalement tel que particulièrement bien analysé et expliqué par Lorentz dans son article de 1904 [10], même si l'on ne tient pas compte de l'énergie orientée longitudinalement du momentum des électrons, ce qui procura un solide support à la conclusion de Wien selon laquelle les deux mécaniques devraient être fondées sur l'électromagnétisme.

Cependant, en faisant abstraction de l'énergie du momentum des masses macroscopiques, en raison des vitesses trop faibles pouvant être atteintes avec de telles masses, ce qui relègue à jamais toute mesure possible d'une quelconque augmentation de masse macroscopique liée à la vitesse bien en deçà de tout niveau détectable, tel qu'analysé aux Références [16] [17], aucune augmentation de masse longitudinale ou transversale n'avait jamais été mesurée au cours d'expériences réalisées avec des masses macroscopiques, ce qui entretenait des doutes quant à la possibilité que les masses macroscopiques puissent également être sujettes à l'augmentation de masse observée et confirmée pour les électrons en mouvement.

Dans le même article de 1904 dans lequel Lorentz analyse en profondeur le comportement électromagnétique des électrons dans la chambre à bulles de Kaufmann, il définit également, sur un sujet complètement distinct, l'ensemble des transformations qui ont immédiatement attiré l'attention de toute la communauté, en établissant une base solide pour la théorie de la relativité restreinte (SRT) proposée par Einstein dans son troisième article de 1905 [18]. Il s'agit d'une solution à l'impossibilité *apparente* à cette époque d'identifier *une référence absolue stable* dans l'univers par rapport à laquelle le mouvement des masses pondérables pourrait être défini et calculé, soit une conclusion tirée à la suite de l'échec des expériences de Michelson qui n'ont pas permis de mettre en évidence une telle référence.

 © André Michaud

L'intérêt des transformations de Lorentz résidait dans la capacité qu'elles offraient de décrire mathématiquement et de calculer le mouvement de masses macroscopiques les unes par rapport aux autres du point de vue de la mécanique cinématique, mais malheureusement, cela excluait conceptuellement la possibilité même qu'un mouvement absolu puisse être possible dans l'univers, possiblement à partir d'une référence inattendue qui restait à découvrir, une question qui a finalement été résolue du point de vue de la mécanique électromagnétique, comme nous le verrons plus loin.

Il est intéressant de noter que l'équation de force de Lorentz $F=q(\boldsymbol{E} + \boldsymbol{v}\times\boldsymbol{B})$, dont la validité pour le calcul du mouvement des électrons propulsés et guidés par des champs électriques et magnétiques – confirmée dans le même article de 1904 [10] par l'analyse des données recueillies par Kaufmann – a été utilisée depuis lors pour guider les électrons en mouvement libres avec la plus grande précision dans les tubes cathodiques, et d'autres particules chargées en mouvement libres dans les accélérateurs à haute énergie, sur des trajectoires extrêmement précises qui ne peuvent être établies qu'en tenant compte de l'augmentation transversale de leur inertie liée à la vitesse, tel qu'observée dans la chambre à bulles de Kaufmann :

> *"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) [10]

> *""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 m1, ceux où l'accélération est normale à la trajectoire, comme si la masse était m2. Ces quantités m1 et m2 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"."*

De son côté, Poincaré exprima ce commentaire:

> *"Les calculs d'Abraham et les expériences de Kaufmann ont alors montré que la masse mécanique proprement dite est nulle et que la masse des électrons, ou au moins des électrons négatifs, est d'origine exclusivement électrodynamique. Voilà qui nous force à changer la définition de la masse; nous ne pouvons plus distinguer la masse mécanique de la masse électrodynamique, parce qu'alors la première s'évanouirait; il n'y pas d'autre masse que l'inertie électrodynamique; mais dans ce cas la masse ne peut plus être constante, elle augmente avec la vitesse; et même, elle dépend de la direction, et un corps animé d'une vitesse notable n'opposera pas la même inertie aux forces qui tendent è le dévier de sa route, et à celles qui tendent à accélérer ou à retarder sa marche."*
>
> *Henri Poincaré* (1905) [11]

Mais malgré les calculs de Searle [8], la conclusion de Wien [7] et la confirmation

 © André Michaud

apportée par les données de Kaufmann telles qu'analysées par Lorentz, Poincaré, Bucherer, Neumann, Planck et Einstein [12] [13] [14] [15], le comportement électromagnétique confirmé des électrons a été considéré comme ne s'appliquant pas aux masses macroscopiques pour lesquelles aucune variation de ce type n'avait jamais été mesurée, ce qui a conduit à ignorer ces caractéristiques dans l'établissement de la théorie de la Relativité Restreinte (RR), selon une décision prise en 1907 par les principaux chercheurs de la communauté, en accord avec l'opinion d'Einstein, selon laquelle il valait mieux ne pas en tenir compte pour les masses macroscopiques :

> *"Herr Kaufmann has determined the relation between [electric and magnetic deflection] of β-rays with admirable care. ... Using an independent method, Herr Planck obtained results which fully agree with Kaufmann. ... It is further to be noted that the theories of Abraham and Bucherer yield curves which fit the observed curve considerably better than the curve obtained from relativity theory. However, in my opinion, these theories should be ascribed a rather small probability because their basic postulates concerning the mass of the moving electron are not made plausible by theoretical systems which encompass wider complexes and phenomena."*
>
> *Albert Einstein (1907)* ([15], p. 159)

> *"Herr Kaufmann a déterminé la relation entre [la déflexion électrique et magnétique] des rayons β avec un soin admirable. ... En utilisant une méthode indépendante, Herr Planck a obtenu des résultats qui s'accordent parfaitement avec ceux de Kaufmann. ... Il est encore à noter que les théories d'Abraham et de Bucherer donnent des courbes qui s'ajustent beaucoup mieux à la courbe observée que la courbe obtenue par la théorie de la relativité. Cependant, à mon avis, ces théories devraient se voir attribuer une probabilité assez faible parce que leurs postulats de base concernant la masse de l'électron en mouvement ne sont pas rendus plausibles par des systèmes théoriques qui englobent des complexes et des phénomènes plus vastes."*

Avec ces remarques, l'approche de la mécanique cinématique a donc été choisie comme devant être la base commune à partir de laquelle les équations différentielles applicables à la fois au domaine cinématique et au domaine électromagnétique devraient émerger. La conclusion d'Abraham Pais de 1982 concernant ces remarques d'Einstein et l'accord de la communauté laisse clairement entrevoir les problèmes que cette décision n'a pas permis de résoudre en ce qui concerne les propriétés électromagnétiques de l'électron :

> *"Special Relativity killed the classical dream of using the energy-momentum-velocity relations of a particle as a means of probing the dynamic origin of its mass. The relations are purely kinematic. The classical picture of a particle as a finite little sphere is also gone for good. Quantum field theory has taught us that particles nevertheless have structure, arising from quantum fluctuations. Recently, unified field theories have taught us that the mass of the electron is certainly not purely electromagnetic in nature. But we still do*

 © André Michaud

not know what causes the electron to weigh."

Abraham Pais (1982) ([15], p. 159)

> *"La Relativité Restreinte a tué le rêve classique d'utiliser les relations énergie-momentum-vitesse d'une particule pour sonder l'origine dynamique de sa masse. Les relations sont purement cinématiques. L'image classique d'une particule en tant que petite sphère clairement définie a également disparu pour de bon. La théorie quantique des champs nous a appris que les particules ont néanmoins une structure, issue des fluctuations quantiques. Récemment, les théories unifiées des champs nous ont appris que la masse de l'électron n'est certainement pas de nature purement électromagnétique. Mais nous ne savons toujours pas ce qui cause le poids de l'électron."*

En réalité, le niveau des connaissances sur la nature électromagnétique de l'électron chargé et massif et des autres particules électromagnétiques élémentaires stables dont les atomes constituant toutes les masses macroscopiques sont faits n'était pas suffisamment avancé au début des années 1900 pour que l'on puisse tirer de meilleures conclusions à cette époque.

En parlant de *fluctuations quantiques* dans son commentaire écrit en 1982, Pais faisait bien sûr référence à la *Théorie quantique des champs* (QFT) développée par Paul Dirac, fondée sur la *jauge de Lorenz,* qui postulait un niveau d'énergie conservateur stable du point zéro dans le vide entier, de part et d'autre duquel niveau neutre se dilateraient et se rétracteraient spontanément et stochastiquement des paires de particules élémentaires de charges opposée, telles que des paires électron-positon qui pourraient alors interagir pour constituer toute la matière de l'univers.

Notons ici que la QFT a été conçue avant que l'on ne découvre par observation directe dans des chambres à bulles au début des années 1930 que de telles paires électron-positon ne peuvent en fait naître que par le biais de la déstabilisation de photons électromagnétiques qui possèdent une énergie suffisante pour rendre compte complètement de l'énergie dont sont constituées les masses au repos invariantes des deux particules, c'est-à-dire des photons électromagnétiques qui dépassent légèrement l'énergie seuil de 1,022 MeV, qui est le double de l'énergie de 0,522 MeV connue pour constituer chacune de leurs masses au repos invariantes, lorsque les trajectoires de tels photons s'approchent suffisamment de particules chargées et massives, tel des noyaux atomiques, pour qu'ils se déstabilisent et se convertissent en de telles paires [19] [20], et même lorsqu'ils s'approchent suffisamment d'autres photons en un seul point de l'espace, tel que confirmé expérimentalement à l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) en 1997 [21].

La différence entre la QFT, définie avant ces découvertes, et le modèle trispatial de la mécanique électromagnétique (EMM), qui prend en compte ces processus de génération de paires électron-positon chargées et massives confirmés expérimentalement, constitués de l'énergie électromagnétique de photons localisés interagissant avec des particules chargées et massives ou avec d'autres photons, est analysée à la Référence [22].

Bien entendu, l'image classique et naïve des particules élémentaires en tant que petites sphères clairement définies a définitivement disparu, comme le mentionne Pais. Mais à la lumière des connaissances plus étendues dont nous disposons maintenant, c'est la

 © André Michaud

conclusion selon laquelle les relations entre les masses pourraient être purement cinématiques qui s'avère avoir été tout à fait illusoire, étant donné la découverte ultérieure que l'énergie dont les masses de toutes les particules élémentaires chargées sont faites, constituant les atomes dont les accumulations locales constituent les masses macroscopiques, est de nature purement électromagnétique.

La même nature électromagnétique caractérise aussi leur énergie porteuse, induite en permanence et de manière adiabatique pour chacune d'entre elles par l'interaction Coulombienne en fonction de l'inverse du carré des distances qui les séparent, et qui est constituée de l'énergie unidirectionnelle de leur momentum ΔK, qui assure leur mouvement ou alternativement la pression qu'elles exercent sur d'autres particules, et de l'énergie oscillant transversalement des champs $\Delta \boldsymbol{E}$ et $\Delta \boldsymbol{B}$ locaux induite simultanément qui les guident localement en ligne droite lorsque aucune influence extérieur n'interfère.

Ce sont les propriétés électromagnétiques de cette énergie dont sont constitués la masse invariante des particules élémentaires ainsi que leur *énergie porteuse* que nous analyserons dans cet article, pour ensuite mettre en perspective de quelle manière la mécanique électromagnétique qui en émerge s'harmonise avec la mécanique cinématique traditionnelle.

2. Établissement de la théorie de la Relativité restreinte

Avant de procéder à cette analyse, procédons à un rappel historique des événements qui ont entouré le choix de la perspective cinématique comme fondement commun aux deux domaines et des conséquences de ce choix.

Comme le révèle les remarques d'Einstein précédemment citées, l'approche cinématique a été privilégiée en 1907, ce qui a conduit à l'adoption de la théorie de la Relativité restreinte (RR) sans tenir compte de l'augmentation de la masse transversale des électrons avec la vitesse observée à partir des données de Kaufmann, et qui a formalisé le fondement de la mécanique strictement sur le mouvement relatif des corps les uns par rapport aux autres, selon les transformations de Lorentz [10]. Même la simple possibilité que la lumière puisse se déplacer dans l'univers à la vitesse invariante absolue de la lumière, indépendamment de la vitesse de la source et de celle de la destination absorbante, est rapidement devenue inconcevable pour beaucoup, même si la vitesse des ondes sonores de compression dans un milieu homogène, par exemple, est bien comprise comme étant absolument indépendante de la vitesse de la source et de celle du récepteur.

Pour compenser l'absence de l'augmentation électromagnétique de masse avec la vitesse observées grâce aux données de Kaufmann, la théorie de la Relativité Restreinte faisait varier selon la perspective cinématique le temps et la longueur des masses selon la vitesse en fonction du facteur γ, les longueurs se contractant et le temps ralentissant avec l'augmentation de vitesse et avec l'intensité du gradient gravitationnel, tout en conservant le concept conservatif d'énergie potentielle se convertissant en énergie cinétique de momentum lors des augmentations de vitesse, et reconversion en énergie potentielle lors des ralentissements, ce qui n'implique pas une existence "physique" continue de cette énergie cinétique.

En revanche, l'augmentation de masse électromagnétique de l'électron selon les

 © André Michaud

données de Kaufmann, implique que l'énergie qui constitue l'incrément cinématique de masse de l'électron $\Delta m_m c^2$, correspondant aux champs locaux oscillants $\Delta \boldsymbol{E}$ et $\Delta \boldsymbol{B}$ de son énergie porteuse, ainsi que l'énergie du momentum ΔK associée, existent physiquement et varie de manière adiabatique avec les changements de vitesse ou de proximité avec d'autres particules chargées, sans impliquer aucune variation de temps ou de longueur des masses, l'obéissance au facteur γ étant intrinsèquement respectée autant pour l'énergie du momentum que pour l'énergie des champs oscillants, étant donné leur existence physique continue [23].

Comme l'a observé Einstein, la différence entre la masse longitudinale m_1 et la masse transversale m_2 de l'électron en mouvement – telles qu'identifiées par Lorentz dans son article de 1904 – n'était pas observable pour les masses à notre niveau macroscopique, et cette condition lui semblait, ainsi qu'à ses collègues, non pertinente dans leur recherche de la cause de la gravitation, qu'ils supposaient ne s'appliquer qu'aux masses macroscopiques.

En réalité, toutes les masses macroscopiques étant constituées de particules électromagnétiques chargées subatomiques stabilisées dans divers états de résonance d'action stationnaire, incluant les électrons, il s'avère donc que ce ne peut être que la somme de leurs interactions au niveau subatomique qui peut établir le comportement observable de ces accumulations de particules plus importantes à notre niveau macroscopique. En effet, étant donné les faibles vitesses possibles pour de si grandes accumulations localisées de particules à notre niveau macroscopique, toutes les preuves expérimentales semblent démontrer que tous les processus impliquant de telles masses peuvent être traités avec succès à l'aide de la mécanique cinématique newtonienne classique.

Pour les processus impliquant de très petites masses interagissant avec de très grandes masses, cependant, la mécanique relativiste entre en jeu en raison de la grande influence de changements, même minimes, de l'intensité du gradient gravitationnel sur les distances internes entre les particules chargées stabilisées qui constituent ces petites masses, comme par exemple les horloges atomiques qui s'éloignent de la Terre, ou le mouvement de Mercure sur son orbite elliptique très proche de l'immense masse du Soleil par rapport à sa masse relativement insignifiante, ou les très petites masses des vaisseaux spatiaux Pioneer 10 et 11 s'éloignant de la grande masse du Soleil sur leurs trajectoires les conduisant hors du système solaire, tel qu'analysé à la Référence [23].

À notre niveau macroscopique, cela résume à peu près tout ce que nous pouvons mesurer directement de la somme des interactions entre toutes les particules chargées se produisant au niveau subatomique, dont sont constituées toutes les masses macroscopiques.

Le fait que l'énergie dont est constituée la masse au repos de l'électron est réellement de nature électromagnétique n'a été découvert que plus tard, au début des années 1930, lorsqu'on a observé que des photons d'énergie supérieure à 1,022 MeV pouvaient facilement se convertir en paires électron-positon massives [24] [19] [20]. Mais cette découverte était de toute évidence insuffisante pour entraîner un réexamen, car beaucoup plus tard, soit dans les années 1980, l'opinion de Pais citée plus haut était toujours à l'effet que leurs relations ne pouvaient être que purement cinématiques. Mais de plus en plus de

 © André Michaud

découvertes se sont accumulées depuis pour finalement confirmer hors de tout doute que le fondement commun de la physique devrait être l'électromagnétisme.

L'historique complet de l'évolution de la théorie électromagnétique depuis James Clerk Maxwell [25] et Ludwig Lorenz [26] il y a 160 ans, et l'évolution de la théorie cinématique depuis son recentrage historique sur le mouvement relatif en 1907 sont analysés à la Référence [23]. Depuis que Maxwell et Lorenz ont établi leurs approches apparemment contradictoires, la communauté s'est focalisée strictement sur l'approche de la *jauge de Lorenz*, impliquant *un champ électromagnétique unique*. Cette approche est évidemment correcte pour le traitement de l'énergie électromagnétique à notre échelle macroscopique, la preuve en étant l'ensemble des développements techniques réussis dont nous bénéficions, fondés sur l'idée d'*un champ électromagnétique unique*, dans lequel les différences vectorielles entre le champ ***E*** et le champ ***B*** n'ont aucun rôle à jouer.

Métaphoriquement parlant, tout comme le fait de considérer l'eau comme un fluide à notre niveau macroscopique permet de traiter avec succès tous les aspects de son utilisation qui ne nécessitent pas l'impliquer les caractéristiques individuelles des molécules d'eau quantifiées dont elle est réellement constituée, il est bien compris qu'il serait illusoire d'essayer d'établir les caractéristiques des molécules d'eau quantifiées localisées et de leurs composants subatomiques au moyen de la perspective macroscopique de la fluidité de l'eau.

Il s'avère que la même dichotomie problématique entre la perspective de fluidité du niveau de grandeur macroscopique et la perspective quantifiée du niveau subatomique s'applique également à l'énergie électromagnétique. C'est à ce stade que l'interprétation de Maxwell procure des concepts qui sont absents de l'approche de la jauge de Lorenz et qui permettent de résoudre ce problème au niveau quantifié des photons localisés et des autres particules élémentaires chargées et massives, à savoir les caractéristiques d'*orientation spatiale* de l'oscillation de l'énergie du champ ***E*** par rapport à l'*orientation temporelle* de l'oscillation de l'énergie du champ ***B***, le *courant de déplacement* lié à l'oscillation du champ ***E*** et l'*induction LC mutuelle implicite* des champs ***E*** et ***B***, que Maxwell a contribué avec sa théorie.

En résumé, les deux représentations possibles des *ondes électromagnétiques continues* établies par Maxwell et Lorenz sont illustrées avec les **Figures 1** et **2** comme étant une impulsion électromagnétique oscillante des champs ***E*** et ***B*** intimement liés, les deux champs étant *spatialement* déphasés de 90°, oscillant transversalement sur des plans longitudinaux selon le concept classique d'une onde se propageant par oscillation transversale dans un milieu élastique.

Mais alors que Lorenz les représente comme atteignant *simultanément* leur maximum d'intensité (**Figure2**), Maxwell les a initialement conçus comme atteignant *alternativement* leur maximum d'intensité en étant déphasés de 180° *dans le temps* (**Figure 1**), en introduisant le concept de *courant de déplacement* lié au champ ***E*** comme *cause mécanique* de l'induction du champ ***B***, qui, lorsqu'il atteint son maximum d'intensité, fait tomber le champ **E** à zéro, comme dans la relation LC bien connue, auquel moment le champ ***B*** étant symétriquement en déséquilibre ré-induira le champ ***E*** en se réduisant à son tour à zéro, établissant ainsi la boucle complète d'un cycle de la fréquence correspondant à l'énergie de l'impulsion en cours de propagation.

 © André Michaud

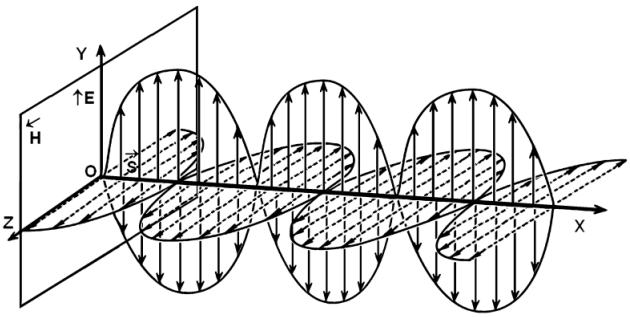

Figure 1: Représentation de l'oscillation transversale *dans l'espace* des champs ***E*** et ***B*** orthogonaux d'une impulsion électromagnétique se propageant dans un milieu élastique sous-jacent – défini comme l'*éther* – déphasés *dans le temps* de 180^{o} et s'induisant mutuellement, impliquant l'existence supposée d'un *courant de déplacement* tel que conçu par Maxwell.

Les concepts de Maxwell d'un *courant de déplacement* et de champs ***E*** et ***B*** séparés, traités comme des entités distinctes s'induisant mutuellement en *oscillation LC*, s'avérèrent superflus et même amenant un niveau de complexité inutile pour le traitement de l'énergie électromagnétique en tant qu'onde continue, et c'est ce qui contribua à ce que l'approche de la gauge de Lorenz lui soit initialement préféré. Mais ces caractéristiques additionnelles de la théorie de Maxwell s'avèrent maintenant les éléments requis pour permettre l'établissement de la séquence ininterrompue de processus de conversions de l'énergie qui établit mécaniquement la séquence connue des états de résonance quantifiées, progressant en intensité du photon en mouvement libre jusqu'aux des états plus intenses des nucléons formant les noyaux atomiques, dont la liste est donnée dans la **Section 7**.

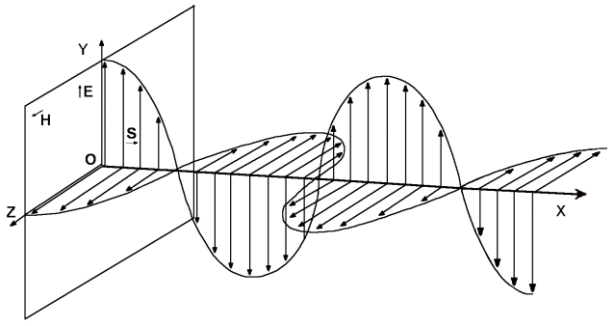

Figure 2: Représentation standard de l'oscillation transversale *dans l'espace* des champs ***E*** et ***B*** orthogonaux d'une impulsion électromagnétique se propageant dans un milieu élastique sous-jacent – défini comme l'*éther* – et atteignant simultanément leur maximum d'intensité *dans le temps*, ce qui correspond à l'interprétation de la *jauge de Lorenz*.

Mentionnons à ce stade de l'analyse que l'interprétation initiale de Maxwell, plus adaptée au traitement des états quantifiés de l'énergie électromagnétique au niveau subatomique, ne disqualifie en rien la perspective de *la jauge de Lorenz*, qui s'est avérée totalement appropriée au traitement de l'énergie électromagnétique en tant que *champ*

 © André Michaud

électromagnétique unique continue à notre niveau de magnitude macroscopique, de la même manière que de traiter les molécules d'eau comme étant quantifiés au niveau moléculaire ne disqualifie le traitement de l'eau comme étant un fluide à notre niveau macroscopique.

Maxwell concevait le mouvement de la lumière dans le vide comme impliquant une *oscillation transversale* des champs E et B de l'énergie de la lumière sur deux plans longitudinaux, décalés spatialement de 90o l'un par rapport à l'autre pour expliquer la vitesse dans la direction longitudinale de la lumière dans le vide (**Figures 1** et **2**), au moyen d'une adaptation de l'équation d'onde de la mécanique classique par similitude avec une onde se propageant le long une corde élastique, tel que analysé à la Référence [27].

$$\frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{m_L}{F}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \quad \text{qui devient après résolution de la constante } m_L/F \quad \frac{\partial^2 y}{\partial x^2} = \frac{1}{v^2}\frac{\partial^2 y}{\partial t^2} \qquad (1)$$

Cette équation établit que les impulsions d'énergie se propagent longitudinalement *en oscillant transversalement sur le plan longitudinal* du mouvement de l'onde – c'est-à-dire que lorsqu'elle est adaptée aux vecteurs mutuellement perpendiculaires des champs électromagnétiques ***E*** et ***B***, l'impulsion électromagnétique se propage sur deux plans perpendiculaires l'un à l'autre qui demeurent parallèles à la direction du mouvement de l'onde (**Figures 1** et **2**).

$$\frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{B}}{\partial t^2} \qquad \text{et} \qquad \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial x^2} = \mu_0 \varepsilon_0 \frac{\partial^2 \mathbf{E}}{\partial t^2} \qquad (2)$$

avec la constante $\varepsilon_0\mu_0$ se résolvant bien sûr en $1/c^2$ par similitude avec l'équation de référence classique (1), établissant ainsi la vitesse correspondante comme la vitesse invariante absolue de la lumière dans le vide.

L'adoption presque immédiate par la communauté de l'approche de la jauge de Lorenz (**Figure 2**), étant donné qu'elle était plus facile à utiliser à des fins de généralisation mathématique, a conduit à ce que la jauge de Lorenz devienne finalement le fondement de tous les développements électromagnétiques ultérieurs jusqu'à ce jour, tels que la QFT dont est issue l'électrodynamique quantique (QED); ce qui a également conduit, en l'absence de référence continue à la possibilité alternative de Maxwell, à la disparition dans la conscience collective du fait que les conclusions originales de Maxwell impliquaient un courant de déplacement et que les champs **E** et **B** avaient des fonctions distinctes et également importantes dans sa théorie, et à la supposition par la plupart de la communauté que l'approche de la jauge de Lorenz était en accord avec les propres conclusions de Maxwell.

3. L'évolution de la géométrie vectorielle de l'espace 3D+1 vers la géométrie vectorielle 3x3D+1

La loi de Biot-Savart, très simple et facile à confirmer, utilisée par Paul Marmet pour dériver l'Équation (30) citée plus loin, pour révéler pour la première fois l'augmentation simultanée avec leur vitesse du champ magnétique et de la masse des électrons se déplaçant dans un fil [28], est l'exemple parfait pour expliquer la triple orthogonalité

 © André Michaud

ontologique de l'énergie électromagnétique, correspondant au produit vectoriel croisé bien établi des vecteurs des champs ***E*** et *B*, résultant en un troisième vecteur de vitesse perpendiculaire aux deux premiers (**Figure 3a**).

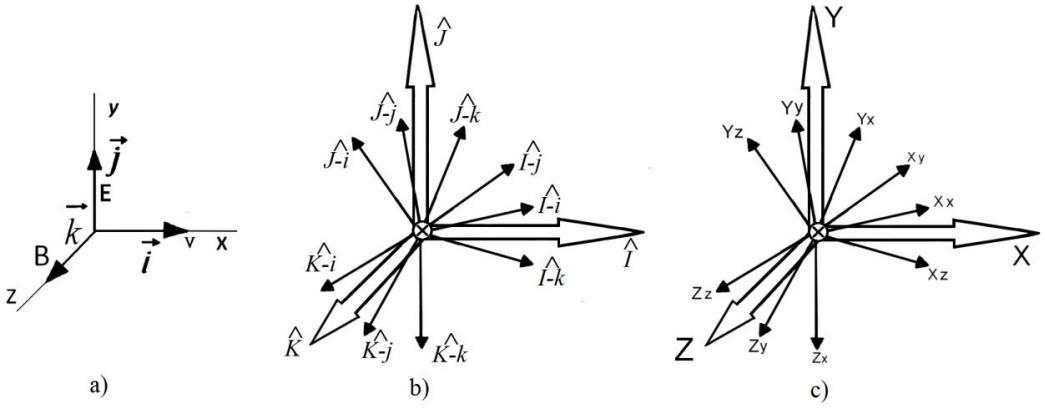

Figure 3: Ensembles des vecteurs unitaires majeurs et mineurs applicables à la géométrie trispatiale.

Lorsque des électrons sont mis en mouvement dans un fil en lui appliquant une tension électrique, un champ magnétique ***B*** macroscopique se développe instantanément autour du fil, qui peut facilement être détecté directement avec une très ordinaire boussole, dont la direction de mouvement de l'énergie autour du fil est orientée très précisément perpendiculairement à la direction de mouvement du flux d'électrons dans le fil. Il est bien établi que ce flux d'électrons se déplaçant de l'extrémité négative du fil vers l'extrémité positive se produit à la surface du fil, chaque électron négatif en mouvement demeurant fortement attiré tout au long de sa progression le long de la surface extérieure du fil vers le noyau atomique positif le plus proche qu'il croise en progressant le long du fil ; c'est-à-dire une direction d'interaction entre les électrons et ces noyaux atomiques qui établit le champ électrique ***E*** comme étant orienté perpendiculairement à la fois à la direction du mouvement du flux d'électrons à la surface du fil d'une part, et à la direction du mouvement de l'énergie du champ ***B*** autour du fil tel que révélé par la boussole. Cette triple orthogonalité peut maintenant être facilement visualisée comme correspondant à la **Figure 3a**.

Au début des années 1930, soit environ 30 ans après la publication par Einstein de son premier article de 1905 sur la question du possible maintien permanent de la localisation de l'énergie électromagnétique après son émission, Anderson [19] observa expérimentalement que les photons localisés d'énergie égale ou supérieure à 1,022 MeV, se convertissaient en paires électron-positon *chargées* et *massives*, les deux particules étant éventuellement mesurées comme étant identiques à tous égards, à l'exception des signes des *charges égales et invariantes* de l'électron et du positon, auxquelles ont été attribués par convention un signe négatif pour l'électron et un signe positif pour le positon.

Cela attira l'attention sur la nécessité d'établir une explication mécanique cohérente de ce processus confirmé de conversion de l'énergie d'un photon électromagnétique localisé en mouvement libre, alors supposé *électriquement neutre* et *sans masse*, en une paire

 © André Michaud

d'électron et positon *massifs* et *chargés* qui se stabilisent dans un état de résonance stationnaire stable – chacun ayant une masse au repos invariante de 9,10938188E-31 kg, une charge unitaire invariante de 1,602176462E-19 Coulombs, et dont le contenu énergétique invariant oscille à une fréquence stable invariante de 1,235589976E20 Hz, correspondant à la longueur d'onde de Compton de l'électron ($\lambda_{c=}2.426310215E\text{-}12\ m$).

3.1 Calcul de la constante de rappel et de la force de restauration des électrons et positons

Nous allons maintenant examiner, à l'aide de la **Figure 4**, la manière dont l'énergie d'un photon de 1,022 MeV est connue pour se convertir en une paire d'électron et positon chargés et massifs, observé pour la première fois par Anderson dans les années 1930 [19] et analysée à la Référence [29].

Pour établir la mécanique de cette conversion, la **Figure 4** ne représente pas l'énergie du champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$, puisque cette énergie sera considérée au moment où elle s'est complètement convertie en les charges jumelles oscillantes du photon, représentées à leur valeur maximale dans l'espace-Y.

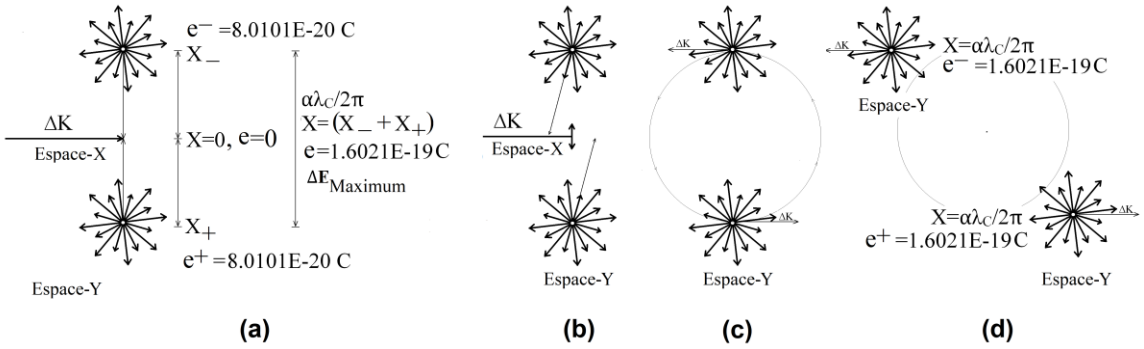

Figure 4: Découplage d'un photon de 1,022 MeV en une paire électron-positon.

La **Figure 4a** représente un photon de 1,022 MeV avant déstabilisation, dont la moitié de l'énergie est son énergie de momentum ΔK, et l'autre moitié est représentée comme le moment instantané où ses deux composants électriques atteignent leur distance maximale $\alpha\lambda_C/2\pi$ l'un par rapport à l'autre, tandis que la présence de son aspect magnétique devient nulle, et où λ_C est la longueur d'onde Compton de l'électron, qui représente la moitié de l'énergie de ce photon de 1,022 MeV.

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 élastique dont sont constitués les photons et les électrons, tel qu'établi dans la Section XXIII de la Référence [30]:

$$F = -kx \tag{3}$$

en relation avec laquelle l'équation *travail/énergie* classique suivante a été établie pour le cas d'un élément soumis à un allongement élastique :

$$E = -\frac{kA^2}{2} \tag{4}$$

© André Michaud

Étant donné que la **Figure 4a** révèle que dans le cas du photon de 1,022 MeV, deux éléments sont soumis à un étirement élastique, l'Équation (4) sera multipliée par 2 pour tenir compte de cette double relation :

$$\mathrm{E} = 2\left(-\frac{\mathrm{kA}^2}{2}\right) = -\mathrm{kA}^2 \tag{5}$$

Il a été établi dans la Référence [31] que même si l'énergie des photons localisés est établie par l'équation traditionnelle $E=hc/\lambda$, λ étant la distance parcourue par un photon pendant que qu'un de ses cycles électromagnétiques transversaux se complète, l'amplitude transversale A de cette oscillation sur le plan transversal sera, en référence à la **Figure 4a**:

$$\mathrm{x} = \mathrm{A} = \frac{\alpha\lambda}{2\pi} \tag{6}$$

et que l'énergie E de tout quantum électromagnétique associé peut être résolue par l'une des relations suivantes, dont la dernière a également été établie à la Référence [31], alors l'énergie liée à la longueur d'onde Compton de l'électron λ_C sera :

$$\mathrm{E_C} = \mathrm{h}\nu_\mathrm{C} = \frac{\mathrm{hc}}{\lambda_\mathrm{C}} = \frac{\mathrm{e}^2}{2\varepsilon_0\alpha\lambda_\mathrm{C}} = 8.187104139\mathrm{E}-14\,\mathrm{j} \tag{7}$$

C'est ce qui a permis d'établir la *constante élastique de rappel électrostatique k* pour ce photon à partir de l'Équation (5) de la manière suivante via une méthode différente de celle utilisée en 2013 [30], en utilisant la définition de l'amplitude A obtenue avec l'Équation (6) et l'énergie de la masse au repos de l'électron obtenue avec l'Équation (7) :

$$\mathrm{k} = -\frac{\mathrm{E_C}}{\mathrm{A_C}^2} = -\frac{8.187104139\mathrm{E}-14}{(\alpha\lambda_\mathrm{C}/2\pi)^2} = -1.031019177\mathrm{E}16\,\mathrm{j/m}^2 \tag{8}$$

Ainsi, tel qu'illustré à la **Figure 4a**, lorsque la moitié oscillante de l'énergie du photon commence à s'éloigner de la position $x=0$ pour atteindre son amplitude maximale $x=A=\alpha\lambda_C/2\pi$, une force nommée *force de restauration* dans la loi de Hooke, parce qu'elle s'exerce dans la direction opposée au déplacement – d'où le signe moins dans l'Équation (8) et dans l'Équation (9) suivante – commence à s'appliquer et atteint son intensité maximale à l'amplitude maximale de l'oscillation transversale, soit une *force de restauration* qui tend inévitablement à ramener les deux composantes chargées vers l'amplitude électrique neutre $x=0$ dans l'espace-Y, dont l'énergie aura momentanément complètement évacuée l'espace-Y en atteignant simultanément son état de présence magnétique maximale dans l'espace-Z:

$$\mathrm{F} = -\mathrm{kx} = -\mathrm{k}\cdot\frac{\alpha\lambda_\mathrm{C}}{2\pi} = -29.05350473\mathrm{Newtons} \tag{9}$$

Comment pouvons-nous maintenant vérifier que ce chiffre est correct ? Puisque la force F est proportionnelle à kx dans l'Équation (9), et qu'elle a été calculée avec une amplitude $A=\alpha\lambda_C/2\pi$ qui est très précisément 137,0359998 fois plus courte que l'amplitude liée à la longueur d'onde Compton de l'électron $\lambda_C/2\pi$, si nous multiplions l'Équation (9) par α une fois, nous obtiendrons la force applicable à la plus grande distance de l'amplitude liée à la longueur d'onde Compton de l'électron λ_C :

 © André Michaud

$$F \cdot \alpha = -k \cdot \alpha^2 \lambda_C / 2\pi = -0.212013666 \text{ Newtons} \quad (10)$$

La valeur numérique obtenue avec l'Équation (10) n'est pas vraiment familière et ne fournit pas en soi une confirmation si évidente de la validité de la valeur obtenue avec l'Équation (9). Mais nous savons que toutes les fréquences liées aux états stables des atomes sont quantifiées selon une gamme croissante de fréquences de résonance précises, de sorte que l'on pourrait s'attendre, en supposant à ce stade que α soit précisément le multiplicateur de fréquence requis, à ce que la répétition du processus de multiplication aboutisse finalement à une valeur de force familière, qui confirmerait alors réellement la validité de l'équation de départ (9).

À propos de cette séquence croissante de fréquences / longueurs d'onde de résonance, nous savons également que l'énergie induite à l'orbite de repos de l'atome de Bohr est égale à l'énergie de la masse au repos de l'électron multipliée par α^2. La force étant proportionnelle à l'énergie, nous pouvons trouver la force associée à l'amplitude d'oscillation de l'énergie d'un photon de même énergie que celle induite à de l'orbite de repos de l'atome de Bohr en la multipliant par α^2 :

$$F \cdot \alpha \cdot \alpha^2 = -k \cdot \alpha^4 \lambda_C / 2\pi = -1.12900148E-5 \text{ Newtons} \quad (11)$$

Mais ce photon se déplace manifestement à la vitesse *c*. Nous savons également que la force est proportionnelle à la vitesse, et nous savons en outre que la vitesse théorique sur l'orbite moyenne de Bohr est égale à *c* multipliée par *α*. Par conséquent, une dernière multiplication par α devrait fournir la force bien connue associée à la distance à laquelle l'électron se stabilise par rapport au proton lorsqu'il est capturé dans l'orbitale de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène, dont la distance moyenne par rapport au proton est précisément le rayon de Bohr :

$$F \cdot \alpha \cdot \alpha^2 \cdot \alpha = -k \cdot \alpha^5 \lambda_C / 2\pi = -8.238721808E-8 \text{ Newtons} \quad (12)$$

Ce qui confirme provisoirement, tel qu'initialement calculé à la Référence [30], que la *constante de rappel électrostatique k*=-1,031019177E16 j/m^2 calculée avec l'Équation (8) s'appliquerait à toutes les charges existantes, qu'il s'agisse de la paire de charges d'intensité variable oscillant dans des photons localisés ou de paires de charges stabilisées séparées comme celles de l'électron, du positon, des charges fractionnaires stabilisées des sous-composants internes collisionables des protons et des neutrons, ou de la charge de l'électron et de la charge composite du proton dans un atome d'hydrogène, et même des paires de charges neutriniques d'intensité invariante oscillant dans des masses stabilisées d'électrons et de positons.

3.2 L'origine de la force de Coulomb

Depuis la découverte de la force de Coulomb, liée à la découverte de l'attraction électrostatique entre charges de signes opposés et de la répulsion entre charges de même signe, la question de la cause ontologique de la force de Coulomb est demeurée ouverte.

Tel qu'analysé à la Référence [32] la répulsion entre charges de même signe peut être négligée au niveau macroscopique entre les particules élémentaires, car étant donné que l'énergie induite dans ces particules diminue à tel point à mesure qu'elles s'éloignent l'une de l'autre que l'effet d'une telle répulsion devient infinitésimale et imperceptible au niveau

 © André Michaud

macroscopique entre toute paire de telles particules. Par conséquent, seulement l'énergie en croissance avec la diminution des distances entre charges opposées procurée par la force de restauration de Coulomb établie à la section précédente sera considérée pour la suite de notre analyse. Pour illustrer à quel point la répulsion électrostatique entre particules chargées de même signe est négligeable à notre niveau macroscopique, il suffit de toucher son pouce avec son index pour se rendre compte que ce contact implique les électrons des couches externes des atomes dont sont constitués les deux doigts, qui se repoussent mutuellement.

Si l'on considère que même à notre niveau macroscopique, lorsqu'on étire une corde élastique, par exemple, la *force de restauration* ne commence à exister que lorsque la corde élastique commence à être étirée, même légèrement, à partir de son état de repos non étiré, et qu'un tel moment de tension nulle existe également pendant le mouvement oscillant constant de l'énergie photonique, on peut également considérer que la *force de restauration* de Coulomb impliquée peut également ne pas exister pendant ce moment fugace au cours duquel l'amplitude transversale x est momentanément égale à zéro dans l'espace-Y, tel qu'illustré à la **Figure 4a**, alors que l'énergie oscillante est simultanément immobilisée momentanément en présence maximale dans l'espace-Z magnétostatique.

Cela permet d'envisager la possibilité que la *force de Coulomb* puisse ne même pas exister sans l'existence préalable de la *substance énergie électromagnétique* fondamentale, et que sa cause puisse être liée aux propriétés intrinsèques de cette *substance énergie*. Les 4 propriétés identifiées dans les références [33] et [34] que cette substance fondamentale doit avoir pour permettre une explication mécanique du comportement des photons localisés, s'avèrent être essentielles pour que l'existence de la force de Coulomb soit même possible. Il s'agit d'une propriété d'*élasticité*, qui permet à la substance de s'étirer et de se contracter grâce à une propriété de *fluidité*, sans que son volume ne varie en raison d'une propriété d'*incompressibilité*, et d'une *tendance-à-toujours-demeurer-en-mouvement*, qui la rend physiquement incapable de demeurer immobile.

Tel qu'analysé en profondeur aux Références [35] [36] [37], la première étape pour qu'une impulsion d'énergie magnétique éjectée d'une antenne dipôle de longueur fixe se mette en mouvement ne peut être que l'auto-orientation transversale de la moitié de cette énergie par rapport à l'autre moitié – une partition *moitié-moitié*, pour des considérations de symétrie – afin de fournir le point d'appui *ds* nécessaire à l'autre moitié, contre lequel appuyer pour propulser la moitié transversale dans le vide, ce que seule une propriété intrinsèque de la substance énergie telle qu'une *tendance-à-toujours-demeurer-en-mouvement* peut logiquement déclencher. Comme le confirment mathématiquement les références [36] [37] [38], cette division symétrique moitié-moitié entre une composante d'énergie *propulsive* orientée longitudinalement ΔK et une composante d'énergie *propulsée* orientée transversalement établit déjà l'invariance absolue de la vitesse de la lumière dans le vide – voir l'Équation (14) ci-dessous.

Lorsque l'impulsion magnétique a commencé à se répartir en deux parties égales en provoquant le déplacement d'une partie de sa substance dans une direction transversale, le mouvement de cette énergie se mouvant transversalement ne pouvait se poursuivre que par la répartition de cette énergie en deux quantités se déplaçant dans des directions opposées, en raison de considérations de symétrie, initiant ainsi l'étirement élastique

 © André Michaud

représenté dans l'espace vectoriel Y, tel qu'illustré à la **Figure 4a**.

Cette répartition en *deux quantités s'éloignant élastiquement l'une de l'autre* déclenche immédiatement l'apparition d'une *force de restauration* liée à une *intensité de rappel élastique croissante* qui atteindra la constance du niveau *k* à l'amplitude maximale de l'oscillation, une intensité qui se stabilise universellement au niveau maximal d'exactement e=1,602176462E-19 Coulomb, qui est l'intensité de charge maximale atteinte pour tous les électrons et les positons de l'univers lorsque chaque paire se découple, se séparant physiquement en parts égales toute l'énergie de 1,022+ MeV du photon dont ils sont issus, et qui demeure ensuite à cette intensité maximale dans tous les électrons et positons de l'univers, tel qu'illustré à la **Figure 4d**. Il pourrait même être considéré que la charge unitaire des électrons et des positons n'est rien d'autre que *la constante de rappel élastique fondamentale de l'univers*.

Lorsqu'elles atteignent la séparation transversale maximale, en raison de la propriété d'*incompressibilité* de leur substance et de l'exigence de mouvement maintenant satisfaite pour la moitié d'énergie de momentum ΔK, et étant donné que le mouvement longitudinal est maintenant interdit pour les deux composantes de la moitié de l'énergie en mouvement transversal, la seule possibilité pour elle d'obéir à sa *tendance-à-toujours-demeurer-en-mouvement* est de commencer à reculer symétriquement vers le centre commun de présence qu'elle partage avec la composante d'énergie de momentum maintenant complètement déployée, et le seul moyen mécanique pour que le volume *incompressible* de la substance énergétique en cours de reflux lui permette de continuer à se déplacer est qu'elle commence à se déplacer symétriquement dans une troisième direction en s'étendant de façon omnidirectionnelle comme une sphère d'énergie dans ce qui est représenté par l'espace vectoriel Z de la **Figure 3c**.

Ayant alors complètement évacué l'espace-Y, son amplitude atteignant zéro dans cet espace et son volume atteignant son maximum dans l'espace-Z, pour continuer à se déplacer, l'énergie commencera alors à retourner dans l'espace-Y comme les deux éléments séparés s'éloignant l'un de l'autre tel qu'illustré à la **Figure 6e**, initiant le deuxième cycle de l'oscillation LC désormais établie du quantum d'énergie électromagnétique, se déplaçant à la vitesse c dans le vide de l'espace-X normal, dont l'*ensemble des centres de présence* de tous les photons existant établit un champ vectoriel trispatial *de niveau 0* interagissant peu les un avec les autres et se déplaçant à la vitesse de la lumière dans toutes les directions dans l'univers.

Tout photon trispatial de niveau 0 atteignant l'intensité seuil de 1,022 MeV est alors susceptible de se découpler en une paire d'électron-positon tel que représenté à la **Figure 4**, dont l'*ensemble des centres-de-présence de niveau d'intensité 1,602176462E-19 Coulomb* établirait *deux champs vectoriels trispatiaux opposés* de part et d'autre du champ trispatial de niveau 0, dont chaque élément cherche constamment à rejoindre n'importe quel élément de niveau 1,602176462E-19 Coulomb du champ opposé avec l'intensité de rappel établie avec l'Équation (8), définissant ainsi *un champ gravitationnel de complexes vectoriels trispatiaux de niveau 1*, et dont chaque élément s'accompagne d'un photon *de niveau 0* induit par l'interaction colombienne qui lui permet de se déplacer ou d'appliquer une pression en fonction du niveau d'énergie de ce photon et de l'équilibre électromagnétique local. Le champ gravitationnel stable de complexes vectoriels trispatiaux de *niveau 2* sera décrit plus loin.

 © André Michaud

Il pourrait donc être conclu provisoirement que l'existence même de la force de restauration de Coulomb serait due à l'existence ontologique de cette propriété de la *substance énergie* fondamentale de *toujours-tendre-à-demeurer-en-mouvement*.

3.3 Le découplage de photons de 1.022 MeV

La **Figure 4b** illustre le début du processus de déstabilisation du mouvement de retour l'un vers l'autre des deux éléments chargés qui les empêche de revenir directement l'un vers l'autre, comme illustré à la **Figure 4a**, dans leur processus de transfert vers l'espace-Z. Cette déflexion de leurs trajectoires de retour initie un mouvement orbital autour du *centre de présence* du photon qui les conduira inexorablement à atteindre l'orbite d'échappement circulaire, tel qu'analysé à la Référence [29], soit un mouvement soutenu par l'énergie de momentum ΔK du photon qui transfère progressivement dans l'espace-Y pour fournir l'énergie croissante nécessaire à l'établissement de cette orbite circulaire, qui sera établie lorsque les deux éléments atteindront simultanément la vitesse de la lumière sur cette orbite, tel qu'illustré à la **Figure 4c**, à partir de laquelle ils se sépareront pour se déplacer séparément dans l'espace-X, en partageant le reste de l'énergie du photon initial, tel qu'illustré la **Figure 4d**. Le cycle mécanique complet du découplage du photon initial est analysé en profondeur à la référence [29].

Cette conversion confirmée des photons électromagnétiques en mouvement libre en particules élémentaires massives et chargées, observée pour la première fois par Anderson en 1933 [19], est l'événement qui confirmé la nature électromagnétique de l'énergie dont leur masse est constituée, une confirmation qui a directement invalidé la conclusion à laquelle la communauté était parvenue en 1907, selon laquelle l'électron n'était qu'une masse au sens cinématique du terme tel que défini en mécanique classique, et a mis en lumière le fait que cette énergie de masse au repos invariante était alors également susceptible d'être représentée comme une moitié correspondant à un champ ***E*** invariant – invariant, compte tenu de l'invariance de sa charge unitaire – tandis que l'autre moitié ne pouvait correspondre qu'à un champ ***B*** oscillant – oscillant, compte tenu du fait qu'aucune autre portion de la quantité totale d'énergie de la masse au repos invariante de l'électron ne reste disponible pour expliquer la fréquence d'oscillation liée à la longueur d'onde Compton connue de l'électron (λc) –, c'est-à-dire le champ **B** tel que découvert par Marmet en 2003 [28] et dont l'oscillation a été expérimentalement confirmée par similitude avec l'expérience publiée en 2013 [38], et directement confirmée avec des électrons en interaction avec l'expérience de Kotler et al. de 2014 [39].

Un premier indice sur la direction à explorer pour établir cette conversion mécanique illustrée par la **Figure 4** a été fourni par Louis de Broglie lorsqu'il a conclu en 1937 que la géométrie de l'espace 3D/4D était trop restrictive pour permettre de décrire et d'expliquer exactement l'existence des particules élémentaires :

> *"... 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*

 © André Michaud

bien obscur aujourd'hui, de ces grands principes directeurs de la nouvelle physique."

Louis de Broglie 1937 ([40], p. 273).

Il se trouve que les conditions établies par de Broglie dans les années 1930 pour que toutes les exigences de symétrie et que les équations de Maxwell soient respectées, peuvent être satisfaites pour les quanta électromagnétiques localisés si l'oscillation auto-entretenue se produit *sur un plan perpendiculaire à la direction du mouvement de l'énergie dans l'espace*, un plan déjà suggéré par le traitement traditionnel de l'énergie par onde plane (**Figure 5a**), et qui n'a pas besoin d'un milieu élastique pour se propager, s'il est lié à une quantité d'énergie de momentum qui permettrait la propagation du quantum d'énergie orienté transversalement qui oscillerait en mode stationnaire.

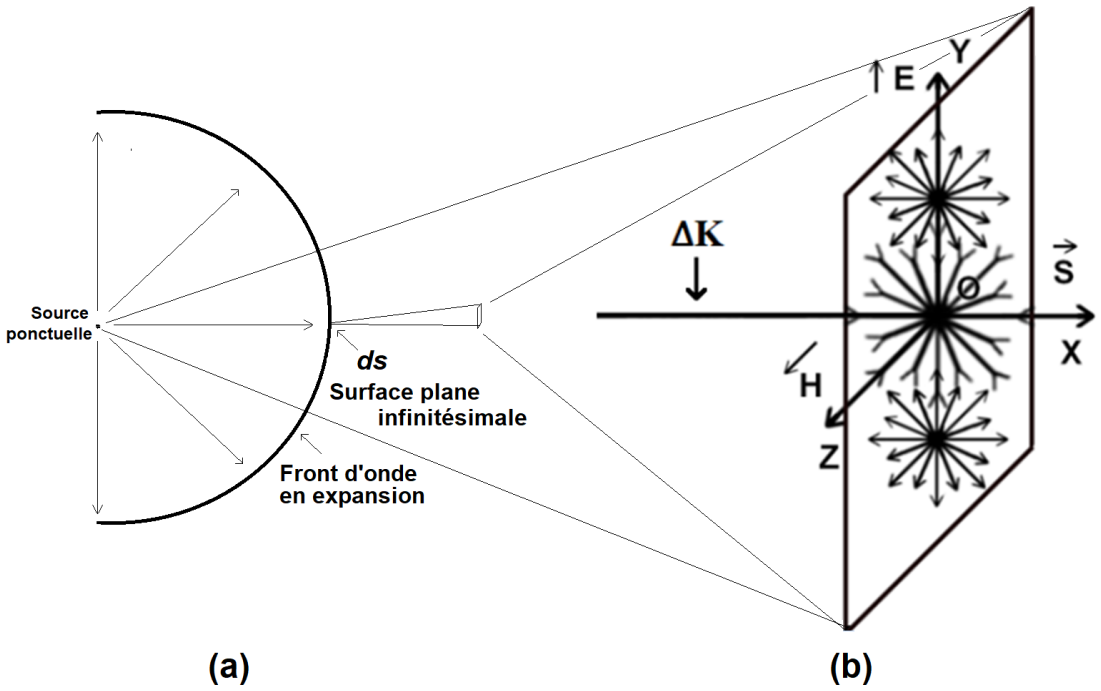

Figure 5: Comparaison entre le traitement traditionnel par onde plane de l'énergie d'une impulsion électromagnétique qui s'étendrait sphériquement dans un milieu sous-jacent (l'éther) à partir de son point d'émission (**Figure 5a**), et le traitement de la même impulsion d'énergie demeurant localisée alors qu'elle se propage sans s'étendre sphériquement, ne nécessitant aucun milieu sous-jacent conformément à la conclusion d'Einstein [41] et aux conditions de de Broglie [40] (**Figure 5b**).

Rappelons que le traitement par onde plane dans la perspective traditionnelle des ondes sphériques en expansion consiste à traiter une section de surface ds infiniment petite du front d'onde, supposée plate en raison de la courbure infinitésimale d'une si petite portion de la surface d'une sphère, pour calculer la même quantité d'énergie émise à la source ponctuelle de l'onde (**Figure 5a**), comme si elle n'était pas distribuée de manière sphérique. Cette méthode permet mathématiquement d'obtenir la même quantité d'énergie

 © André Michaud

émise à la source et à son point d'absorption que si le photon émis était demeuré localisé tout le long de sa trajectoire (**Figure 5b**).

> *"Es scheint mir nun in der Tat, daß die Beobachtungen über die 'schwarze Strahlung', Photolumineszenz, die Erzeugung von Kathodenstrahlen durch ultravioletten 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* ([41], 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 à considérer ici, lors de la propagation d'un rayon lumineux partant d'un point, l'énergie n'est pas répartie de façon continue dans des espaces de plus en plus grands, mais elle est constituée d'un nombre fini de quanta d'énergie localisés en des points de l'espace, qui se déplacent sans se diviser et ne peuvent être absorbés et produits que dans leur ensemble."*

Dans la **Figure 5b**, la représentation vectorielle est un gel du mouvement de l'énergie oscillante à l'étape **6d** de la **Figure 6**, à moitié traversée dans l'espace-Y en provenance de l'espace-Z. Dans ce cas, la condition $\nabla \cdot \boldsymbol{B}=0$ s'applique toujours par structure puisque toute l'énergie du photon demeure contenue dans son volume oscillant local, sa source demeurant toujours locale à la position du photon tout au long de sa trajectoire.

Cette solution émergea de la triple orthogonalité vectorielle invariante, établie de longue date, du produit vectoriel croisé des vecteurs ***E*** et ***B***, qui est si fondamentale en électromagnétisme (**Figure 3a**). Lorsque les vecteurs unitaires mineurs ***j*** et ~~***k***~~ de l'*espace normal* représentant les champs ***E*** et ***B*** sont *amplifiés* pour devenir des *espaces 3D vectoriels majeurs pleinement développés*, représentés par des *vecteurs unitaires majeurs* ~~***J***~~ et ~~***K***~~, chacun possédant son propre ensemble interne de *vecteurs unitaires mineurs* ~~***ijk***~~, un *espace 3D vectoriel normal majeur pleinement développé* représenté par un *vecteur unitaire majeur* ~~***I***~~ en émerge par produit vectoriel croisé des vecteurs majeurs ~~***J***~~ et ~~***K***~~, qui conserve lui aussi son ensemble interne habituel de *vecteurs unitaires mineurs* ~~***ijk***~~ (**Figures 3b** et **3c**).

 © André Michaud

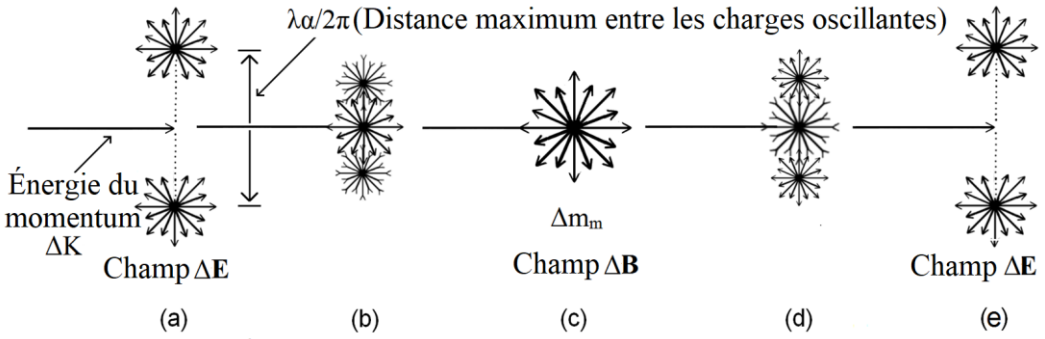

Figure 6: Représentation du cycle d'oscillation transversal stationnaire du demi-quantum électromagnétique oscillant d'un photon en mouvement libre ou du photon-porteur d'un électron.

C'est ainsi qu'émergea, pour fins de visualisation, l'espace vectoriel augmenté 3x3D+1 qui sous-tend le modèle trispatial, l'élément +1 représentant bien sûr la dimension temps. La difficulté pour nous de visualiser mentalement plus de 3 dimensions perpendiculaires à la fois est résolue en traitant chacun des espaces vectoriels 3D majeurs ~~***I J K***~~ comme s'il s'agissait de parapluies à 3 nervures repliés se rencontrant perpendiculairement à leurs trois extrémités, et qui, une fois pliés, ramènent l'ensemble des espaces vectoriels majeurs 3x3D à la représentation vectorielle de base en produit croisé 3D de la **Figure 3a**. Il suffit alors d'ouvrir les parapluies un par un pour visualiser en séquence le mouvement de la substance énergétique à mesure qu'elle circule à l'intérieur de chaque espaces vectoriel 3D de l'ensemble.

L'origine ponctuelle commune des trois espaces vectoriels orthogonaux devient alors un volume *dV* infinitésimal à travers lequel l'énergie du quantum, désormais perçue comme une quantité locale de *substance* physiquement existante, peut maintenant transiter entre les trois espaces comme s'il s'agissait de vases communicants, pour établir l'état d'équilibre requis par la symétrie, et dont la section transversale *ds* infinitésimale sert de point d'appui contre lequel l'énergie de momentum du quantum peut exercer sa *pression* pour provoquer le mouvement de la moitié oscillant transversalement lorsque l'environnement électromagnétique local le permet.

Cette toute nouvelle géométrie d'espace vectoriel a effectivement permis de représenter logiquement non seulement les photons en mouvement libre, mais aussi d'expliquer mécaniquement comment de tels photons d'énergie suffisante peuvent se découpler en paires électron-positon tel qu'illustré à la **Figure 4** [29], et aussi d'expliquer mécaniquement comment des triades d'électrons et de positons suffisamment thermiques peuvent accélérer pour se stabiliser en tant que triades de particules électromagnétiques élémentaires les plus énergétiques pouvant exister dans l'univers, c'est-à-dire les protons et les neutrons [42], représentés comme des complexes vectoriels de *niveau 2* dans le champ vectoriel trispatial universel. Voir les **Figures 14** et **15** plus loin.

Le développement du complexe vectoriel trispatial est ce qui a permis de développer dans les Références [33] [34], la première équation LC de mécanique électromagnétique interne du photon (13) en conformité avec les conditions identifiées par Louis de Broglie comme étant requises pour que les photons localisés satisfassent à la fois la statistique de

 © André Michaud

Bose-Einstein et la loi de Planck, et expliquent parfaitement l'effet photoélectrique tout en respectant les équations de Maxwell et en demeurant conformes aux propriétés de la théorie de Dirac de symétrie des corpuscules complémentaires ([40], p. 277) :

$$E\,\vec{I}\,\vec{i} = \left(\frac{hc}{2\lambda}\right)_X \vec{I}\,\vec{i} + \left[\, 2\left(\frac{e^2}{4C}\right)_Y (\vec{J}\,\vec{j}, \vec{J}\,\vec{j})\cos^2(\omega t) + \left(\frac{L\,i^2}{2}\right)_Z \overleftrightarrow{K}\,\sin^2(\omega t)\right] \qquad (13)$$

4. L'établissement de la mécanique électromagnétique des particules élémentaires

La première étape en préparation d'une harmonisation des mécaniques cinématique et électromagnétique selon le projet de Wien [7] consistait bien sûr à inverser les conséquences de la décision de 1907 qui avait abouti à l'adoption de la théorie incomplète de la Relativité Restreinte, et à prendre enfin en compte le comportement électromagnétique de l'électron observé et mesuré au cours des expériences de Kaufmann.

La particularité de ce comportement électromagnétique observé de l'électron par rapport à son comportement cinématique précédemment accepté est que sa masse mesurable transversalement augmente avec la vitesse, une augmentation qui ne devient mesurable que lorsque les vitesses atteignent plus de 2000 km/s, vitesses qui ont été largement dépassées dans la chambre à bulles de Kaufmann.

Ce qui a permis de renverser cette perspective longtemps établie a été la publication, peu après la présentation de la géométrie trispatiale au Congrès-2000 [43], d'un article de Paul Marmet publié en 2003 [28] dans lequel il dérivait une équation dérivée de l'équation de Biot-Savart, qui confirmait que l'énergie du champ magnétique d'un électron en accélération, connue pour augmenter avec la vitesse, était en fait la même énergie que celle mesurée par augmentation de la masse de l'électron d'après les données recueillies par Kaufmann [1] [2] [3] [4].

Cette découverte a permis de séparer pour la première fois l'incrément du champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$ lié à la vitesse de l'électron en accélération du champ $\boldsymbol{B}_e$ invariant de sa masse au repos invariante dans un article publié en 2007 [31] et d'observer que l'énergie porteuse de l'électron avait la même structure électromagnétique que l'Équation (13) pour les photons en mouvement libre. La seule différence est que dans le cas de l'énergie porteuse de l'électron, sa composante de momentum devait *propulser* la masse inerte au repos de l'électron en plus de propulser sa propre masse inerte complémentaire Δm_m, dont l'énergie correspond à cet incrément de champ magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$, ce qui empêche à tout jamais que l'électron puisse atteindre la vitesse de la lumière, car le ratio des énergies $\Delta K / (\Delta m_m c^2 + m_0 c^2)$ ne peut jamais atteindre l'unité, comme dans le cas de l'Équation (13), dans laquelle le ratio des énergies $\Delta K / \Delta m_m c^2$ est invariablement égal à 1/1, ce qui définit la vitesse de la lumière comme une limite de vitesse asymptotique pour toutes les particules élémentaires massives, tel qu'établit avec l'Équation (14) définie à la référence [37] :

© André Michaud

$$v = c\frac{\sqrt{4ax + x^2}}{2a + x} = c\frac{\sqrt{0 + x^2}}{0 + x} = c\frac{\sqrt{x^2}}{x} = c\frac{x}{x} = c \tag{14}$$

Dans laquelle a représente l'énergie en joules de la masse au repos de l'électron ($E=m_0c^2$=8. 18710414E-14 j) et x représente l'énergie en joules de son énergie porteuse. Cette équation fournit la vitesse relativiste de l'électron sur l'échelle complète des vitesses relativistes sans qu'il soit nécessaire d'utiliser le facteur γ de Lorentz, et dans laquelle, si l'énergie de la masse au repos de l'électron a est fixée à zéro dans cette équation, elle fournit alors la vitesse invariante de la lumière de son photon porteur qui se déplace maintenant librement en tant que photon électromagnétique isolé. La première étape de l'harmonisation cinématique-électromagnétique impliquait donc l'incorporation dans les équations de la mécanique cinématique de l'énergie qui contribue à l'augmentation transversale de la masse de l'électron en mouvement.

Cette première étape a été accomplie en incorporant cette énergie magnétique dans l'équation de l'énergie cinétique de Newton $\Delta K = \frac{1}{2}m_0v^2$ afin de rendre compte de la totalité de l'énergie induite par l'interaction coulombienne lors des expériences de Kaufmann dans un article publié en 2013 [37], c'est-à-dire l'énergie de momentum de l'électron plus l'énergie magnétique transverse qui est induite simultanément.

L'équation (14) a été établie précisément comme résultat de cette conversion, qui a d'abord impliqué la conversion de l'équation de l'énergie cinétique de Newton en sa version électromagnétique dans la référence [37], en utilisant comme exemple numérique de confirmation la longueur d'onde bien connue de l'énergie induite au rayon de Bohr de l'atome d'hydrogène comme référence, qui se trouve fournir l'énergie moyenne induite dans l'orbitale électronique de l'état fondamental de l'atome d'hydrogène :

$$\Delta K = \frac{hc}{2\lambda_B} = \frac{mv^2}{2} = 2.17987190\text{2E} - 18 \text{ Joules} \tag{15}$$

La composante manquante de l'énergie magnétique induite dans l'électron à la distance du rayon de Bohr du proton a ensuite été ajoutée à la version électromagnétique de l'équation de l'énergie cinétique :

$$\Delta E = \frac{mv^2}{2} + \Delta m_m c^2 = \frac{hc}{2\lambda} + \frac{L_\lambda \, i_\lambda{}^2}{2} \tag{16}$$

Enfin, en combinant l'Équation LC (13) pour le photon développée à la Référence [30] et l'Équation LC (31) – présentée plus loin – pour la masse au repos de l'électron, développée à la Référence [29], l'Équation (17) a été obtenue, fournissant à la fois l'équation cinématique trispatiale de l'énergie et du momentum, ainsi que sa version électromagnétique :

$$E = \frac{mv^2}{2} + \Delta m_m c^2 + m_0 c^2 = \frac{hc}{2\lambda} + \frac{L_\lambda \, i_\lambda{}^2}{2} + \frac{hc}{2\lambda_C} + \frac{L_{\lambda_c} \, i_{\lambda_C}{}^2}{2} \tag{17}$$

Le processus d'intégration des versions électromagnétiques des trois composantes cinématiques de l'Équation (17) en un seul ratio des énergies unidirectionnelles sur les énergies magnétiques, afin de correspondre au ratio des vitesses au carré conforme à

 © André Michaud

l'Équation (30) de Marmet, a conduit à la forme suivante à la référence [37] :

$$\frac{(hc)^2(4\lambda+\lambda_C)}{\lambda_C\lambda^2\left((2L_C\ i_C{}^2)+(L_\lambda i_\lambda{}^2)\right)^2}=\frac{v^2}{c^2} \tag{18}$$

à partir de laquelle l'équation (14) a été dérivée, ainsi que l'équation (19), à partir de laquelle le facteur γ de Lorentz a été dérivé pour la première fois dans l'histoire dans la référence [37] à partir d'une équation électromagnétique, démontrant ainsi que le facteur gamma est naturellement intégré dans toutes les équations électromagnétiques, et est lié à la variation non rectiligne de l'énergie induite adiabatiquement dans toutes les particules chargées élémentaires par l'interaction de Coulomb et n'a par conséquent aucune relation avec la dilatation du temps et/ou la contraction de la longueur des masses supposées être une prémisse dans la théorie SR.

$$\frac{4\lambda\lambda_C+\lambda_C{}^2}{(2\lambda+\lambda_C)^2}=\frac{v^2}{c^2} \tag{19}$$

Ces développements ont ensuite permis d'établir la série ininterrompue de séquences d'interaction entre les particules chargées élémentaires qui établie une séquence ininterrompue de causalité entre les deux ensembles d'équations cinématiques et électromagnétiques pour tous les processus mécaniques de conversion d'énergie:

1) à partir des quantités d'énergie cinétique unidirectionnelle qui constituent le momentum des particules élémentaires chargées et massives et de leur complément électromagnétique, tous deux induits simultanément et adiabatiquement dans chaque particule chargée par l'interaction de Coulomb, dont la mécanique est analysée aux références [16] et [17],

2) à la libération, sous forme de photon électromagnétique en mouvement libre, de toute quantité de cette énergie qui dépasse la quantité précise autorisée par un état d'équilibre électromagnétique stable ou métastable dans les atomes, par exemple, lorsqu'un électron devient captif de l'état de résonance d'une orbitale disponible d'un atome après avoir accéléré pour atteindre cet état d'équilibre, dont la mécanique trispatiale d'émission et d'absorption est analysée aux Références [35] et [36],

3) à la création de paires électron-positon à partir de la déstabilisation de photons en mouvement libre d'énergie de 1,022 MeV ou plus, dont la mécanique est analysée à la Référence [29],

4) à la création de protons et de neutrons à partir de l'interaction de triades thermiques d'électrons et de positons dans des volumes d'espace suffisamment petits et avec une énergie insuffisante pour échapper à leur capture mutuelle, dont la mécanique de stabilisation est analysée à la Référence [42],

5) à la perte finale, sous forme de neutrinos, d'un excès de masse métastable momentané – différente de l'augmentation de masse relativiste momentanée liée à la vitesse – lorsque des particules élémentaires massives nouvellement créées et surexcitées sont forcées, par les états d'équilibre électromagnétique locaux, d'atteindre leur masse au repos d'électron ou de positon la plus faible

 © André Michaud

possible et désormais stable et invariante, dont la mécanique d'émission trispatiale est analysée à la Référence [44].

5. Établissement de la relation entre l'énergie du champ magnétique et l'énergie de la masse de l'électron

Ce n'est qu'après que Paul Marmet eut établi la relation entre le champ magnétique variable de l'électron en mouvement et sa masse variable en 2003 que l'interprétation initiale de Maxwell s'est à nouveau imposée comme étant nécessaire pour expliquer mécaniquement cette relation [28], parce qu'elle implique par structure que les champs ***E*** et ***B*** doivent s'induire l'un l'autre en alternance, étant donné qu'il n'est pas physiquement possible que le champ $\Delta\boldsymbol{B}$, révélé par la dérivation de Marmet comme étant induit simultanément avec l'énergie ΔK du momentum, ne soit pas accompagné d'un champ $\Delta\boldsymbol{E}$ avec lequel il alternerait, pour expliquer la fréquence d'oscillation de cette énergie porteuse, soit un processus qui doit impliquer par structure un *courant de déplacement* que Maxwell a conçu comme étant impliqué du côté ***E*** de la relation, qui induirait le champ magnétique ***B*** augmentant jusqu'à son maximum d'intensité tandis que le champ ***E*** se réduit à zéro, suivi du rétablissement du *courant de déplacement* et du champ ***E*** lorsque le champ ***B*** se réduit à zéro à son tour, établissant ainsi le cycle électromagnétique LC individuel de la fréquence correspondante.

Cela signifie, puisque l'interaction de Coulomb – liée à la première équation de Maxwell par la relation $e\boldsymbol{E}$ –, dont on sait qu'elle induit dans chaque particule chargée deux fois l'énergie de son momentum, que:

$$\Delta E = d \cdot F = d \cdot q\mathbf{E} = d \cdot q_1 \frac{q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} = d \cdot \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 d^2} = \frac{q_1 q_2}{4\pi\varepsilon_0 d} = \frac{e^2}{2\varepsilon_0 \alpha \lambda} \tag{20}$$

dans laquelle $d=x=a=\alpha\lambda/2\pi$ (réf.: Équation (6))

Soit, l'énergie du momentum ΔK procurée par l'équation relativiste traditionnelle pour calculer l'énergie du momentum:

$$\Delta K = m_0 c^2 (\gamma - 1) \tag{21}$$

plus l'incrément de masse magnétique $\Delta m_m c^2$ révélé par la dérivation de Marmet, qui est égal par structure à la même relation:

$$\Delta m_m c^2 = m_0 c^2 (\gamma - 1) \tag{22}$$

Ce qui signifie, tel qu'observé à la Référence [37], qu'en accord avec l'Équation (20), l'énergie totale induite dans un électron à n'importe quelle vitesse sera égale à :

$$\Delta E = \Delta K + \Delta m_m c^2 = 2 m_0 c^2 (\gamma - 1) \tag{23}$$

Ceci implique que la moitié de l'énergie induite dans chaque particule élémentaire chargée par l'interaction de Coulomb autotranspose par structure la moitié de son énergie transversalement à la direction d'application de son énergie de momentum, une moitié orientée transversalement qui ensuite se mettra d'elle-même à osciller entre un état électrique $\Delta\boldsymbol{E}$ et un état magnétique $\Delta\boldsymbol{B}$ qui fournit l'incrément de masse relativiste – soit

 © André Michaud

la somme des énergies instantanées représentées par $\Delta\boldsymbol{E} + \Delta\boldsymbol{B}$, ou l'énergie de $\Delta\boldsymbol{E}$ ou $\Delta\boldsymbol{B}$ à l'intensité maximale, c'est-à-dire un incrément de masse Δm_m –, qui s'ajoute à la masse au repos m_0 de la particule, une somme qui s'avère être la masse totale propulsée à une vitesse relativiste donnée déterminée par l'énergie de momentum relativiste ΔK induite simultanément.

La découverte de Marmet selon laquelle le champ $\boldsymbol{B}$ de l'énergie de la masse au repos de l'électron ne concerne que la moitié de l'énergie de sa masse au repos a ensuite conduit à d'autres dérivations qui ont permis de comprendre que le champ $\boldsymbol{B}$ du second terme de l'Équation de force de Lorentz est la somme du champ $\boldsymbol{B}_{\mathrm{e}}$ invariant de l'énergie de la masse au repos de l'électron plus celle du champ $\Delta\boldsymbol{B}$ variable de son énergie de transport, qui oscille en mouvement alternatif avec le champ $\Delta\boldsymbol{E}$ associé sur des plans transversaux à la direction de mouvement de l'électron, ce champ $\Delta\boldsymbol{E}$ associé étant lui-même en relation de produit vectoriel croisé avec le champ invariant $\boldsymbol{E}_{\mathrm{e}}$ de l'énergie de la masse au repos de l'électron, ce qui signifie que l'équation de la force de Lorentz :

$$\mathrm{F} = q\left(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}\right) \tag{24}$$

peut être modifiée sous la forme suivante pour décrire un mouvement en ligne droite de la particule q :

$$\mathrm{F} = \mathrm{q}\left[\left(\mathbf{E}_{\mathrm{e}} \times \Delta\mathbf{E}\right) + \mathbf{v} \times \left(\mathbf{B}_{\mathrm{e}} + \Delta\mathbf{B}\right)\right] \tag{25}$$

Notons ici que ce sont les densités égales par structure des composantes $\Delta\boldsymbol{E}$ et $\Delta\boldsymbol{B}$ de l'énergie porteuse – étant donné que c'est la même quantité d'énergie qui oscille entre les deux états – lorsque chacune d'elle atteint alternativement son intensité maximale, qui est à l'origine du mouvement rectiligne par défaut des particules chargées. Les trajectoires courbes des faisceaux de particules élémentaires qui peuvent être calculées à l'aide de l'équation de force de Lorentz sont dues à l'ajout de champs $\boldsymbol{B}$ externes établis dans l'environnement des faisceaux de particules chargées en mouvement, qui ajoutent leur énergie à la composante du champ $\Delta\boldsymbol{B}$ du photon-porteur de chaque particule induit par interaction coulombienne, faisant ainsi dériver le ratio des densités d'énergie $\Delta\boldsymbol{E}$ / $\Delta\boldsymbol{B}$ égal à 1/1 en faveur du ratio des champs $\Delta\boldsymbol{E}$ / ($\Delta\boldsymbol{B}$ + $\boldsymbol{B}_{\mathrm{Externe}}$) qui applique une force transversale favorisant la force magnétique au dépend de la force électrique, ce qui est à l'origine de ces trajectoires incurvées des particules chargées.

Notons également que les champs $\boldsymbol{E}_{\mathrm{e}}$ et $\boldsymbol{B}_{\mathrm{e}}$ qui représentent les deux moitiés de la masse invariante au repos de l'électron et qui font également partie de l'Équation (25) de la force de Lorentz pour les besoins du calcul ne jouent aucun rôle dans le guidage de l'électron, puisqu'ils représentent l'énergie transverse omnidirectionnellement inerte de la masse invariante au repos de l'électron.

Ces considérations ont conduit à l'établissement et à la publication en 2007 [31] des équations de premier niveau de ces deux champs magnétiques distincts à partir des longueurs d'onde spécifiques des différents quanta d'énergie impliqués :

$$\mathbf{B}_{\mathrm{e}} = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 {\lambda_C}^2} \qquad\qquad \Delta\mathbf{B} = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda^2} \tag{26}$$

dont la somme fournit le champ $\boldsymbol{B}$ composite de premier niveau utilisable dans l'équation de la force de Lorentz (24) pour guider les électrons sur des trajectoires

 © André Michaud

rectilignes (l'établissement du champ ***B*** composite définissant les trajectoires courbes sera abordé à la **Section 9**) :

$$\mathbf{B} = \mathbf{B}_e + \Delta\mathbf{B} = \frac{\pi\mu_0 ec\left(\lambda^2 + \lambda_C{}^2\right)}{\alpha^3 \quad \lambda^2\lambda_C{}^2} \tag{27}$$

De même, le champ $\boldsymbol{E}_e$ invariant de premier niveau correspondant à l'autre moitié de l'énergie de masse au repos de l'électron et le champ $\Delta\boldsymbol{E}$ variable de son énergie porteuse ont pu être séparés dans la même référence [31] :

$$\mathbf{E}_e = \frac{\pi e}{\varepsilon_0\alpha^3\lambda_C{}^2} \qquad\qquad \Delta\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0\alpha^3\lambda^2} \tag{28}$$

dont le produit vectoriel croisé – étant donné que leurs énergies sont orientées perpendiculairement l'une à l'autre dans l'espace électrostatique Y, l'énergie du champ $\boldsymbol{E}_e$ étant orientée dans la direction Y-x et l'énergie du champ $\Delta\boldsymbol{E}$ étant orientée dans la direction Y-y – constitue la composante composite de premier niveau du champ ***E*** utilisée dans l'équation de la force de Lorentz (24) en relation avec le champ ***B*** de même densité pour guider les électrons sur des trajectoires rectilignes :

$$\mathbf{E} = \mathbf{E}_e \times \boldsymbol{\Delta}\mathbf{E} = \frac{\pi e}{\varepsilon_0\alpha^3}\frac{\left(\lambda^2 + \lambda_C{}^2\right)\sqrt{\lambda_C\left(4\lambda + \lambda_C\right)}}{\lambda^2\lambda_C{}^2 \quad \left(2\lambda + \lambda_C\right)} \tag{29}$$

Alors, à partir de la définition électromagnétique de la masse magnétique de repos invariante M_0 de l'électron, correspondant à exactement la moitié de la masse au repos m_0 de l'électron, révélée par l'Équation (30) d'une importance capitale de Marmet, numérotée "Équation 23" dans son article [28] :

$$\mathrm{M} = \frac{\mu_0 \mathrm{e}^2 \mathrm{v}^2}{8\pi \mathrm{r_e c}^2} = \frac{\mathrm{m_e}}{2}\frac{\mathrm{v}^2}{\mathrm{c}^2}, \qquad \text{conduisant à} \quad \mathrm{M_0} = \frac{\mu_0 \mathrm{e}^2}{8\pi \mathrm{r_e}} = \frac{\mathrm{m_e}}{2} \tag{30}$$

une équation LC a pu être dérivée à la Référence [29] pour décrire à la fois l'énergie électrique invariante correspondant à la charge électrique localisée dans l'espace-Y, et l'énergie invariante oscillant transversalement entre les espaces X et Z correspondant au champ magnétique de la masse au repos invariante de l'électron :

$$\mathrm{E} = \mathrm{m_e c}^2 = \left(\frac{\mathrm{hc}}{2\lambda_\mathrm{C}}\right)_\mathrm{Y} + \left[2\left(\frac{(\mathrm{e}')^2}{4\mathrm{C}_{\lambda_\mathrm{C}}}\right)_\mathrm{X}\cos^2(\omega\mathrm{t}) + \left(\frac{\mathrm{L}_{\lambda_\mathrm{C}}\,\mathrm{i}_{\lambda_\mathrm{C}}{}^2}{2}\right)_\mathrm{Z}\sin^2(\omega\mathrm{t})\right] \tag{31}$$

et pour son énergie porteuse, une équation LC identique à l'équation (13) précédemment dérivée pour les photons en mouvement libre a également été dérivée, représentant son énergie de momentum résidant dans l'espace-X pendant que son énergie magnétique oscille entre les espaces Y et Z :

$$\mathrm{E} = \left(\frac{\mathrm{hc}}{2\lambda}\right)_\mathrm{X} + \left[2\left(\frac{\mathrm{e}^2}{4\mathrm{C}}\right)_\mathrm{Y}\cos^2(\omega\mathrm{t}) + \left(\frac{\mathrm{L\,i}^2}{2}\right)_\mathrm{Z}\sin^2(\omega\mathrm{t})\right] \tag{32}$$

C'est ce qui a permis de comprendre que l'énergie porteuse variable de l'électron en mouvement avait exactement la même structure électromagnétique que les photons

 © André Michaud

localisés en mouvement libre, dont Louis de Broglie avait émis l'hypothèse de la structure électromagnétique interne dans les années 1930 à la référence [40], d'où le nom de *photon-porteur* donné par la suite à l'énergie porteuse de l'électron dans de nombreux autres articles du projet de mécanique électromagnétique.

Tel que mentionné précédemment, ce développement a ensuite permis de convertir logiquement l'équation non relativiste de Newton relative à l'énergie cinétique de momentum

$$\Delta K = \frac{1}{2} m_0 v^2 \qquad v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta K}{m_0}} \tag{33}$$

à son équivalent électromagnétique en intégrant la composante d'énergie magnétique manquante révélée par l'équation révolutionnaire de Marmet (30) dans l'établissement des équations LC (13) et (31) :

$$v = hc^2 \sqrt{\frac{4\lambda + \lambda_C}{\lambda_c \lambda^2 \left(2L_{\lambda_C} i_{\lambda_C}{}^2 + L_\lambda i_\lambda{}^2\right)}} \tag{34}$$

A partir de laquelle, deux équations ont été dérivées à la Référence [37] qui fournissent toute la gamme des vitesses relativistes de l'électron depuis le zéro m/s théorique jusqu'à près de la limite asymptotique pour les particules massives de la vitesse de la lumière, soit à partir des longueurs d'onde de l'énergie de la masse au repos de la particule et de son photon-porteur, soit directement à partir des quanta d'énergie en joules correspondants :

$$v = c \frac{\sqrt{\lambda_C (4\lambda + \lambda_C)}}{(2\lambda + \lambda_C)} \qquad v = c \frac{\sqrt{4EK + K^2}}{2E + K} \tag{35}$$

Dans la même référence, il a été établi que l'incrément d'énergie du champ magnétique $\Delta \boldsymbol{B}$ qui correspond à l'incrément de masse lié à la vitesse Δm_m observé dans les données de Kaufmann est toujours égal en quantité à la quantité d'énergie de momentum relativiste ΔK qui l'accompagne et qui peut être calculé avec l'équation traditionnelle de l'énergie cinétique relativiste (21), ce qui signifie que la masse relativiste instantanée de l'électron en mouvement peut facilement être calculée sans utiliser le facteur γ, simplement en divisant par 2 la quantité $\Delta \boldsymbol{E}$ d'énergie porteuse calculée avec l'Équation (20), ou en la fixant comme égale à ΔK en calculant avec l'Équation (21) par identité directe avec l'énergie calculée pour ΔK :

$$m = m_0 + \Delta m_m = m_0 + \frac{\Delta E}{2c^2} \tag{36}$$

et que l'équation énergie-momentum qui tient compte à la fois de l'énergie du momentum relativiste et de l'incrément de masse relativiste correspondant à ajouter à la masse au repos de l'électron peut être représentée par l'équation suivante, en ajoutant simplement la quantité totale d'énergie ΔE induite dans l'électron calculée avec l'équation (23) à l'énergie invariante de la masse au repos m_0c^2 de l'électron, pour établir l'équation énergie-moment trispatiale simplifiée :

$$E_e = \Delta E + m_0 c^2 = \Delta K + \Delta m_m c^2 + m_0 c^2 \tag{37}$$

 © André Michaud

6. Relation entre la constante de Planck et les fréquences de résonance des orbitales électroniques

Au début du XXe siècle, Planck découvrit une relation majeure entre les différentes fréquences du rayonnement du corps noir dont Wien avait récemment découvert qu'elles étaient quantifiées. Il observa que leur énergie était systématiquement obtenue par le produit de leur fréquence par une *constante d'action* qu'il avait calculé avoir la valeur très précise de 6,62606876E-34 joules·seconde :

$$E = h\nu \quad \text{et puisque} \quad \nu = \frac{c}{\lambda} \quad \text{alors} \quad E = \frac{hc}{\lambda} \tag{38}$$

Dans sa thèse de doctorat de 1924, Louis de Broglie réussit par une brillante déduction à relier la constante de Planck, symbolisée par la lettre *h*, à la gamme entière des fréquences des photons émis par l'atome d'hydrogène et à mettre en évidence le fait qu'elles sont toutes des multiples entiers de la constante de Planck. La référence fondamentale qu'il a établie fait intervenir la longueur de l'orbite de Bohr – $\lambda=2\pi R$, R étant le rayon de Bohr – et l'équation classique du momentum $p=mv$ appliquée à la masse au repos de l'électron m_0 sur l'orbite circulaire idéalisée de Bohr :

$$h = \lambda m_0 v = \lambda p \tag{39}$$

et en réarrangeant:

$$p = \frac{h}{\lambda} \tag{40}$$

En substituant p de l'Équation (40) à h/λ dans l'Équation (38), on obtient l'équation bien connue de l'énergie du momentum $E=pc$ applicable aux photons localisés :

$$E = \frac{h}{\lambda} c = pc \tag{41}$$

Ces équations bien connues sont généralement mentionnées dans les manuels populaires de référence populaires, tels que les Références [45] et [46], sans expliquer de quelle manière de Broglie a relié la constante de Planck aux fréquences de résonance de l'électron dans les orbitales de l'atome d'hydrogène dans sa thèse de doctorat, publiée en 1924 par l'*Académie française des sciences*. En raison de ses idées radicales, les évaluateurs Jean Perrin, Paul Langevin, Elie Cartan et Charles Maugin ont consulté Einstein pendant le processus d'évaluation pour obtenir son avis, ce qui a conduit Einstein à porter l'article à l'attention de Schrödinger :

> *"The examining board, perplexed by apparently radical ideas of de Broglie, asked Albert Einstein (1879-1955) whether the thesis deserved a doctoral degree. Einstein responded quickly by saying that the thesis deserved a Nobel Prize rather than a doctoral degree. Einstein recommended the thesis to Schrödinger, which resulted in celebrated Schrödinger equation."*
>
> *Nishimura, H.* (2021) ([50], p. iii)

"Le comité d'examinateurs, perplexes face aux idées apparemment

 © André Michaud

radicales de de Broglie, ont consulté Albert Einstein (1879-1955) à savoir si la thèse méritait un diplôme de doctorat. Einstein répondit rapidement que la thèse méritait un prix Nobel plutôt qu'un doctorat. Einstein recommanda la thèse à Schrödinger, d'où découla la célèbre équation de Schrödinger"

Sa thèse a finalement été traduite en anglais seulement en 2021 par l'*Institut Minkowski* [50]. Il peut sembler surprenant qu'un document historique aussi important ne soit resté disponible qu'en français pendant près d'un siècle, mais il n'était pas inhabituel, dans la première moitié du XXe siècle, que des articles scientifiques publiés en Europe ne soient pas traduits dans une langue commune, étant donné que la plupart des scientifiques européens étaient généralement multilingues. De nombreux articles importants de cette époque, rédigés par Planck et Einstein, entre autres, sont désormais à nouveau disponibles dans le langage courant, tel qu'il est mis en perspective dans l'Introduction de la Référence [47].

Ceci ne peut être mieux illustré que par une *note de remerciement* trouvée dans la page d'introduction d'un grand fonds d'*Archives néerlandais de sciences exactes et naturelles* datant de 1900, adressée aux auteurs qui avaient accepté de rédiger leur contribution soit en français, soit en allemand "ou" soit en anglais ([48], p.10), ce qui suggère que la plupart des chercheurs et des lecteurs potentiels des archives de cette époque étaient censés être familiers avec au moins ces trois langues.

Lorsque l'anglais est devenu la langue de publication formelle standard au milieu du XXe siècle, la Mécanique Quantique était déjà une science bien établie qui attirait désormais davantage l'attention sur les développements statistiques complémentaires de Heisenberg et l'ajout récent de l'intégrale de chemin de Feynman plutôt que sur l'équation d'onde de Schrödinger et son hypothèse de de Broglie sous-jacente, toutes deux désormais entrées dans l'histoire, et qui n'attiraient plus suffisamment l'attention pour que son article soit ensuite traduit en vue d'une étude plus poussée. De tels documents scientifiques historiques sont aujourd'hui progressivement traduits en anglais par des institutions telles que l'*Institut Minkowski* afin d'être mis à la disposition de la communauté scientifique internationale.

Examinons maintenant cette équation de de Broglie qui a tant révolutionné la physique fondamentale [49] [50]. Voici comment il introduisit son équation :

"Dans le cas particulier des trajectoires circulaires dans l'atome de Bohr, on obtient:"

$$m_0 \oint v \cdot dl = 2\pi R\, m_0 v = n\, h \tag{42}$$

Avant d'analyser l'équation (42) en détail, examinons de quelle manière il a conçu cette relation, également expliquée dans l'introduction des Références [51] [52]. Voici la description par de Broglie lui-même, de l'observation publiée en 1923 qui l'a conduit à cette conclusion majeure :

"L'apparition, dans les lois du mouvement quantifié des électrons dans les atomes, de nombres entiers, me semblait indiquer l'existence pour ces mouvements d'interférences analogues à celles que l'on rencontre dans toutes les branches de la théorie des ondes et où interviennent tout naturellement

 © André Michaud

des nombres entiers." ([53], p. 461).

Peu après, il publie une autre note dans les *Comptes rendus de l'Académie des Sciences* dans laquelle il propose une interprétation préliminaire des conditions pouvant expliquer la stabilité de l'électron au sein des structures atomiques [54].

Il formula la conclusion majeure de cette note de la manière suivante:

> *"L'onde de fréquence ν et de vitesse c/β doit être en résonance sur la longueur de la trajectoire. Ceci conduit à la condition:"*

$$\frac{m_o \beta^2 c^2}{\sqrt{1-\beta^2}} T_r = nh \qquad n \text{ étant un nombre entier} \tag{43}$$

ce qui est la condition de stabilité déterminée par Bohr et Sommerfeld pour une trajectoire parcourue à vitesse constante [54].

L'année suivante, de Broglie publia deux autres notes [55] [56], auxquelles il se réfère dans la Référence ([53], p. 462), dans l'une desquelles il mentionnait que, de ce point de vue, la fameuse *loi de condition de fréquence* de Bohr pouvait être interprétée comme impliquant une sorte de *battement* ou de *pulsation*, c'est-à-dire un état de résonance associant la fréquence de l'onde émise à l'état stationnaire initial de l'électron et à son état stationnaire final. Puis il a soumis sa thèse de doctorat au comité examinateur.

Nous observons que l'énergie de momentum de l'électron $p=m_0v$ fait partie de l'intégrale résolue de l'Équation (42). On avait déjà compris à l'époque que lorsqu'un électron est capturé par un proton pour former un atome d'hydrogène, son énergie de momentum est libérée dans l'environnement, tout comme lorsqu'une masse macroscopique est soudainement stoppée dans son mouvement. Dans le cas de l'électron, cette capture soudaine l'amène à se stabiliser dans l'état fondamental de l'atome d'hydrogène à la distance moyenne du rayon de Bohr par rapport au proton, bien établie à R_1=5,291772083E-11 m, correspondant à la valeur entière $n=1$ dans l'équation (42).

Il est bien établi que le photon bremsstrahlung émis a une énergie exactement égale à 13,60569162 eV, laquelle, une fois converti en joules, donne :

$$\Delta K = 13.60569162 \cdot 1.602176462E-19 = 2.179871902E-18\,j \tag{44}$$

La vitesse classique de l'électron sur l'orbite théorique de Bohr à la distance du rayon de Bohr peut alors être établie à l'aide de l'équation (33) :

$$v = \sqrt{\frac{2 \cdot \Delta K}{m_0}} = \sqrt{\frac{2 \cdot 2.179871902E-18}{9.10938188E-31}} = 2187691.252\,m \tag{45}$$

La longueur de l'orbite de Bohr est donc:

$$\lambda_{R_1} = 2\pi R_1 = 2\pi \cdot 5.291772083E-11 = 3.32491846E-10\,m \tag{46}$$

Ayant maintenant en main les valeurs numériques de chaque élément de l'intégrale résolue de l'Équation (42) pour la première orbitale, nous ne pouvons qu'imaginer la surprise que de Broglie a dû ressentir en obtenant la constante de Planck en résolvant son équation numériquement, tel qu'expliqué aux Références [57] [58] :

$$h = \lambda_{R_1} m_0 v = 6.626068757E-34\,j \cdot s \tag{47}$$

 © André Michaud

C'est-à-dire une équation qui est à l'origine de l'introduction par Heisenberg de sa relation d'incertitude $\Delta x \cong h/m \cdot \Delta vx$ en relation avec l'intuition précédemment proposée par de Broglie dans la Référence [54] que l'électron devait être en résonance tout le long de sa trajectoire à l'état fondamental dans l'atome d'hydrogène, et qui de plus, confirmait que toutes les orbitales autorisées de l'électron dans l'atome d'hydrogène devaient être des multiples entiers de la constante orbitale de l'état fondamental, une condition qu'il avait précédemment soupçonnée tel que mentionné à la Référence [53], avec la clarification maintenant ajoutée que leurs énergies ne peuvent être que des multiples de la constante de Planck.

Doit-on s'étonner alors qu'Einstein ait immédiatement dit au comité de lecture de la Sorbonne, après avoir été consulté sur la valeur de la découverte de de Broglie, qu'il méritait un prix Nobel plutôt qu'un doctorat [50], pour avoir résolu une question qui avait mystifié la communauté depuis que Planck avait relié sa constante au rayonnement du corps noir !

En effet, personne n'avait réussi avant de Broglie à expliquer mathématiquement comment la constante de Planck pouvait être reliée à d'autres équations connues et à des valeurs numériques établies.

La constante de Planck est alors directement liée à la longueur d'une orbite que l'électron devrait théoriquement parcourir à une distance du proton de l'atome d'hydrogène égale au rayon de Bohr, tout en se déplaçant à la vitesse classique de 2187691,252 m/s, chaque orbite prenant 1,59186E-16 seconde pour être complète, et qui totalisent à un nombre d'orbites parcourues par seconde exactement égal à la fréquence de l'énergie induite dans l'électron à cette distance du proton :

$$\nu_{R_1} = \frac{v}{\lambda_{R_1}} = \frac{2187691.252}{3.32491846E-10} = 6.580495968E15\,Hz \tag{48}$$

Lorsque cette fréquence est multipliée par la constante de Planck, on obtient la quantité exacte d'énergie induite par interaction Coulombienne à l'état fondamental de l'orbite de Bohr, soit la distance *R_1* du proton dans l'atome d'hydrogène :

$$E_B = h\nu_{R_1} = 4.3602818768E-18\,j \tag{49}$$

L'Équation (49) est aussi directement confirmée en appliquant l'équation de Coulomb (20) à cette distance entre l'électron et le proton, ayant tous deux la charge unitaire *e=1,602176462E-19* Coulombs :

$$\Delta E = h\nu_{R_1} = \Delta K + \Delta m_m c^2 = \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 R_1} = 4.359743805E-18\,j \tag{50}$$

Bien entendu, lorsque la véritable vitesse relativiste 2187647,561 m/s liée à la quantité totale d'énergie calculée avec l'équation de Coulomb est utilisée pour calculer la fréquence avec l'équation (48), la valeur exacte de 4,359743805E-18 J est obtenue avec l'Équation (49), qui, divisée par 2 et convertie en eV, confirme toute la séquence en récupérant l'énergie du photon de bremsstrahlung de 13,6059162 eV qui a initié toute la séquence de raisonnement que de Broglie a suivie pour finalement établir l'Équation (42).

C'est ainsi que de Broglie a pu relier le momentum de l'électron sur l'orbite de Bohr à

 © André Michaud

la constante de Planck, puis à la fréquence et à la longueur d'onde de l'énergie électromagnétique qui permet à l'électron de se déplacer théoriquement à la vitesse nominale en adaptant l'Équation (47), qui n'est qu'une forme simplifiée de son équation historique (42), soit en résumé, les équations bien connues (38), (39), (40) et (41) cités au début de cette Section :

$$h = \lambda m_0 v \quad => \quad p = mv = \frac{h}{\lambda} = \frac{h\nu}{c} \quad => \quad E = pc = h\nu \tag{51}$$

C'est ainsi que l'équation de 1924 a permis de dériver $E = pc = h\nu = \Delta K + \Delta m_m c^2 = 4.359743805E\text{-}18\ j$ à partir des paramètres cinématiques et électromagnétiques de l'électron stabilisé dans l'état fondamental de l'atome d'hydrogène, prouvant ainsi que le terme pc de l'Équation (41) fournit réellement la quantité totale d'énergie induite adiabatiquement dans l'électron par l'interaction de Coulomb.

7. Établissement de la masse de l'électron sur un fondement électromagnétique

Une démonstration claire qu'une base commune peut être établie pour finalement dériver un ensemble d'équations différentielles applicables à la fois à la mécanique cinématique et électromagnétique tel qu'envisagé par Wien [7] est que la densité de l'énergie de masse au repos invariante de l'électron peut être calculée avec l'équation du tenseur d'énergie de stress électromagnétique standard T^{00}, en utilisant la longueur d'onde Compton de l'électron λ_c=2. 426310215E-12 m pour établir le champ $\boldsymbol{E}_e$ invariant correspondant et le champ oscillant $\boldsymbol{B}_e$ à son intensité maximale de son énergie de masse au repos ; et à partir de cette densité, au moyen de l'équation de volume isotrope incompressible, dérivée en 2007 à la Référence [31] dans la première vague de dérivations à partir de la découverte de Marmet, de l'immobilisation totale théorique de l'énergie de masse au repos oscillante de l'électron, calculer la masse au repos invariante bien établie de l'électron.

Historiquement, le tenseur d'énergie de stress T^{00} a été utilisé dans le contexte de la théorie de la Relativité Restreinte pour traiter de l'existence absolue *supposée* de masses au repos invariantes et de l'existence relative *supposée* de l'énergie de momentum qui se réduirait à zéro dans le cadre de référence de chaque masse en mouvement.

Tel que mis en perspective à la Référence [23], l'analyse d'Aram D'Abro ([59], p. 217), a souligné le fait que lorsque l'énergie du momentum est induite dans les particules chargées par des champs $\boldsymbol{E}$ et $\boldsymbol{B}$ contrôlés extérieurement, cette énergie de momentum s'avère être physiquement induite d'une manière adiabatique, et demeure physiquement présente dans le cadre référence de chaque particule chargée, que la particule soit en mouvement dans l'espace ou que son mouvement soit entravé par l'équilibre électromagnétique local. Par exemple, lorsque les électrons sont empêchés de s'écraser sur les noyaux atomiques par leur énergie magnétique mutuellement répulsive par défaut, en raison de leur orientation de spin parallèle forcée par structure [51] [52], malgré la pression constante appliquée par leur énergie de momentum vers les noyaux atomiques.

C'est à partir de ces considérations que l'équation du tenseur stress-énergie T^{00} sera maintenant utilisée, en supposant l'existence physique continue non seulement de

 © André Michaud

l'énergie des masses au repos des corps, mais aussi de l'énergie porteuse de leurs particules élémentaires chargées et massives constitutives à tout moment, qui comprend à la fois l'énergie des champs $\boldsymbol{E}_e$ et $\boldsymbol{B}_e$ de leurs masses au repos invariantes, leur énergie de momentum et l'énergie des champs $\Delta\boldsymbol{E}$ et $\Delta\boldsymbol{B}$ transversaux qui contribue à leur augmentation de masse mesurable transversalement, tel qu'observé pendant les expériences de Kaufmann. Traitons d'abord l'énergie invariante de la masse au repos de l'électron au moyen de l'équation standard T^{00} :

$$T^{00} = \frac{1}{c^2}\left(\frac{1}{2}\varepsilon_0 \mathbf{E}^2 + \frac{1}{2\mu_0}\mathbf{B}^2\right) \tag{52}$$

et des champs $\boldsymbol{E}_e$ et $\boldsymbol{B}_e$ de l'énergie de la masse au repos de l'électron, calculés au moyen des Équations (26) et (28) mentionnées précédemment :

$$\mathbf{E}_e = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda_C{}^2} = 2.484979751\text{E}22\,\text{N/C} \qquad \mathbf{B}_e = \frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda_C{}^2} = 8.289000222\text{E}13\,\text{T} \tag{53}$$

La densité absolue de l'énergie dont est constituée la masse au repos de l'électron peut maintenant être calculée :

$$T^{00}{}_{\text{Electron}} = \frac{1}{c^2}\left(\frac{1}{2}\varepsilon_0 \mathbf{E}_e{}^2 + \frac{1}{2\mu_0}\mathbf{B}_e{}^2\right) = 6.083493288\text{E}16\,\text{kg/m}^3 \tag{54}$$

Ensuite, au moyen de l'équation du *volume d'énergie isotrope incompressible* développée dans la Référence [31] :

$$V_e = \frac{\alpha^5}{2\pi^2}\lambda_C{}^3 = 1.497393267\text{E}-47\,\text{m}^3 \tag{55}$$

la masse au repos invariante bien connue de l'électron, calculée à partir de la densité de ce *volume théorique incompressible et isotrope* de l'énergie, peut maintenant être obtenue :

$$m_e = \frac{1}{c^2}\left[\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_e{}^2}{2} + \frac{\mathbf{B}_e{}^2}{2\mu_0}\right] V_e = 9.109381877\text{E}-31\,\text{kg} \tag{56}$$

Bien entendu, la masse invariante au repos du positon est établie de la même manière avec la même équation de T^{00} (52) puisqu'il est identique à l'électron en tous points, à l'exception du signe de sa *charge unitaire*, qui est directement opposé à celui de l'électron, tel qu'illustré à la **Figure 4d**.

Tel qu'analysé à la **Section 3**, dans la géométrie trispatiale, la *charge* s'avère être l'intensité de la *tension élastique de retour* de l'énergie oscillante qui cause l'oscillation transversale constante des deux composantes du champ $\boldsymbol{E}$ du photon dans l'Équation (66).

Dans le processus de découplage de l'énergie d'un photon de 1,022 MeV en une paire d'électron et de positon distincts massifs et chargés, ce qui se produit, tel que mis en perspective à la **Section 3** et analysé en profondeur à la référence [29], est que la séparation des deux particules se produit systématiquement lorsque cette tension de retour atteint son intensité maximale de 1,602176462E-19 Coulombs au moment même où les deux particules atteignent symétriquement leur vitesse d'échappement de la

 © André Michaud

lumière en directions opposées sur le plan Y-y/Y-x ; la charge négative de l'électron correspondant à la tension de retour élastique de la direction négative le long de l'axe Y-y, et la charge positive du positon correspondant à la même tension de retour élastique de la direction positive le long de l'axe Y-y.

Après la séparation, cette tension de retour ne peut être relâchée que si une paire électron-positon se capture mutuellement dans un système de positronium métastable spiralant vers leur point de rencontre, en configuration soit de para- ou d'orthopositronium, sur une orbite qui se dégrade rapidement jusqu'à leur rencontre, point auquel leur énergie se transpose généralement en de nombreux photons électromagnétiques qui s'enfuient à la vitesse de la lumière, soit en entrant directement en collision, se convertissant en un seul photon de 1,022+ MeV, tel qu'enregistré sur une photographie de l'expérience E632 de la chambre à bulles du FERMILAB, décrite dans la référence [42].

La question se pose maintenant à savoir de quelles autres particules stables de l'univers devons-nous tenir compte dans la réalité physique, autres que les électrons familiers dont nous savons qu'ils fournissent le courant électrique en circulant dans les fils électriques et qu'ils définissent les volumes de tous les atomes du tableau périodique en entourant les noyaux atomiques d'autant d'électrons que les noyaux atomiques contiennent de protons, à certaines distances de ces derniers.

Examinons de plus près les protons et les neutrons qui composent tous les noyaux atomiques. Dès que les protons, puis les neutrons, ont été identifiés dans les années 1920 et 1930, on a soupçonné qu'ils n'étaient peut-être pas élémentaires, contrairement aux électrons. Les premières expériences non destructives de collisions à haute énergie menées dans les années 1940 et 1950 avec des protons et des neutrons à l'aide de faisceaux incidents d'électrons ont également semblé confirmer qu'ils occupaient de très petits volumes dans l'espace, puisque les électrons de ces faisceaux rebondissaient contre eux de manière totalement élastique et étaient envoyés dans toutes les directions d'une manière qui révélait les volumes physiques qu'ils occupaient, contrairement aux électrons qui se comportaient systématiquement comme s'ils n'avaient pas de volume spécifique lors de collisions mutuelles, même lorsqu'ils étaient soumis aux expériences de collision non destructives à la plus haute énergie possible.

Les premiers accélérateurs à haute énergie utilisés à l'époque n'étaient pas assez puissants pour que les projectiles utilisés (des électrons à haute énergie) pénètrent réellement à l'intérieur des volumes des protons et des neutrons. La communauté a dû attendre 1966 pour que l'accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) entre en service et que les niveaux d'énergie suffisants deviennent disponibles.

Les expériences menées de 1966 à 1968 au SLAC au moyen de collisions non destructive à haute énergie d'électrons contre des protons et des neutrons ont permis d'identifier trois particules élémentaires massives et chargées à l'intérieur des volumes qu'elles occupaient, dont les masses se situaient dans la même fourchette que celle des électrons incidents, comme l'ont révélé les caractéristiques de rebond hautement inélastique de certains électrons rebondissant à rebours avec très peu d'énergie résiduelle, ce qui signifie que leur haute énergie initiale avait été absorbée par des particules à l'intérieur des volumes de protons et de neutrons dont les masses étaient du même ordre

 © André Michaud

de grandeur que celle des électrons incidents. Ces expériences menées par Breidenbach et al. sont analysées dans l'article qu'ils ont publié en 1969 [60].

Une analyse approfondie a ensuite permis d'établir que les protons et les neutrons étaient des systèmes de particules impliquant, pour le proton, deux particules élémentaires chargées positivement, nommées quarks Up, ayant une charge égale à 2/3 de celle d'un positon, et une particule élémentaire chargée négativement, nommée quark Down, ayant une charge égale à 1/3 de celle d'un électron. Les neutrons, quant à eux, révèlent une structure composée d'un quark Up et de deux quarks Down identiques à ceux que l'on trouve dans les protons.

On a soupçonné très tôt qu'en dépit des charges fractionnaires, il pouvait s'agir en quelque sorte d'électrons et de positons tout à fait normaux dont les caractéristiques de masse et de charge pouvaient être altérées vers les états observés en raison de l'intensité élevée de l'environnement électromagnétique qui imprègne les volumes internes des protons et des neutrons. C'est en 2013 [42] qu'une analyse approfondie a semblé confirmer que les quarks Up devaient être des positons soumis à l'état observé d'hypercontrainte, et que les quarks Down devaient être des électrons soumis à l'état observé d'hypercontrainte, dont les structures électromagnétiques hypercontraintes internes seront discutées plus en détail à la **Section 8**.

La séquence des masses stables liées aux fréquences de résonance de ces électrons et positons hyper-contraints, dont sont constitués les nucléons de tous noyaux de tous les atomes de l'univers, a été établie au moyen de l'équation générale suivante des masses stables au repos définie à la Référence [42] :

$$m_{[d,u,e]} = \frac{k}{a_0}\left(\frac{3e}{n\alpha c}\right)^2 = \left(\frac{3}{n}\right)^2 \frac{e^2}{4\pi\varepsilon_0 r_e}\frac{1}{c^2} = \left(\frac{3}{n}\right)^2 \frac{e^2}{2\varepsilon_0 \alpha \lambda_C c^2} \quad (n=1,2,3) \qquad (57)$$

dans laquelle $r_e = \alpha\lambda_c/2\pi = 2817940285E\text{-}15$ m est le rayon classique de l'électron, c'est-à-dire l'amplitude de l'oscillation de l'énergie de la masse au repos de l'électron dans le plan transverse à sa direction de mouvement (voir **Figure 4**).

Les longueurs d'onde et les masses au repos invariantes de l'état de quark Up, tel que précisé dans la *Section 23* des Références [35] [36], et de l'état de quark Down, ont été déterminées à la Référence [42] et sont présentées dans le **Tableau 1**.

Les masses normalement non contraintes des électrons et des positons sont contraintes de cette manière à l'intérieur des structures du proton (uud) et du neutron (udd) en raison de la proximité mutuelle des trois particules chargées, et l'importante dérive de leur énergie de l'état électrique vers l'état magnétique, provoquant la diminution de leurs charges électriques – c'est-à-dire de *leur tension de rappel élastique* – qui est déterminée par les rayons de gyration très courts qui leur sont imposés par les niveaux ultimes d'intensité de leurs états de résonance stationnaires stabilisés, tel qu'expliqué à la référence [61].

C'est la dérive de leur énergie de l'état de champ ***E*** vers l'état de champ ***B*** due à leur rayon de gyration serré qui fait que leur *tension de rappel élastique* diminue à mesure qu'ils se rapprochent de la jonction trispatiale de la triade la plus proche, située sur l'axe de rotation coplanaire Y-z de la triade, ce qui fait qu'ils se stabilisent à 2/3 de la distance de la jonction d'un côté de l'axe de rotation coplanaire Y-z sur le plan Y-y/Y-x pour l'état

 © André Michaud

de quark Up (Voir **Figure 12** de la **Section 8**), et à 1/3 de cette distance pour l'état du quark Down du côté opposé de l'axe de rotation coplanaire Y-z.

Table 1: Longueurs d'onde, masses au repos et charges de l'électron/positon et des quarks Up et Down.

	Longueur d'onde de l'énergie de la masse au repos	Masse au repos	Charge (Tension élastique de rappel)
Electron or positon	2.426310215E-12 m	9.10938188E-31 kg	- or + 1.602176462E-19 C
État de quark Up – Positon hyper-contraint	1.078360096E-12 m	2.049610923E-30 kg	+2/3 1.068117641E-19 C
État de quark Down – Électron hyper-contraint	2.69590021E-13 m	8.198443693E-30 kg	-1/3 5.340588207E-20 C

Comme les densités par défaut du champ local $\boldsymbol{E}_e$ et du champ $\boldsymbol{B}_e$ de l'électron et du positon non contraints est égale par structure, ce problème est facilement résolu lors du calcul de leur densité d'énergie au moyen de l'Équation T^{00} (52), puisque la solution consiste à retirer un tiers de l'énergie de l'état de champ $\boldsymbol{E}_U$ et à ajouter ce tiers d'énergie à l'état de champ $\boldsymbol{B}_U$. Ainsi, dans son état de quark Up, les valeurs de ces champs pour le positon hyper-contraint seront :

$$\mathbf{E}_U = \frac{2}{3}\frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda_U{}^2} = 8.386806653\text{E}22\,\text{N/C} \quad \mathbf{B}_U = \frac{4}{3}\frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda_U{}^2} = 5.595075145\text{E}14\,\text{T} \tag{58}$$

et la densité absolue de l'énergie de la masse au repos de l'état de quark Up peut maintenant être calculée :

$$T_U{}^{00} = \frac{1}{c^2}\left(\varepsilon_0 \mathbf{E}_U{}^2 + \frac{\mathbf{B}_U{}^2}{\mu_0}\right) = 1.559132787\text{E}18\,\text{kg/m}^3 \tag{59}$$

Son volume incompressible isotrope d'énergie théorique sera alors :

$$V_U = \frac{\alpha^5}{2\pi^2}\lambda_U{}^3 = 1.314583939\text{E} - 48\,\text{m}^3 \tag{60}$$

La masse au repos de l'état de quark Up calculée à partir de la densité calculée avec l'Équation (59) peut maintenant être obtenue :

$$m_U = \frac{1}{c^2}\left[\varepsilon_0 \mathbf{E}_U{}^2 + \frac{\mathbf{B}_U{}^2}{\mu_0}\right] V_U = 2.049610921\text{E} - 30\,\text{kg} \tag{61}$$

Ce qui confirme la masse au repos de l'état de quark Up obtenue par différents moyens à la Référence [42] – voir **Tableau 2**.

De la même manière pour l'état de quark Down, la dérive de l'énergie de l'électron de

 © André Michaud

son état de champ local $\boldsymbol{E}_e$ vers son état de champ $\boldsymbol{B}_e$, le rapprochant de la jonction trispatiale la plus proche de l'axe de rotation coplanaire Y-z, le fera se stabiliser à 1/3 de la distance de la jonction de l'autre côté de l'axe par rapport aux états de quark up (voir **Figure 12** de la **Section 8**), ce qui est traité en retirant 2/3 de l'énergie de l'état de champ $\boldsymbol{E}_{\boldsymbol{D}}$ et en l'ajoutant à l'état de champ $\boldsymbol{B}_{\boldsymbol{D}}$, tel que calculé à partir de sa longueur d'onde λ_D=2.69590021E-13 m :

$$\mathbf{E}_D = \frac{1}{3}\frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda_D{}^2} = 6.709445473\text{E}23\,\text{N/C} \quad \mathbf{B}_D = \frac{5}{3}\frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda_D{}^2} = 1.119015054\text{E}16\,\text{T} \tag{62}$$

La densité de la masse au repos de l'état de quark Down de l'électron sera donc :

$$T_D{}^{00} = \frac{1}{c^2}\left(\varepsilon_0 \mathbf{E}_D{}^2 + \frac{\mathbf{B}_D{}^2}{\mu_0}\right) = 3.991380112\text{E}20\,\text{kg/m}^3 \tag{63}$$

Les autres valeurs de la masse au repos de l'état de quark down de l'électron seront alors V_D=2.054037337E-50 m^3, et enfin, m_D=8.198443775E-30 kg, ce qui confirme également la masse au repos de l'état de quark Down calculée par d'autres moyens à la Référence [42] – voir **Tableau 2**.

Table 2: Comparaison des densités, des volumes isotropes théoriquement immobilisés et des masses des particules chargées élémentaires massives stables.

	Électron ou positon	État de quark Up	État de quark Down
Densité kg/m^3	6.08349328E16	1.559132787E18	3.991380112E20
Volume isotropique immobilisé en m^3	1.497393267E-47	1.314583939E-48	2.054037337E-50
Masse au repos en kg	9.109381877E-31	2.049610921E-30	8.198443775E-30

Jusqu'à ce point de notre analyse, l'équation standard T^{00} (52) a été utilisée pour calculer uniquement la densité d'énergie des masses au repos de l'ensemble des particules élémentaires massives individuelles dont sont constitués tous les éléments du tableau périodique, sans tenir compte de la composante $\Delta m_m c^2$ de la densité d'énergie de masse variable de leur énergie porteuse ni de l'énergie de momentum ΔK correspondante (**Figure 9**), ni la densité d'énergie mesurable en tant que masse au repos des protons et des neutrons (voir **Section 8**), dont les structures de résonance d'action stationnaires stables sont établies par des triades d'électrons et de positons hyper-contraints dont l'énergie de momentum contraint est aussi directement mesurable comme étant *massive*, contrairement à l'énergie de momentum des photons et des électrons non-contraints tel qu'analysé à la **Section 8**.

Avant d'aborder cette question et d'adapter l'équation T^{00} pour tenir compte de l'énergie totale mesurable de la masse au repos des protons et des neutrons, il est nécessaire d'aborder la question de la densité d'énergie des photons en mouvement libre que nous savons être identiques aux photons-porteurs des particules massives

 © André Michaud

élémentaires et, par conséquent, aux photons-porteurs hyper-contraints des composants élémentaires internes des protons et des neutrons. Cette question sera traitée dans la section suivante. Ce n'est qu'à ce moment qu'il sera possible d'adapter l'équation T^{00} pour rendre compte de la totalité de la masse des protons et des neutrons.

En se référant à l'Équation LC (31) qui a été initialement développée pour rendre compte de l'énergie interne en oscillation LC stationnaire de la masse de repos de l'électron du point de vue trispatial à la Référence [29], la version correspondante des champs $\boldsymbol{E}_e$ et $\boldsymbol{B}_e$ de l'Équation (31) a également été développée à la même référence, en reliant la densité impliquée à l'Équation (55) du *volume isotrope incompressible* théoriquement immobilisé, identifiant pour la première fois dans la même Référence [29] l'*énergie neutrinique* de l'électron, source possible de neutrinos dans la première étape de l'établissement de la masse au repos invariante de l'électron pendant la dégradation du neutron isolé, et source confirmée de neutrinos pendant les processus de dégradation des particules μ et τ vers leur état ultime de masse au repos stable de l'électron – confirmé pour la première fois expérimentalement dans le cas de la particule μ par l'expérience de 1959 de Raines et Cowan à l'usine de Savannah River [62], dont la production est analysée à la Référence [44] :

$$m_e c^2 \vec{\mathbf{0}} = \left[\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_e^{\,2}}{2} V \right]_Y \vec{\mathbf{J}} \vec{\mathbf{i}} + \left[2 \left(\frac{\varepsilon_0 \boldsymbol{\nu}_e^{\,2}}{4} \right)_X (\vec{\mathbf{I}} \vec{\mathbf{j}}, \vec{\mathbf{I}} \overleftarrow{\mathbf{j}}) \cos^2(\omega t) + \left(\frac{\mathbf{B}_e^{\,2}}{2\mu_0} \right)_Z \overleftrightarrow{\mathbf{K}} \sin^2(\omega t) \right] V_e \qquad (64)$$

dans laquelle

$$V_e = \frac{\alpha^5 \lambda_C^{\,3}}{2\pi^2}, \quad \mathbf{E}_e = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda_C^{\,2}}, \quad \mathbf{B}_e = \frac{\pi \mu_0 e c}{\alpha^3 \lambda_C^{\,2}} \text{ et } \boldsymbol{\nu}_e = \frac{\pi e}{\varepsilon_0 \alpha^3 \lambda_C^{\,2}} \qquad (65)$$

Bien qu'elle ne soit pas initialement dérivée de l'Équation standard T^{00} (52), on peut facilement comprendre qu'en combinant l'équation trigonométrique standard ($sin^2\,\theta + cos^2\,\theta = 1$) avec l'équation T^{00} (52), on peut obtenir la partie oscillante de l'équation (64), si l'*énergie neutrinique* $\boldsymbol{\nu}_e$ – lettre grecque *nu* – est supposée se comporter de la même manière sur le plan X-y/X-z de l'espace X que l'énergie du champ $\boldsymbol{E}$ se comporte sur le plan Y-y/Y-z de l'espace Y pour des photons en mouvement libre, comme représenté dans l'Équation LC (13), et tel qu'analysé à la Référence [29], puisque lorsque la composante sin^2 est égale à zéro, alors la composante cos^2 est égale à 1, et vice-versa. Cela permet de représenter facilement l'interprétation initiale de Maxwell de l'oscillation à la fréquence ωt entre les états de champs $\boldsymbol{E}$ et $\boldsymbol{B}$ comme s'induisant mutuellement en alternance tout en étant déphasé de 180° dans le temps (**Figure 1**).

Dans le cas de l'énergie de masse au repos de l'électron, cette oscillation représentée dans l'Équation (64) implique plutôt le champ $\boldsymbol{\nu}_e$ et le champ $\boldsymbol{B}_e$ alors que le champ $\boldsymbol{E}_e$ demeure constant tel qu'expliqué à la Référence [29], ce qui est en accord avec le fait que la *charge* de l'électron, c'est-à-dire sa *tension de rappel élastique*, est connue pour demeurer invariante à toutes les vitesses et dans toutes les circonstances.

La raison pour laquelle l'Équation (64) fournit toujours la masse au repos invariante complète de l'électron en ajoutant son énergie de champ $\boldsymbol{E}_e$ invariante et son énergie de champ $\boldsymbol{B}_e$ oscillante lorsqu'elle atteint son intensité maximale, est que la somme des

 © André Michaud

énergies au carré des champ $\boldsymbol{v}_e$ et $\boldsymbol{B}_e$ oscillant réciproquement est toujours égale par structure soit à l'énergie du champ $\boldsymbol{v}_e$ au carré à son maximum, soit à l'énergie au carré du champ $\boldsymbol{B}_e$ à son maximum.

8. L'énergie oscillante des champs ΔE et ΔB des photons électromagnétiques en mouvement libre et des photons-porteurs

Après avoir été sommairement décrit dans les Références [63] et [64], inspiré par le champ vectoriel de Hilbert si clairement expliqué par Hans Van Leunen dans des conversations directes et dans ses articles publiés [65] [66], le champ vectoriel trispatial a été plus clairement expliqué aux Références [22] et [23] en décrivant verbalement le complexe vectoriel trispatial interne applicable à chaque particule élémentaire au comportement localisé, la substance énergie de chaque particule élémentaire électromagnétique s'auto-structurant par symétrie à l'intérieur de son propre complexe vectoriel trispatial, et se propulsant à la vitesse de la lumière dans l'espace-X selon l'Équation (14) pour les photons libres, ou exerçant une pression dans l'espace-Y selon l'orientation de son énergie de momentum dans l'espace-Y pour les électrons et les positons chargés, tel que décrit à la Référence [29], chaque type de complexe vectoriel trispatial nécessaire pour représenter les différents aspects de l'oscillation électromagnétique quantifiée élémentaire dans la géométrie vectorielle trispatiale sera maintenant décrit visuellement.

Une représentation visuelle des niveaux 0 à 3 de ces complexes vectoriels trispatiaux sera fournie, le niveau 4 consistant simplement en des assemblages de l'ensemble des représentations des complexes vectoriels trispatiaux de niveau 3 liés aux éléments listés dans le tableau périodique des éléments, dont toutes les masses de l'univers sont constituées.

L'équation LC trispatiale (13) du photon électromagnétique, reproduite ci-dessous pour commodité, a été établie à la Référence [33] :

$$E\vec{I}\vec{i} = \left(\frac{hc}{2\lambda}\right)_X \vec{I}\vec{i} + \left[2\left(\frac{e^2}{4C_{2\lambda}}\right)_Y (\vec{J}\vec{j}, \vec{J}\overleftarrow{j}) \cos^2(\omega t) + \left(\frac{L_{2\lambda}\, i^2}{2}\right)_Z \overleftrightarrow{K} \sin^2(\omega t) \right] \qquad (13)$$

Cette équation a été convertie en son équivalent relatif aux champs $\boldsymbol{E}$ et $\boldsymbol{B}$ dans le même article :

$$E\vec{I}\vec{i} = \left(\frac{hc}{2\lambda}\right)_X \vec{I}\vec{i} + \left[2\left(\frac{\varepsilon_0 \mathbf{E}_{2\lambda}{}^2}{4}\right)_Y (\vec{J}\vec{j}, \vec{J}\overleftarrow{j}) \cos^2(\omega t) + \left(\frac{\mathbf{B}_{2\lambda}{}^2}{2\mu_0}\right)_Z \overleftrightarrow{K} \sin^2(\omega t) \right] V_{2\lambda} \qquad (66)$$

L'ensemble des Équations (13) et (66) pour les photons en mouvement libre diffère à deux titres de l'ensemble structuré de manière similaire des Équations (31) et (64) établies pour décrire la structure électromagnétique interne de la masse au repos invariante de l'électron.

La première différence concerne la longueur d'onde λ des photons localisés, qui peut varier selon la gamme entière de toutes les fréquences électromagnétiques possibles, ce

 © André Michaud

qui permet aux Équations (13) et (66) de représenter toutes les intensités d'énergie possibles des photons électromagnétiques localisés dans l'univers, des plus grandes longueurs d'onde radio aux plus courtes longueurs d'onde gamma, y compris l'énergie seuil minimale des photons de 1,637420828E-13 joules – 1. 021997805 MeV – à partir de laquelle les photons sont susceptibles d'être facilement déstabilisés pour se convertir en paires électron-positon de masse au repos stabilisées en frôlant des particules massives, telles que des noyaux atomiques, tel qu'observé pour la première fois dans les années 1930 par Anderson [19], et dont le découplage a été enregistré pour la première fois dans une chambre à bulles, ou interagissent simplement à proximité d'autres photons, tel qu'observé et enregistré pour la première fois au cours des expériences de McDonald et al. en 1997 avec des faisceaux de photons étroitement collimatés vers un seul point dans l'espace, l'un des faisceaux comprenant des photons de 1,022+ MeV [21], conformément à la mécanique analysée à la Référence [29] et résumée précédemment à la **Section 3** en relation avec la **Figure 4**.

La deuxième différence concerne le fait que, tandis que la moitié oscillante de l'énergie de masse au repos de l'électron, représentée par les Équations (31) et (64) en référence à la **Figure 3**, oscille entre l'espace-Z et le plan X-y/X-z de l'espace-X, sur lequel la paire de composantes de l'état de champ ***v*** en mouvement en sens opposé l'une de l'autre est susceptible d'être polarisée dans n'importe quelle direction sur le plan X-y/X-z, la moitié oscillante d'un photon libre ou d'un photon-porteur, représentée par les Équations (13) et (66), oscille plutôt entre l'espace-Z et le plan Y-y/Y-z de l'espace-Y, sur lequel la paire de composantes de l'état de champ ***E*** se déplaçant en sens opposé l'une de l'autre est également susceptible d'être polarisée dans n'importe quelle direction sur le plan Y-y/Y-z, tel qu'analysé à la Référence [29].

Dans le cadre du champ vectoriel trispatial décrit dans les références [22] et [23], les complexes vectoriels trispatiaux correspondant aux Équations (31) et (64) pour l'électron et le positon sont illustrés à la **Figure 7**. Compte tenu de la difficulté de représenter des éléments 3D sur une feuille de papier ou un écran 2D, les vecteurs de chaque complexe ne sont pas représentés à l'échelle relative ni avec un décalage physique souhaité relatif de 90° comme ils doivent être visualisés mentalement. Pour que la relation orthogonale correcte soit comprise, chaque axe d'un ensemble donné d'axes X-Y-Z doit être visualisé mentalement comme étant exactement perpendiculaire aux deux autres, tel que décrit précédemment à la **Figure 3**.

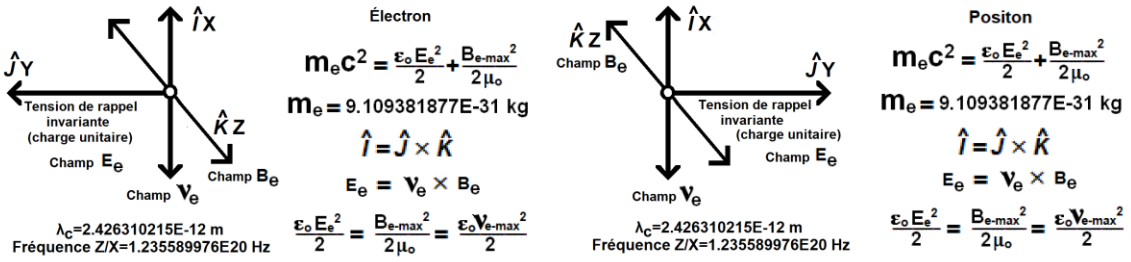

Figure 7: Les complexes vectoriels trispatiaux des masses invariantes au repos de l'électron et du positon – complexes vectoriels trispatiaux de niveau 1.

Le complexe vectoriel trispatial d'un photon localisé ou d'un photon-porteur décrit par

 © André Michaud

les équations (13) et (66) est illustré par la **Figure 8**.

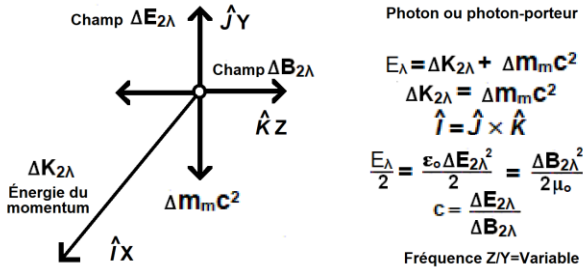

Figure 8: Complexe vectoriel trispatial d'un photon ou d'un photon-porteur – complexe vectoriel trispatial de niveau 0.

Le complexe vectoriel de l'électron en mouvement serait alors représenté par la **Figure 9**. Cette figure doit être considérée comme une description plus détaillée des Figures 7 et 8 des Références [51] [52] dans lesquelles seule la distance ΔZ variable de zitterbewegung était représentée entre le centre de présence de l'énergie de l'électron et le centre de présence de l'énergie de son photon-porteur.

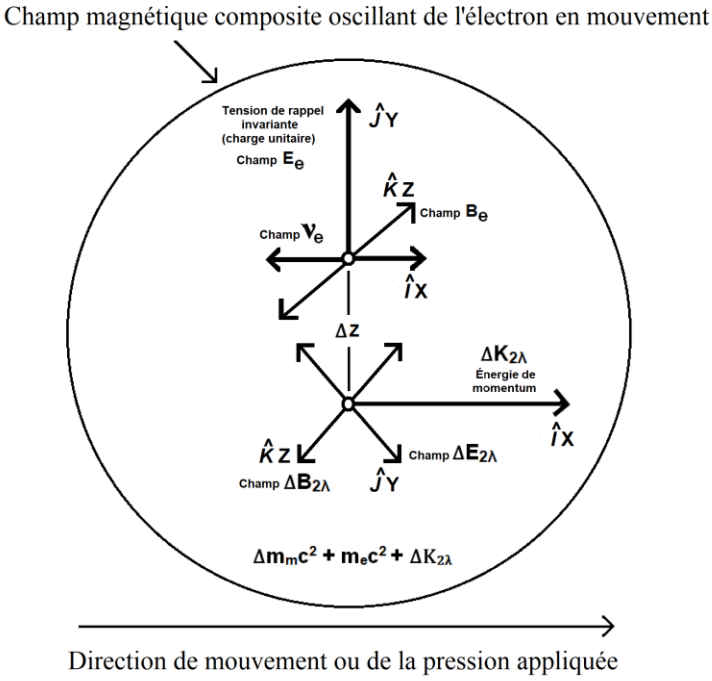

Figure 9: Complexe vectoriel trispatial de la masse relativiste de l'électron en mouvement et de son énergie de mouvement – complexe vectoriel trispatial de niveau 2.

Il convient également de noter que les deux *centres-de-présence* des complexes vectoriels de l'électron et de son porteur-photon se déplacent côte à côte perpendiculairement à la direction du mouvement du système, tout en étant propulsés par l'énergie de momentum ΔK du porteur-photon.

L'analyse de la raison de cette relation invariante côte à côte est fournie dans les

 © André Michaud

Sections 10.8.11 et 10.8.12 de la Référence [67]. En résumé, étant donné que la quantité d'énergie du photon-porteur de l'électron est exclusivement déterminée par la distance entre le *centre-de-présence* de l'électron et ceux de toutes les autres particules chargées de l'univers, toute accélération ou ralentissement longitudinal relatif du *centre-de-présence* du photon-porteur par rapport à celui de l'électron s'avère physiquement impossible. Par conséquent, la seule direction de mouvement qui demeure disponible dans le système pour que les deux *centres-de-présence* se déplacent l'un par rapport à l'autre est donc transversale à la direction de mouvement du système, ce qui s'avère être la seule cause possible de l'oscillation transversale de zitterbewegung ΔZ de la trajectoire de l'électron.

Nous arrivons maintenant à la **Figure 10** qui illustre les complexes vectoriels trispatiaux des électrons et positons stabilisés dans leurs états confinés hyper-contraints de quarks Up et Down qui établissent les structures du proton et du neutron, dont les masses au repos invariantes ont été initialement calculées dans la Référence [42], et également dans le présent article avec les Équations (61) et (63), et répertoriées dans le **Tableau 2**.

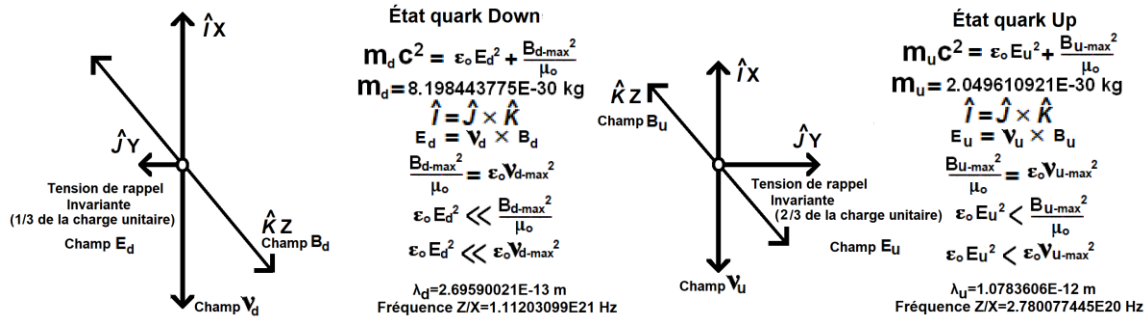

Figure 10: Structures vectorielles trispatiales des électrons et positons dans leurs états confinés hyper-contrains de quarks Up et Down au repos – complexes vectoriels trispatiaux de niveau 1.

En les comparants aux complexes vectoriels des électrons et positons non contraints illustrés à la **Figure 7**, on constate la réduction relative de leur énergie du champ ***E*** au profit de l'énergie des champs ***B*** et ***v*** oscillants en fonction de leur rayon de gyration réduit au sein des structures des nucléons, tel qu'analysé à la Référence [42].

La **Figure 11** illustre la structure trispatiale de l'énergie du photon-porteur du quark extrêmement contraint, dont la moitié de l'énergie de momentum ΔK demeure stable tandis que sa moitié oscillante renforce largement l'état de champ $\Delta \boldsymbol{B}$ au détriment de l'état de champ $\Delta \boldsymbol{E}$, en raison du même rayon de gyration très serré qui fait que les structures hypercontraintes de l'électron et du positon sont déformées dans les états de quarks Up et Down illustrés à la **Figure 10**, lorsqu'ils établissent les structures du proton et du neutron.

L'analyse effectuée à la Référence [42] a révélé que dans les états d'action stationnaires stables dans lesquels l'équilibre de résonance stationnaire électromagnétique local confine les électrons et les positons hyper-contraints à l'intérieur des nucléons, chaque triade uud et udd est forcée de se déplacer simultanément autour de deux axes mutuellement perpendiculaires – *en translation* autour de l'axe X-x de l'espace-X normal,

 © André Michaud

et *en rotation de l'ensemble triangulaire* autour et l'*axe coplanaire* Y-z de l'espace-Y électrostatique.

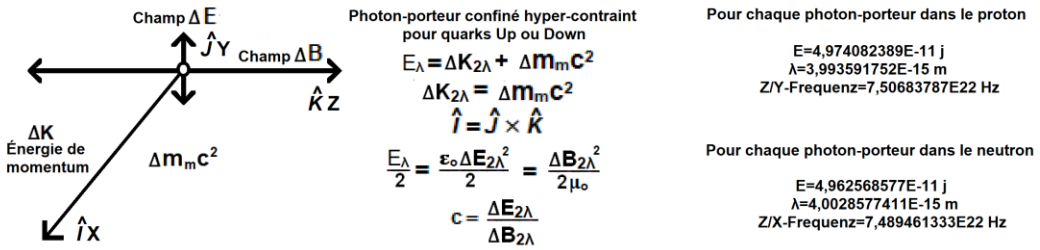

Figure 11: Photon-porteur confiné hyper-contraint pour quarks Up et Down – complexe vectoriel trispatial de niveau 0.

Pour permettre aux lecteurs de prendre plus facilement conscience de cet état de mouvement inattendu, les illustrations utilisées à la Référence [42] – reproduites ici sous dans la **Figure 12** – représentent les états de quarks des électrons et positons hyper-contraints uniquement par leurs *centres-de-présence*, sans illustrer leurs complexes vectoriels trispatiaux (**Figure 10**), et sans représenter aucunement leurs photons-porteurs (**Figure 11**).

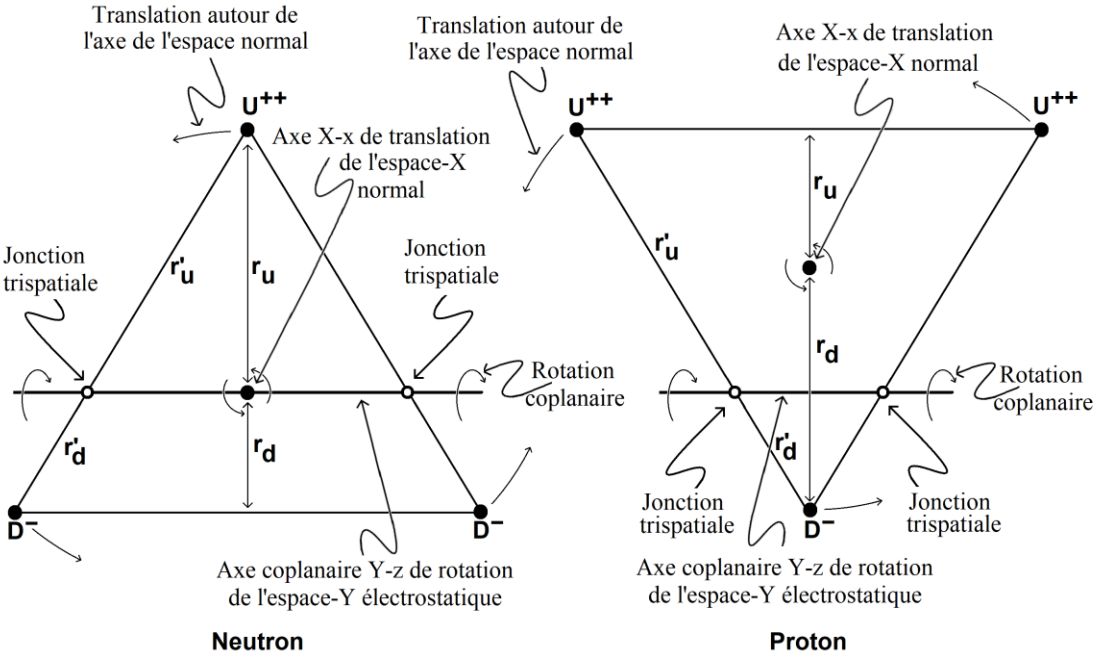

Figure 12: Axes de rotation et de translation des triades des protons et des neutrons – complexes vectoriels trispatiaux de niveau 2.

Les **Figures 13** et **14** présentent maintenant les complexes vectoriels composites des quarks Up et Down et, plus important encore, ceux de leurs photons porteurs contraints, afin de mettre en évidence une conséquence importante des orientations simultanées des énergies de momentum des trois photons-porteurs vers un point unique situé au centre de chaque nucléon ; cette conséquence est que leur énergie combinée devient mesurable de

 © André Michaud

manière omnidirectionnelle en tant que masse, malgré le fait que l'énergie de chaque photon normal (**Figure 8**) ou photon-porteur (**Figure 9**) non contraint est connue pour être insensible à l'interaction transversale, ce qui fait que leur énergie de momentum n'est mesurable que lorsqu'elle est libérée dans la direction de leur mouvement, lorsqu'elle est capturée sous la forme d'une augmentation de l'énergie cinétique de la particule absorbante dans les cas où des photons en mouvement libre sont absorbés, sous la forme d'un photon de Bremsstrahlung qui s'échappe lorsqu'un électron est capturé dans une orbitale de résonance stable dans un atome [35] [36], ou lorsqu'une pression est exercée dans la direction de leur mouvement lorsque ce mouvement ou cette évacuation ne peut pas être exprimé.

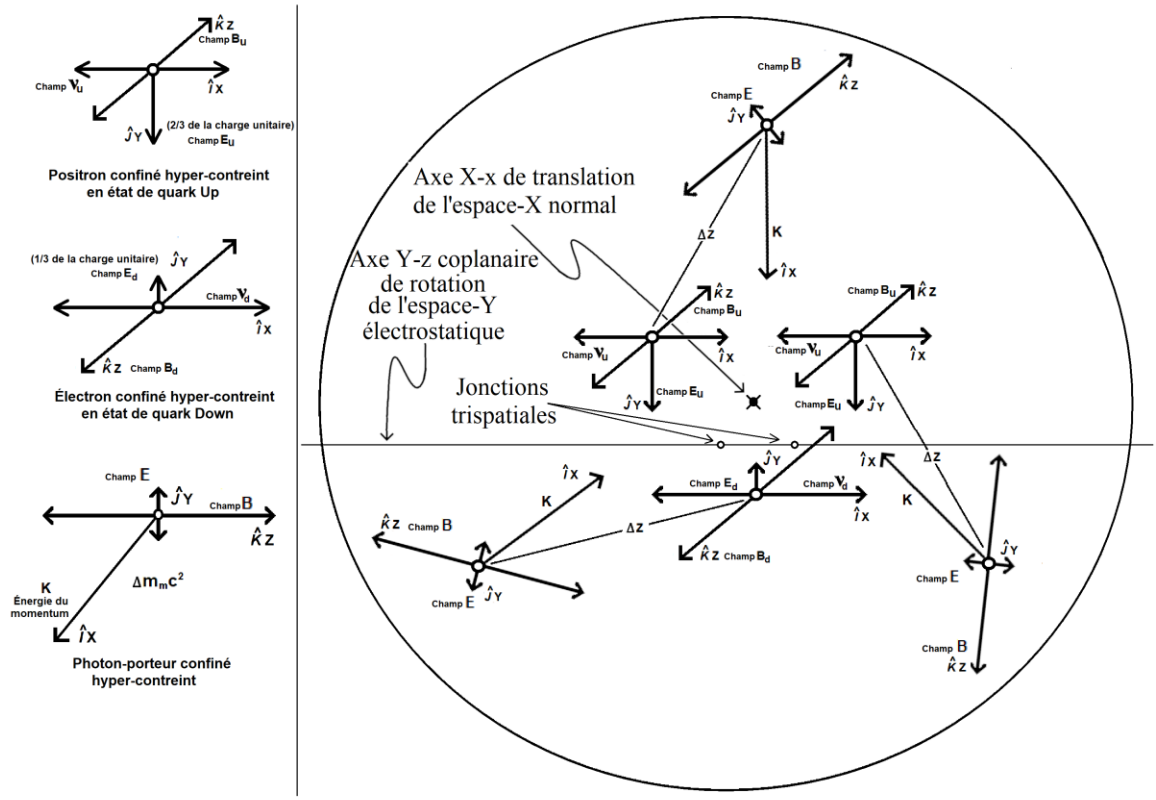

Figure 13: Le proton au repos – complexe vectoriel trispatial de niveau 2.

En effet, l'insensibilité susmentionnée de l'énergie de momentum à toute interaction transversale conduirait intuitivement à conclure que seule la moitié oscillante des photons-porteurs des électrons et positons confinés hyper-contraints de chaque nucléon serait mesurable de manière omnidirectionnelle en tant que masse, c'est-à-dire 155,2289185 MeV sur 310,457837 MeV pour chaque photon-porteur dans la structure interne du proton pour un total de 465,6867555 MeV, et 154,8696007 MeV sur 309,7392013 MeV pour chaque photon-porteur de la structure interne du neutron pour un total de 464,608802 MeV – voir le tableau III de la Référence [42].

Mais étant donné que la direction d'application de la pression unidirectionnelle de l'énergie de momentum de chacun d'entre eux est décalée de 120° par rapport à la

 © André Michaud

direction d'application de celle des deux autres, toutes trois appliquées vers le centre de la triade, dont la formation triangulaire est en rotation/translation simultanée à grande vitesse autour de l'axe coplanaire Y-z de l'espace-Y et autour de l'axe perpendiculaire X-x de l'espace-X normal (**Figure 12**), la pression exercée par l'énergie de momentum de chaque photon-porteur contre la contre-pression des deux autres fait en sorte que l'ensemble résiste de façon omnidirectionnelle à tout changement dans leur état de mouvement collectif, conformément à la troisième loi du mouvement de Newton, ce qui explique pourquoi, dans le cas des protons et des neutrons, l'énergie de momentum des photons-porteurs contraints est aussi directement mesurable en tant que masse, ce qui fait qu'aucune énergie de momentum supplémentaire intrinsèque ne demeure disponible pour que les nucléons puissent se mouvoir de leur propre chef dans l'espace.

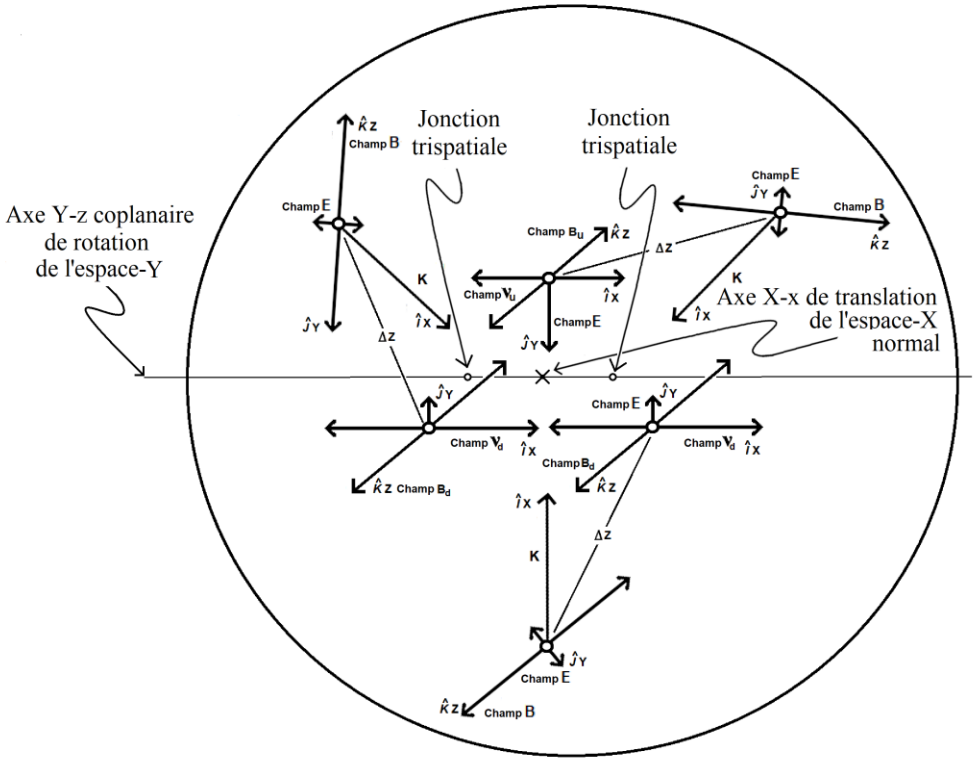

Figure 14: Le neutron au repos – complexe vectoriel trispatial de niveau 2.

Par conséquent, les différentes quantités d'énergie qui doivent être prises en compte pour calculer la masse mesurable d'un proton ou d'un neutron au repos sont 1) la somme des énergies de momentum *K* de leurs 3 photons-porteurs contraints, résistant de manière omnidirectionnelle à tout changement de leur état de mouvement, 2) la somme des énergies magnétiques du champ ***B*** au maximum des 3 photons-porteurs contraints, 3) la somme des énergies du champ ***E*** hyper-contraint des 3 électrons et positons confinés, et 4) la somme des énergies du champ ***B*** hyper-contraint *au maximum de leur intensité* des 3 électrons et positons confinés hyper-contraints, tel qu'illustré à la **Figure 15**.

Les énergies du champ électrique ***E*** des photons-porteurs confinés (**Figure 11**) n'ont pas besoin d'être prises en compte dans le calcul de la masse au repos des nucléons

 © André Michaud

puisque lorsque les énergies du champ ***B*** atteignent leur intensité maximale pendant le cycle d'oscillation ***E/B*** LC entre l'espace-Y et l'espace-Z, l'énergie du champ ***E*** a complètement évacué l'espace-Y et le champ ***E*** n'existe plus momentanément. La même considération s'applique aux énergies du champ ***v*** des électrons et positons hyper-contraints (**Figure 10**), puisque lorsque les énergies du champ ***B*** atteignent leur intensité maximale pendant le cycle d'oscillation ***v/B*** LC entre l'espace-X et l'espace-Z, l'énergie du champ ***v*** a complètement évacué l'espace-X et le champ ***v*** n'existe pas momentanément. C'est pourquoi seuls l'énergie de momentum *K* et l'énergie du champ ***B*** des photons-porteurs confinés, ainsi que l'énergie du champ ***E*** et l'énergie du champ ***B*** des états de quarks Up et Down confinés sont nécessaires pour calculer la masse au repos des protons et des neutrons.

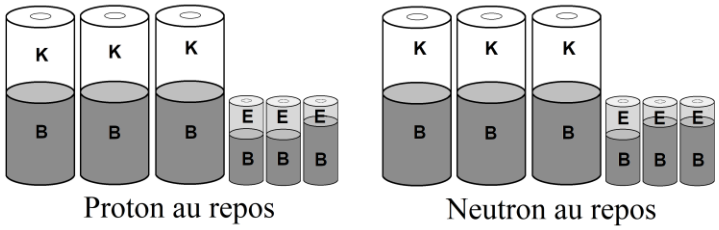

Figure 15: L'énergie qui fait partie des masses au repos du proton et du neutron.

Il convient toutefois d'attirer l'attention sur le fait que la dimension de l'énergie de propulsion *K* (joules) n'est pas en soi liée au volume qu'elle occupe dans l'espace, contrairement à l'élément ***B*** élevé au carré dans le terme $\boldsymbol{B^2/2\mu_0}$ de l'Équation (52) de la densité de masse T^{00} standard qui doit être utilisée pour établir cette densité de masse au repos. Ce problème est résolu en prenant conscience de l'invariance de l'égalité symétrique moitié-moitié entre l'énergie du momentum propulsif *K* de tous les photons libres et photons-porteurs et leur énergie propulsée ***E/B*** oscillant transversalement. Cela signifie qu'il suffit de doubler mathématiquement l'énergie du champ ***B*** au maximum pour tenir compte à la fois de l'énergie de propulsion *K* et de son volume pour calculer correctement la densité d'énergie de la masse au repos des nucléons.

Ainsi, l'incorporation de 6 occurrences du terme $\boldsymbol{B^2/2\mu_0}$ des 3 photons-porteurs confinés au lieu de 3 rendra compte de l'énergie totale contribuée par les photons-porteurs confinés à la masse au repos du proton et du neutron dans les équations T^{00} que nous allons maintenant établir. La version initiale de l'équation T^{00} (52) utilisée pour établir la densité de l'énergie de la masse au repos de l'électron peut maintenant être modifiée de la manière suivante pour établir la densité de l'énergie de la masse au repos du proton.

$$T^{00}{}_{\text{Proton}} = \frac{1}{c^2}\left[6\left(\frac{\mathbf{B}_{\text{cP}}{}^2}{2\mu_0}\right) + 2\left(\varepsilon_0\mathbf{E}_{\text{U}}{}^2 + \frac{\mathbf{B}_{\text{U}}{}^2}{\mu_0}\right) + \left(\varepsilon_0\mathbf{E}_{\text{D}}{}^2 + \frac{\mathbf{B}_{\text{D}}{}^2}{\mu_0}\right)\right] \tag{67}$$

Et pour le neutron:

$$T^{00}{}_{\text{Neutron}} = \frac{1}{c^2}\left[6\left(\frac{\mathbf{B}_{\text{cN}}{}^2}{2\mu_0}\right) + \left(\varepsilon_0\mathbf{E}_{\text{U}}{}^2 + \frac{\mathbf{B}_{\text{U}}{}^2}{\mu_0}\right) + 2\left(\varepsilon_0\mathbf{E}_{\text{D}}{}^2 + \frac{\mathbf{B}_{\text{D}}{}^2}{\mu_0}\right)\right] \tag{68}$$

Connaissant l'énergie de chacun des photons-porteurs confinés des composants

 © André Michaud

internes du proton, établie dans le Tableau III de la Référence [42] à 4,974082389E-11 joules, la longueur d'onde nécessaire pour calculer leurs champs ***B*** individuels peut maintenant être obtenue à partir de l'équation standard de conversion de l'énergie :

$$\lambda_{cP} = \frac{hc}{E} = \frac{hc}{4.974082389E-11} = 3.99359175238E-15\,m \tag{69}$$

Nous pouvons maintenant calculer le champ ***B*** concerné :

$$\mathbf{B}_{cP} = \frac{4}{3}\frac{\mu_0 \pi e c}{\alpha^3 \lambda_{cP}^{\ 2}} = 4.07949314367E19\,T \tag{70}$$

On obtient ainsi une densité d'énergie du champ ***B*** de :

$$u_{cP} = \frac{\mathbf{B}_{cP}^{\ 2}}{2\mu_0} = 6.62174657493E44\,j/m^3 \tag{71}$$

Le *volume d'énergie isotrope incompressible théoriquement immobilisée* du photon-porteur confiné peut alors être calculé comme si elle était complètement immobilisée dans le plus petit volume sphérique possible :

$$V_{cP} = \frac{\alpha^5}{2\pi^2}\lambda_{cP}^{\ 3} = 6.67710023966E-56\,m^3 \tag{72}$$

À ce stade de l'analyse, il est utile de mentionner que tous les calculs de cet article ont été effectués sur une calculatrice à main TI-89 Titanium, dont le nombre de chiffres significatifs pour les calculs internes est de 14. Ainsi, le résultat numérique de l'énergie obtenu avec l'Équation (73) qui suit semble être fortement influencé par la différence de 100 ordres de magnitude entre la valeur numérique de 6E44 obtenue avec l'Équation (71) et la valeur numérique de 6E-56 obtenue avec l'Équation (72), qui est supposée être causée par la différence entre la valeur calculée suivant l'équation (73) et la valeur plus précise attendue obtenue par différents moyens dans le Tableau III de la Référence [42], et qui était destinée à confirmer le bien-fondé de la valeur de densité obtenue avec l'équation (71) en la multipliant par le volume d'énergie isotrope théoriquement immobilisé établi avec l'Équation (72) :

$$E_{cP} = \frac{\mathbf{B}_{cP}^{\ 2}}{2\mu_0} V_{cP} \cong 4.42140656424E-11\,j \quad \text{au lieu de} \quad (4.974082389E\text{-}11\ j) \tag{73}$$

Un processeur capable de traiter la différence de 100 ordres de grandeur entre les valeurs calculées avec les Équations (71) et (72) devrait récupérer la valeur correcte de l'énergie initiale de 4,974082389E-11 joules à partir de l'Équation (73). Par conséquent, les valeurs calculées avec les équations restantes sont au mieux approximatives et devraient être confirmées à l'aide d'un équipement informatique plus performant. En résolvant l'Équation (67) pour la densité d'énergie du proton, nous obtenons :

$$T^{00}{}_{Proton} = \frac{1}{c^2}\left[6\left(\frac{\mathbf{B}_{cP}^{\ 2}}{2\mu_0}\right) + 2\left(\varepsilon_0 \mathbf{E}_U^{\ 2} + \frac{\mathbf{B}_U^{\ 2}}{\mu_0}\right) + \left(\varepsilon_0 \mathbf{E}_D^{\ 2} + \frac{\mathbf{B}_D^{\ 2}}{\mu_0}\right)\right] \cong 8.4122408E28\,kg/m^3 \tag{74}$$

À partir de l'énergie totale des 3 photons-porteurs confinés obtenue à partir du Tableau III de la Référence [42] – 1,492224716E-10 joules –, une pseudo-longueur d'onde

 © André Michaud

correspondant à cette quantité totale d'énergie peut être établie :

$$\lambda_p = \frac{hc}{E} = \frac{hc}{1.492224716E-10} = 1.331197251E-15\,m \tag{75}$$

Le *volume d'énergie isotrope* incompressible théoriquement immobilisé des 3 photons-porteurs d'un proton peut être calculé :

$$V_{cP} = \frac{\alpha^5}{2\pi^2}\lambda_{cP}^{\ 3} = 2.47300009E-57\,m^3 \tag{76}$$

Finalement, la masse au repos du proton peut être calculée:

$$m_P = \frac{1}{c^2}\left[6\left(\frac{\mathbf{B}_P^{\ 2}}{2\mu_0}\right)V_{cP} + 2\left(\varepsilon_0\mathbf{E}_U^{\ 2} + \frac{\mathbf{B}_U^{\ 2}}{\mu_0}\right)V_U + \left(\varepsilon_0\mathbf{E}_D^{\ 2} + \frac{\mathbf{B}_D^{\ 2}}{\mu_0}\right)V_D\right] \cong 1.67262158E-27\,kg \tag{77}$$

L'établissement des paramètres de densité de la masse au repos du neutron à partir de l'énergie connue des photons-porteurs confinés de ses composants internes, établie dans le Tableau III de la Référence [42] à 4,962568577E-11 joules, permettra de récupérer la densité de l'énergie de la masse au repos du neutron en résolvant l'Équation (68) :

$$T^{00}{}_{Neutron} = \frac{1}{c^2}\left[6\left(\frac{\mathbf{B}_{cN}^{\ 2}}{2\mu_0}\right) + \left(\varepsilon_0\mathbf{E}_U^{\ 2} + \frac{\mathbf{B}_U^{\ 2}}{\mu_0}\right) + 2\left(\varepsilon_0\mathbf{E}_D^{\ 2} + \frac{\mathbf{B}_D^{\ 2}}{\mu_0}\right)\right] \tag{68}$$

et sa masse au repos de ≅1.67492716E-27 kg peut être récupérée de la même manière.

9. Gravitation

Tel qu'observé précédemment, et représenté vectoriellement par les **Figures 13** et **14**, les énergies de momentum des trois photons-porteurs confinés, qui maintiennent la pression vers l'intérieur qui établit la résonance d'action stationnaire de la triade de particules chargées en contrebalançant la répulsion magnétique et électrique mutuelle par défaut entre les trois particules chargées impliquées, annulent mutuellement leur mouvement en étant toutes les trois symétriquement orientées vers le centre géométrique du proton et du neutron à des angles de 120° l'une par rapport à l'autre, ce qui ne laisse aucune énergie de momentum disponible pour soutenir leur mouvement dans l'espace.

Ce qui permet aux protons et neutrons isolés et omnidirectionnellement inertes de se déplacer – correspondant à des structures vectorielles trispatiales *de niveau 2* – ne peut donc être que l'introduction d'un photon-porteur supplémentaire *de niveau trispatial zéro* (**Figure 16**), qui définit sa vitesse libre dans l'espace en fonction des distances séparant ses trois "charges" de celles de toutes les particules élémentaires environnantes de charge opposée, dont un exemple a été fourni à la Section 13 de la Référence [23] pour l'atome d'hydrogène, que nous illustrerons ci-après.

© André Michaud

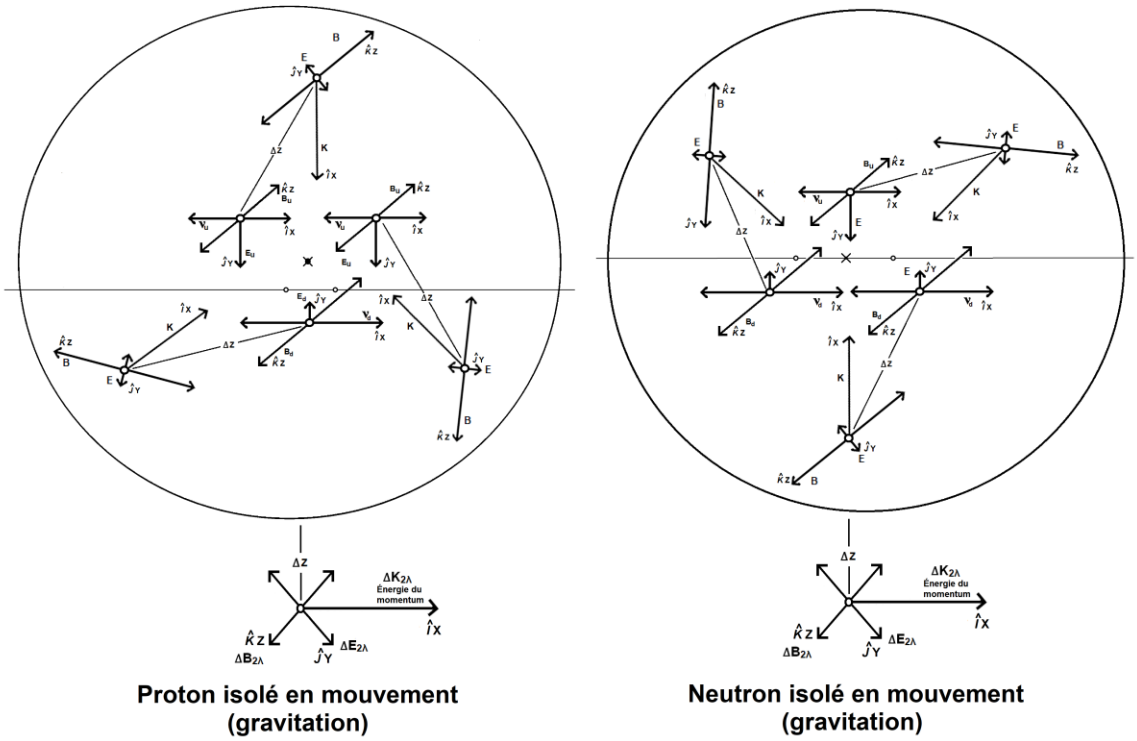

Figure 16: Proton et neutron isolés en mouvement – gravitation, complexes vectoriels trispatiaux de niveau 3.

Les Figures 9 et 10 des références [51] et [52], reproduites ici en tant que **Figure 17**, représentaient divers aspects de l'atome d'hydrogène *au repos*.

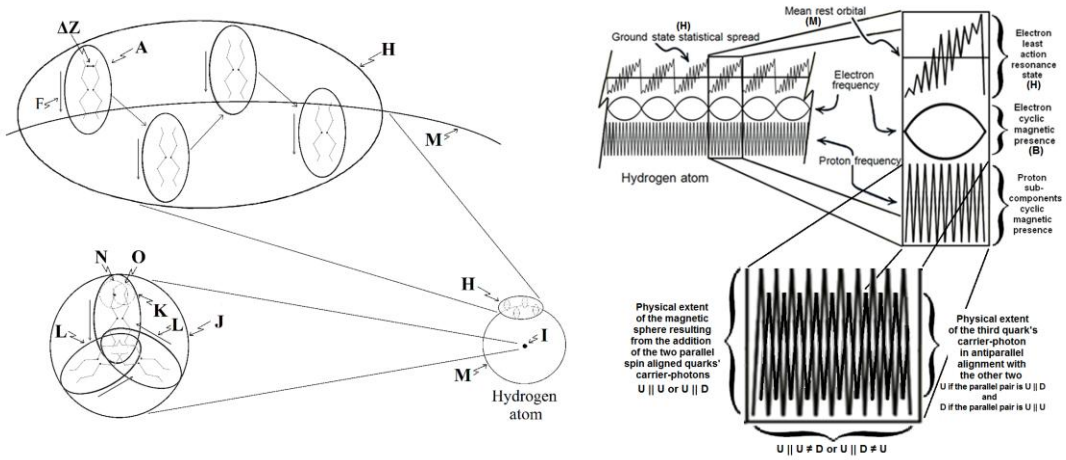

Figure 17: L'atome d'hydrogène au repos – complexe vectoriel trispatial de niveau 2.

Nous allons maintenant représenter avec la **Figure 18** cet atome d'hydrogène isolé, qui devient dans la géométrie vectorielle trispatiale un objet vectoriel *de niveau 3*, avec son

 © André Michaud

photon-porteur *de niveau vectoriel 0*, pour expliquer son mouvement ou la pression qu'il exerce dans l'espace. La représentation n'est évidemment pas à l'échelle.

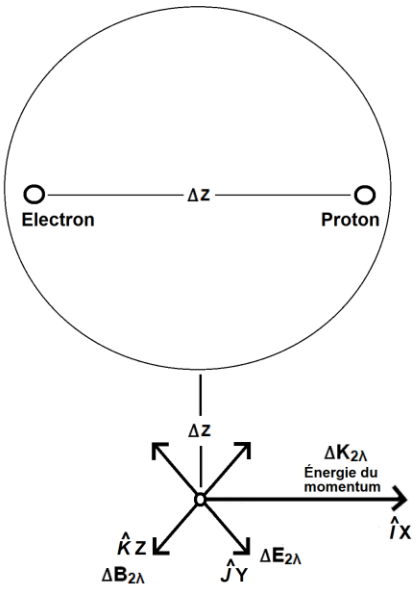

Figure 18: L'atome d'hydrogène en mouvement – gravitation, complexe vectoriel trispatial de niveau 3.

Tel que mis en perspective à la Référence [23], c'est une conclusion d'Einstein dans un article publié en 1910, qui étrangement n'a été disponible qu'en français pendant plus d'un siècle [68] en raison de la perte de l'original allemand, jusqu'à ce qu'il soit finalement traduit officiellement en anglais en 2021 [69], qui a fourni le lien nécessaire entre les mécaniques cinématique et électromagnétique qui a finalement permis de relier clairement la force de restauration de Coulomb à la force gravitationnelle telle qu'analysée aux Références [47] et [22], et analysée plus en détail à la **Section 3** du présent article.

> *"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:"*

$$\mathrm{m}\frac{\mathrm{d}^2\mathrm{x}}{\mathrm{dt}^2} = \mathrm{e}\mathbf{E}_\mathrm{x} \qquad ([69], \text{p. 95, Équation (2)}) \tag{78}$$

Albert Einstein (1910) ([68], p.143)

Soulignons que cette égalité a été jugée valable par Einstein spécifiquement entre la force calculée à partir de *la masse invariante au repos de l'électron* dans l'équation de l'accélération cinématique de Newton – soit $F=ma$, premier terme de l'équation d'Einstein (2) – et la force calculée à partir de *la charge invariante de l'électron* dans le premier terme de l'équation de la force électromagnétique de Lorentz – soit $F=e\boldsymbol{E}$, deuxième

 © André Michaud

terme de l'équation d'Einstein (2). L'équation de la force de Lorentz (24) est reproduite ici par commodité, en remplaçant la charge générique *q* par la charge unitaire *e* de l'électron, afin de rendre la relation avec l'équation d'Einstein (2) plus évidente :

$$\mathrm{F} = e\mathbf{E} + e\mathbf{v} \times \mathbf{B} \tag{79}$$

Lorsque Gauss a défini le champ ***E***, il l'a fait en supprimant une charge de l'équation de Coulomb :

$$\mathrm{F} = \frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad \frac{\mathrm{F}}{q} = \frac{1}{q}\frac{q^2}{4\pi\varepsilon_0 r^2} = \mathbf{E} = \frac{q}{4\pi\varepsilon_0 r^2} \qquad \mathbf{E} = \frac{\mathrm{q}}{4\pi\varepsilon_0 \mathrm{r}^2} \tag{80}$$

Ainsi, si nous réintroduisons la charge invariante de l'électron dans l'équation résultante (80) comme dans l'équation d'Einstein (2), nous récupérons l'équation fondamentale de Coulomb en reliant la charge de l'électron à *Q*, qui redéfinit le *q* restant comme représentant la somme de toutes les charges de signe inverse de l'environnement avec lequel cet électron unique interagit maintenant, et *R* en redéfinissant *r* comme la distance moyenne séparant la charge unitaire de l'électron de la distance moyenne à laquelle se trouve la somme résultante *Q* des charges environnantes de signe opposé, utilisant ainsi le même symbolisme que celui utilisé par de Broglie dans son Équation (42) pour représenter les différents rayons liés aux orbitales de l'atome d'hydrogène. Le deuxième terme de l'équation d'Einstein (2) devient donc :

$$\mathrm{F} = e\mathbf{E} = e\frac{\mathrm{Q}}{4\pi\varepsilon_0 \mathrm{R}^2} = \frac{e \cdot \mathrm{Q}}{4\pi\varepsilon_0 \mathrm{R}^2} \qquad \mathrm{F} = e\mathbf{E} = \frac{e \cdot \mathrm{Q}}{4\pi\varepsilon_0 \mathrm{R}^2} \tag{81}$$

L'équation de Coulomb fournit l'énergie du momentum, plus une quantité égale d'énergie qui s'auto-oriente perpendiculairement à la direction du mouvement ou de la pression appliquée et qui établit les deux forces opposées des champs transversaux $\Delta\boldsymbol{E}$ et $\Delta\boldsymbol{B}$ dont l'action transversale s'oppose l'une à l'autre pour maintenir la particule sur une trajectoire rectiligne par défaut si aucune force extérieure n'interfère.

Les champs magnétiques étant additifs, si un champ $\boldsymbol{B}_{Externe}$ est appliqué de l'extérieur en plus du champ $\Delta\boldsymbol{B}$ par défaut fourni par l'interaction de Coulomb locale entre les charges *e* et *Q* qui définit les champs $\Delta\boldsymbol{E}$ et $\Delta\boldsymbol{B}$ d'intensité égale, la trajectoire de la charge *e* sera déviée selon le rapport d'intensité modifié de 1/1 par défaut au nouveau rapport d'intensité $\Delta\boldsymbol{E} / \Delta\boldsymbol{B}+\boldsymbol{B}_{Externe}$.

Mais nous savons, grâce à la structure interne du photon-porteur décrite avec l'Équation (66), que l'énergie représentée par les champs $\Delta\boldsymbol{E}$ et $\Delta\boldsymbol{B}$ de l'équation de force de Lorentz (25) oscille entre ces deux états, et qu'ils ne constituent que la moitié de l'énergie induite par l'équation de Coulomb (81).

C'est pourquoi, dans les accélérateurs à haute énergie, la méthode traditionnelle utilisée pour introduire l'énergie de momentum liée au rapport $\Delta\boldsymbol{E} / \Delta\boldsymbol{B}+\boldsymbol{B}_{Externe}$ consiste d'abord à assimiler $e\boldsymbol{v}\boldsymbol{B}$ à la version relativiste de l'équation de l'énergie cinétique de Newton multipliée par 2, comme l'explique clairement la Référence [70], dans laquelle $\Delta\boldsymbol{B}$ est maintenu à sa valeur maximale pour tenir compte de la somme des énergies $\Delta\boldsymbol{E}+\Delta\boldsymbol{B}=\Delta\boldsymbol{B}_{Maximum}$.

 © André Michaud

$$ev\mathbf{B}_o = \gamma \frac{m_o v^2}{r_o} \tag{82}$$

Ce qui devient en contexte:

$$ev\left(\mathbf{B}_e + \Delta\mathbf{B}_{Maximum} + \mathbf{B}_{Externe}\right) = \gamma \frac{m_o v^2}{r_o} \tag{83}$$

Dont on peut isoler le rayon de la trajectoire courbe que l'on souhaite faire suivre à un électron isolé :

$$r_o = \gamma \frac{m_o v}{e\left(\mathbf{B}_e + \Delta\mathbf{B}_{Maximum} + \mathbf{B}_{Externe}\right)} \tag{84}$$

Ainsi, pour le mouvement en ligne droite d'un électron, pour que l'équation de la force de Lorentz, telle qu'elle a été développée précédemment sous la forme de l'Équation (25), tienne compte non seulement de l'énergie oscillant entre les champs $\Delta\boldsymbol{E}$ et $\Delta\boldsymbol{B}$ qui s'induisent mutuellement en alternance, mais aussi de l'autre moitié de l'énergie induite par l'interaction de Coulomb entre la charge unitaire *e* et la somme *Q* des charges de signe opposé dans l'environnement, l'Équation (25) pourrait être formulée en relation avec l'Équation (80) de la manière suivante ; en établissant une égalité directe entre l'énergie des photons-porteurs d'électrons fournie par l'équation de Coulomb, comme l'illustre la **Figure 18**, et celle fournie par l'équation modifiée de la force de Lorentz :

$$F = \frac{\Delta K}{r} + q\left[(\mathbf{E}_e \times \Delta\mathbf{E}) + \mathbf{v} \times (\mathbf{B}_e + \Delta\mathbf{B})\right] = \frac{e \cdot Q}{4\pi\varepsilon_0 R^2} \tag{85}$$

Dans laquelle

$$\Delta K = F \cdot r = \frac{e \cdot Q}{8\pi\varepsilon_0 R} \tag{86}$$

et

$$\Delta m_m = \left(\frac{\varepsilon_0 \Delta\mathbf{E}^2}{2} + \frac{\Delta\mathbf{B}^2}{2\mu_0}\right)\frac{1}{c^2} = \cdot\frac{F \cdot R}{c^2} = \frac{e \cdot Q}{8\pi\varepsilon_0 R}\frac{1}{c^2} \tag{87}$$

L'égalité de la force entre *F=ma* et *F=e**E*** observée par Einstein dans le cas de l'électron, combinée à cette analyse confirmative détaillée de l'équation de la force de Lorentz, toutes deux démontrées comme étant la même force électromagnétique à la Référence [71], est ce qui a permis dans la Référence [23] l'établissement de la méthode de calcul de l'énergie induite par la masse de niveau vectoriel trispatial 4 de la Terre, composée d'atomes et de molécules représentables par des complexes vectoriels trispatiaux de niveau 3, au moyen d'un atome d'hydrogène de niveau 3 qui se trouverait théoriquement sur le sol à sa surface.

La charge attractive composite de la Terre a pu alors être calculée, ce qui a conduit à calculer le nombre de charges élémentaires dont est constituée la masse de niveau vectoriel trispatial 4 du Soleil, et ainsi de suite pour le niveau astronomique, tel qu'il a été calculé à la Référence [23].

 © André Michaud

10. Conclusion

Cet article termine l'analyse de la manière dont la mécanique cinématique et la mécanique électromagnétique peuvent être harmonisées en adaptant les équations de la mécanique newtonienne pour tenir compte du champ magnétique des particules élémentaires localisées, ce qui permet d'utiliser autant les équations cinématiques et électromagnétiques pour décrire à la fois les propriétés et les interactions de ces particules.

Il conclut également la description des différents niveaux du champ vectoriel trispatial, qui introduit le niveau 0 de tension élastique correspondant au centre-de-présence des complexes vectoriels trispatiaux qui rendent compte des propriétés des photons électromagnétiques; le niveau 1 introduisant la constante de rappel électrostatique universelle et la force de restauration de Coulomb universelle qui en résulte, établies en conséquence de la séparation stabilisée des électrons et des positons à partir de la déstabilisation de photons de niveau 0 suffisamment énergiques.

Le niveau 2 introduit ensuite les structures de nucléons stables les plus denses que des triades de particules de niveau 1 peuvent établir, le niveau 3 concernant les assemblages plus complexes permis par des combinaisons de particules de niveau 1 et de niveau 2, soit des combinaisons représentant l'ensemble des éléments du tableau périodique, et enfin le niveau 4 concernant toutes les accumulations de niveau 3 qui peuvent être établies dans le champ vectoriel trispatial, toutes interagissant en fonction de la tension fournie par la constante de rappel électrostatique, et la force de restauration résultante qui induit dans toutes les structures vectorielles stabilisées les photons-porteurs de niveau 0 qui sont responsables de leur direction de mouvement, de la pression appliquée dans cette direction, et des incréments de masse ajoutés.

Ces analyses devraient permettre de développer à terme des équations différentielles applicables à chaque domaine à partir d'une base commune, tel qu'envisagé par Wien, ainsi que l'ensemble des équations d'ondes complexes nécessaires pour rendre compte des fréquences de battement des électrons en mouvement libre, ainsi que des fréquences de battement plus complexes de leurs différents états d'action stationnaires dans les atomes, tel qu'analysé aux Références [51] [52].

Pour une analyse approfondie du développement historique de la théorie électromagnétique qui a conduit au projet de Wilhelm Wien [7] d'établir la mécanique sur une base électromagnétique, le Chapitre 2 remarquablement bien documenté et référencé de la Référence [72] – intitulé "*Mechanics and Electromagnetism in the Late Nineteenth Century*" par *Roberto de Andrade Martins* - est fortement recommandé.

© André Michaud

Références

[1] 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

[2] 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

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

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

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

https://wikilivres.org/wiki/Die_elektromagnetische_Masse_des_Elektrons

[5] Lorentz, H.A. (1895) *Versuch einer Theorie der electrischen und optischen Erscheinungen in bewegten Körpern*, Leiden — E. J. Brill.

https://archive.org/details/versucheinerthe00loregoog

https://de.wikisource.org/wiki/Versuch_einer_Theorie_der_electrischen_und_optischen_Erscheinungen_in_bewegten_K%C3%B6rpern

https://en.wikisource.org/wiki/Translation:Attempt_of_a_Theory_of_Electrical_and_Optical_Phenomena_in_Moving_Bodies

[6] 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

[7] 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

[8] 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

[9] Heaviside, O. (1894) *Electrical Papers, Volume 2*. Macmillan and Company. https://books.google.ca/books/about/Electrical_Papers.html?id=bywPAAAAIAAJ&redir_esc=y

 © André Michaud

[10] 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.

[11] Poincaré, H. (1905) *La valeur de la science*, France, Flammarion, 1994 Edition.

[12] Bucherer, A. H. (1908) *Messungen an Becquerelstrahlen. Die experimentelle Bestätigung der Lorentz-Einsteinschen Theorie*. Physikalische Zeitschrift, **9** (22): 755–762.

[13] Neumann, G. (1914) *"Die träge Masse schnell bewegter Elektronen*". Annalen der Physik. **350** (20): 529–579.

https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/andp.19143502005

[14] Planck, M. (1906) *Die Kaufmannschen Messungen der Ablenkbarkeit der β-Strahlen in ihrer Bedeutung für die Dynamik der Elektronen*. Physikalische Zeitschrift 7 (21): 753–761.

https://de.wikisource.org/wiki/Die_Kaufmannschen_Messungen_der_Ablenkbarkeit_der_%CE%B2-Strahlen_in_ihrer_Bedeutung_f%C3%BCr_die_Dynamik_der_Elektronen

https://en.wikisource.org/wiki/Translation:The_Measurements_of_Kaufmann

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

[16] 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

[17] 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

[18] 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

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

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

[20] Blackett, P.M.S & Occhialini, G. (1933) *Some photographs of the tracks of penetrating radiation*, Proceedings of the Royal Society, 139, 699-724. https://www.jstor.org/stable/96057

[21] 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.

 © André Michaud

[22] 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

[23] 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

[24] Cockcroft, J.D. & Walton, E.T.S. (1932) *Disintegration of Lithium by Swift Protons*. Nature volume 129, page 649 (1932).
https://www.nature.com/articles/129649a0

[25] James Clerk Maxwell Foundation.
https://clerkmaxwellfoundation.org/

[26] Meyer, Kirstine; Pihl, Mogens (2011). *L.V. Lorenz. Dansk Biografisk Leksikon*.
https://biografiskleksikon.lex.dk/L.V._Lorenz

[27] 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

[28] 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

[29] 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

[30] 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.

[31] 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

[32] 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

 © André Michaud

[33] 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

[34] 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

[35] 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.

[36] 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.
https://bp.bookpi.org/index.php/bpi/catalog/book/350

[37] 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

[38] 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

[39] 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

[40] 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.

[41] 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

 © André Michaud

[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. (2000) *On an Expanded Maxwellian Geometry of Space.* Proceedings of Congress-2000 – Fundamental Problems of Natural Sciences and Engineering. (2000) Volume 1, St.Petersburg, Russia, pages 291-310.
https://www.researchgate.net/publication/357527119_On_an_Expanded_Maxwellian_Geometry_of_Space

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

[46] Resnick, R., Halliday, D. (1967) *Physics*. John Wyley & Sons, New York.

[47] Michaud, A. (2020) *Introduction à l'électromagnétisme selon Maxwell – Mécanique électromagnétique*, Generis Publishing, ISBN 978-9975-3238-4-0.
https://www.researchgate.net/publication/343189571_Introduction_a_l'electromagnetisme_selon_Maxwell

[48] *Archives néerlandaises des sciences exactes et naturelles*. La société hollandaise des science à Harlem. Série II, Tome V.
https://archive.org/details/archivesnerlan0205holl/page/n7/mode/2up

[49] 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

[50] 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

[51] Michaud, A. (2018) *The Hydrogen Atom Fundamental Resonance States*. Journal of Modern Physics, 9, 1052-1110. doi: 10.4236/jmp.2018.95067.
https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=84158

[52] 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

[53] Einstein, A., Schrödinger, E., Pauli, W., Rosenfeld, L., Born, M., Joliot-Curie, I. & F., Heisenberg, W., Yukawa, H., et al. (1953) *Louis de Broglie, physicien et penseur*. Éditions Albin Michel, Paris.

 © André Michaud

[54] De Broglie, L. (1923) *Ondes et Quanta*. Comptes rendus T.177 (1923) 507-510. http://www.academie-sciences.fr/pdf/dossiers/Broglie/Broglie_pdf/CR1923_p507.pdf

[55] De Broglie, L. (1924) *Sur la définition générale de la correspondance entre onde et mouvement.* Comptes rendus de l'Académie des Sciences. (Paris) 179, 39.

[56] De Broglie, L. (1924) *Sur un théorème de Bohr,* C. R. Acad. Sci. (Paris) 179, 676, Comptes rendus de l'Académie des Sciences. (Paris) 179, 39.

[57] 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

[58] 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

[59] d'Abro, Aram (1951) *The Rise oft he New Physics*. Dover Publications, New York.

[60] 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

[61] Michaud, A. (2013) *On the Electron Magnetic Moment Anomaly***,** International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 3, PP. 21-25.

http://ijerd.com/paper/vol7-issue3/E0703021025.pdf

[62] Raines, F. & Cowan, C.L. Jr. (1959) *Free Antineutrino Absorption Cross Section. I. Measurement of the Free Antineutrino Absorption Cross Section by Protons*, Physical Review, Volume 113, Number 1, Page 273-279. January 1, 1959. https://journals.aps.org/pr/abstract/10.1103/PhysRev.113.273

[63] Michaud, A. (2017) *Gravitation, Quantum Mechanics and the Least Action Electromagnetic Equilibrium States.* J Astrophys Aerospace Technol 5: 152. doi:10.4172/2329-6542.1000152

https://www.hilarispublisher.com/open-access/gravitation-quantum-mechanics-and-the-least-action-electromagneticequilibrium-states-2329-6542-1000152.pdf

[64] 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/

[65] Van Leunen, H. (2021) *The Standard Model of Particle Physics and the Hilbert Repository*. The Hilbert Book Model Project. DOI: 10.13140/RG.2.2.24853.04325

https://vixra.org/abs/2103.0188

[66] Van Leunen, H. (2021) *Elemental and Structured Spaces.* The Hilbert Book Model Project.

 © André Michaud

https://vixra.org/abs/2102.0087

[67] Michaud, A. (2017) *Mécanique électromagnétique des particules élémentaires*. *2e Édition*. Scholar's Press. Saarbrücken, Germany. 2016. ISBN: 978-3-330-87852-5.

https://www.researchgate.net/publication/318152118_Mecanique_electromagnetique_des_particules_elementaires_-_2e_edition

[68] 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.

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

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

[69] Einstein, A. (1910) *The Principle of Relativity and its Implications in Modern Physics*. Translated by André Michaud and Fritz Lewertoff. 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

[70] Humphries, S. Jr. (1986) *Principles of Charged Particle Acceleration*, John Wiley & Sons.

http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.382.7882&rep=rep1&type=pdf

[71] 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

[72] Capria, M.M., Editor. (2005) *Physics Before and After Einstein*, IOS Press. Amsterdam. ISBN 1-58603-462-6.

https://www.semanticscholar.org/paper/Physics-before-and-after-Einstein-Capria/d0466a81e73ade1c180923e2be33dae36293ec5b

 © André Michaud