

L'effet Corona

André Michaud

→ [Click here for English version](#)

→ [Haga clic aquí para versión en español](#)

Résumé:- Il peut être démontré que la production de paires électron-positon, la nucléogénèse et la nucléosynthèse pourraient être beaucoup plus importante qu'il est présumé selon les théories actuelles dans la corona du Soleil. Il peut aussi être démontré que les températures extrêmes observées dans la corona pourraient être dues à la genèse de nucléons et que la plus grand partie des éléments massifs dans le système solaire pourraient être indigènes et pourraient avoir été produits dans la corona par nucléosynthèse

Mots clés:- nucléogénèse, nucléosynthèse, neutron, proton, électron, positron, corona, photosphère, chromosphère, CME, vents solaires, 1.022 MeV, création de paires, systèmes planétaires, planètes, Soleil, étoile.

Cet article a été publié formellement:

International Journal of Engineering Research and Development e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X. Volume 7, Issue 11 (July 2013), PP. 01-09

En voici la traduction française:

I. DESCRIPTION SOMMAIRE DE LA CORONA

La particularité la plus remarquable de la corona du soleil est sa température extrême, qui excède de loin celle de la surface du soleil (la photosphère) et de son atmosphère (la chromosphère) qui sont situées juste en dessous. Alors que les températures de la photosphère et de la chromosphère demeurent passablement constante à environ ≈ 5800 °Kelvin (°K) jusqu'à une altitude d'environ 2400 km, elle grimpe ensuite vertigineusement vers les 11000 °K dans une étroite région de transition, pour abruptement dépasser le 1 million °K à l'altitude d'environ 2500 km, qui marque la limite inférieure de la corona. Notons ici que 11000 °K est la température d'ionisation totale de l'hydrogène.

A. Températures coronales extrêmes inexplicée dans les millions oK

À partir de ce point, des températures de 2 à 3 millions °K sont souvent observées avec de fréquentes pointes de loin plus élevées. Ces températures dans les millions °K sont en moyenne environ 200 fois plus élevées que celle de la surface du soleil et de sa chromosphère. Cette température moyenne extrême semble être une température d'équilibre, ce qui signifie que les pertes énormes d'énergie que la corona doit subir par des échanges incessants avec la chromosphère et l'éjections de matériel vers l'extérieur (CMEs) sont compensées en permanence par un processus selon toutes probabilités interne à la corona qui produirait cette énergie et qui n'est pas encore compris.

Cette augmentation abrupte de température à la frontière chromosphère-corona est accompagnée par une diminution tout aussi abrupte de densité de plusieurs ordres de magnitude qui raréfie suffisamment le matériel de la corona pour l'amener au stade de médium sans collisions de particules à haute énergie, ce qui est la définition d'un plasma.

De manière cyclique d'une durée de 11 ans, la corona oscille entre la forme d'une large couronne autour de l'équateur du Soleil et celle d'une enveloppe complètement fermée autour du soleil.

Il est présumé très logiquement que la seule cause possible de cette chaleur dépassant le million oK ne peut être qu'un processus impliquant le Soleil lui-même. Mais puisqu'aucun des modèles de surchauffe démontrés de manière satisfaisante dans la douzaine proposées actuellement ([1], p. 360, Table 9.2) ne peut rendre compte de plus de 10% de la chaleur de la corona, la question demeure essentiellement non résolue, et c'est ce qui laisse ouverte la possibilité que ce processus incompris de génération et maintien de cette énergie en surplus extrême puisse être interne à la corona.

La raison en est qu'il est impossible en regard du 2ième Principe de la thermodynamique que les 5800 oK provenant de la photosphère et la chromosphère puisse expliquer l'augmentation de 200 fois observée à la frontière chromosphère-corona. Ce qui se produit à l'interface chromosphère-corona est aussi déconcertant que si l'on observait une chaudronnée d'eau se mettre à bouillir en la plaçant sur un bloc de glace sèche, ce qui incite à penser qu'un processus interne à la corona devrait peut-être être considéré.

Pour citer Markus Aschwanden dans son excellent livre de référence "*Physics of the Solar Corona*": "*La compréhension physique de cette haute température dans la corona solaire demeure un problème fondamental en astrophysique, parce qu'il semble violer la 2ième loi de la thermodynamique, étant donné la température beaucoup plus froide de $T = 5785 \text{ }^\circ\text{K}$ de la frontière avec la photosphère.*" ([1], p.26).

En relation avec ces températures extrêmes, tous les atomes présents dans la corona sont ionisés, contrairement à la chromosphère, ce qui signifie que tous les atomes d'hydrogène y sont totalement ionisés puisqu'ils ne peuvent posséder qu'un seul électron. L'énergie des électrons libres dans la corona est si grande que la capture permanente par des ions positifs y devient pratiquement impossible.

B. Des centaines de milliards de tonnes de matériel expulsé à chaque jour

La corona est un milieu hautement inhomogène et fluctuant, constamment brassé par d'importants mouvements d'échange vers le haut et vers le bas avec la chromosphère, d'intenses flux magnétiques fermés venant principalement de la zone équatoriale du soleil qui la reconfigure constamment et flux magnétiques ouverts venant des pôles du soleil, cause des vents solaires, qui expulsent chaque jour des centaines de milliards de tonnes de matériel ionisé de sa frange externe qui migrent dans tout le système solaire.

II. SURABONDANCE DES ÉLÉMENTS DANS LA CORONA

La variété d'éléments à l'état atomique qui peut être trouvée dans la corona est largement similaire à celle de la photosphère et de la distribution cosmique générale telle que peut en attester la comparaison de l'analyse spectrale de la corona avec l'analyse des météorites.

c. Surabondance par un facteur moyen de 3 pour 1 des métaux détectés

Un fait d'intérêt particulier pour nous ici est que la plupart des métaux détectés, sodium, magnésium, aluminium, fer et nickel particulièrement, semblent être *3 fois plus abondants dans la corona et les vents solaires* que dans la photosphère ([1], p. 31, Tableau 1.2) ! Ce second fait, en plus des températures 200 plus élevés dans la corona par rapport à la photosphère et la chromosphère, renforce encore plus la possibilité qu'un processus inter à la corona pourrait être en action, et qui n'impliquerait pas directement le soleil lui-même.

La sensibilité des instruments actuels ne permet pas d'être aussi affirmatif pour les autres éléments. Nous n'avons pas beaucoup de données concernant leur statut d'abondance par rapport à la photosphère.

d. Surabondance par un facteur de 2000 de l'hélium

Il y a une exception particulièrement intrigante en ce qui concerne l'hélium cependant, la surabondance observée de ses deux isotopes, soit He3 et He4 pendant les éruptions coronales atteint le chiffre étonnant de 2000 fois ([1], p. 499, Tableau 11.3). Se pourrait-il que ces éruptions soient particulièrement favorables à la nucléosynthèse des éléments légers (voir plus loin)? Ou permettent-elles simplement de remarquer un tel niveau possiblement général de surabondance d'hélium dans la corona?

Les éléments de nombre atomique 31 et plus ne peuvent pas être clairement détectés pour le moment dans la corona avec les moyens actuels. Mais il ne fait aucun doute que tous les éléments du tableau périodique peuvent être trouvés dans la corona ne serait-ce que par les échanges constants de matériel entre la corona et la chromosphère puisqu'ils ont été détectés jusqu'à l'uranium dans cette dernière.

e. Toutes les étoiles ont une corona

Ailleurs dans l'univers, il a été découvert que toutes les étoiles examinées par télescopes à rayons-X possèdent aussi une corona, certaines appartenant à de jeunes étoiles étant beaucoup plus actives que celle du Soleil. Une activité coronale semble donc être un processus qui accompagne universellement toutes les étoiles.

Maintenant que nous avons mis en perspective les principales caractéristiques non expliquées de la corona, soit sa température extrême et sa surabondance confirmée de pratiquement la moitié des éléments qui y ont été détectés (nous manquons d'information en ce qui concerne les autres éléments), analysons maintenant ces caractéristiques à la lumière d'autres faits établis.

III. PRODUCTION DE POSITONS DANS LA CORONA

Dans son excellent ouvrage, Aschwanden met en perspective la production de positons dans la corona par désintégration β^+ d'ions radioactifs tel que démontré par Pauli en 1930, qui implique un proton du noyau se convertissant en un neutron, un positon et un neutrino ([1], p.631, Tableau 14.3). Cependant, et très étonnamment, aucune mention quelle qu'elle soit n'est faite du processus de matérialisation de positons provenant de photons d'énergie $1.022+ \text{ MeV}$ se découplant en paires électron-positon découvert par Blackett et Occhialini en 1933 [5]. Une analyse de la mécanique de production de telles paires dans la géométrie tri-spatiale est faite dans un article séparé [7].

Ce processus très bien documenté de photons d'énergie 1.022+ MeV se convertissant facilement en paires électron-positon lorsqu'ils frôlent des noyaux d'atomes ([3], p.17), est aussi très bien connu dans le milieu des accélérateurs à haute énergie.

$$\gamma \rightarrow e^{-} + e^{+} \quad (8)$$

Il a aussi été exhaustivement démontré que les positons et électrons sont totalement identiques, sauf pour le signe de leur charge, les deux particules ayant exactement la même masse invariante au repos de $9.10938188E-31$ kg, soit 0.511 MeV/c², ce qui représente exactement la moitié de l'énergie du photon le plus faible qui peut se convertir en une paire de ces particules.

Il est très bien établi que si un photon se convertissant possède plus de 1.022 MeV au départ, l'énergie en excès des deux quantités de 0.511 MeV/c² constituant les masses des particules détermine directement les vitesses relatives en directions opposées des deux particules dans l'espace après matérialisation ([2], p. 174).

Aucune mention n'est faite non plus dans l'ouvrage de Anschwanden, publié en 2006, de cet autre processus confirmé expérimentalement en 1997 par Kirk McDonald et son équipe à l'Accélérateur linéaire de Stanford (SLAC) qui révèle qu'en faisant converger deux faisceaux suffisamment concentrés de photons électromagnétiques vers un point dans l'espace, l'un des faisceaux étant constitué de photons électromagnétiques sans masse dépassant le seuil de 1.022 MeV, des paires d'électron/positon massifs sont créées sans qu'aucun noyau atomique massif ne soit présent.

F. Abondance de photons de 1.022+ MeV dans la corona

Alors pourquoi donc ces processus très bien documentés de production de paires électron-positon ne sont pas mentionnés dans son ouvrage, ni dans aucun autre article ou manuel concernant la corona en fait, considérant que les photons d'énergie 1.022 MeV et plus y sont présents pratiquement à l'état de continuum? C'est une question pour laquelle je n'ai pas de réponse.

IV. HYPOTHÈSE DE GENÈSE DE NUCLÉONS DANS LA CORONA

Avant d'analyser un processus qui pourrait expliquer les températures dans les millions de °K ambiantes dans la corona, il faut mettre en perspective un autre processus très peu documenté et hautement énergétique d'induction adiabatique.

Au delà des processus bien documentés de conversion de premier niveau de conversion de photons sans masse en paires d'électron-positron massifs, il existe aussi cet autre processus de second niveau prometteur de production de masses encore plus grande, dont les premiers éléments furent théorisés dans les années 1950, et qui n'est pas non plus mentionné dans l'ouvrage de Anschwanden, mais qui est mentionné par M. Haïssinsky, Directeur de recherche au C.N.R.S. à Paris dans les années 1950, dans son ouvrage "*La chimie nucléaire et ses applications*" [3].

Selon lui, il a été démontré théoriquement que des combinaisons métastables de 2 positons + 1 électron, ou alternativement 2 électrons + 1 positon démontrent une certaine stabilité mais qu'elle était beaucoup moindre que celle du positonium, et qu'aucunes expériences n'avaient été planifiées pour tirer au clair ce qui se produisait lorsque le processus d'accélération s'enclenchait ([3], p. 33).

Théoriquement, ce processus implique les relations suivantes:

$$e^- + 2e^+ \rightarrow p + 3\gamma \rightarrow p + n\pi^0 + n\pi^\pm \quad (9)$$

et

$$2e^- + e^+ \rightarrow n + 3\gamma \rightarrow n + n\pi^0 + n\pi^\pm \quad (10)$$

Il est bien établi expérimentalement que les mésons π (sensés être constitués de quarks up et down, qui sont seulement marginalement plus massifs que des électrons) peuvent être créés de manière routinière lors de collisions frontales entre deux faisceaux d'électrons et de positons [4] et que des baryons encore plus massifs (protons et neutrons) sont aussi des produits coutumiers de telles expériences de collisions entre des faisceaux d'électrons et positons, qui sont beaucoup moins massifs [6].

Il a donc été observé de manière routinière et étudié de manière approfondie dans les accélérateurs à haute énergie que lorsque des faisceaux d'électrons et positons sont projetés en collision frontale avec suffisamment d'énergie, tout un éventail de particules encore plus massives que les électrons et positons se matérialisent systématiquement en fonction de la quantité d'énergie libérée pendant de telles collisions, incluant des protons et des neutrons.

L'ensemble suivant ayant été mentionné comme étant plus spécifiquement observé:

$$2e^- + \text{énergie cinétique} \rightarrow p + 4e^- + 2e^+ + n\pi^0 + n\pi^\pm + \text{autres particules} \quad (11)$$

Ces observations expérimentales seront discutées plus avant un peu plus loin.

Une analyse complète de la mécanique de production de neutrons et protons dans la géométrie tri-spatiale à partir de triades composées d'électrons et positons est faite déjà à la référence [8]. Le processus sera résumé comme suit.

Lorsque 2 électrons plus 1 positon suffisamment thermiques et proches les uns des autres pour se méta-stabiliser momentanément avant l'inévitable dégradation de leurs orbites (c'est-à-dire avant de se mettre à accélérer adiabatiquement vers leur centre de masse commun), nous observons que nous sommes en présence de deux électrons qui se repoussent mutuellement pendant qu'ils sont simultanément attirés de manière égale par le même positon.

Pour que de telles triades métastables se forment, les particules doivent être dans un état thermique de très faible énergie, ce qui ne leur en laisse pas suffisamment pour échapper à leur interaction mutuelle, soit un état métastable sensé se dégrader encore plus rapidement que dans le cas du positonium, selon Haïssinsky.

Nous savons par les expériences sur le positonium que lorsqu'un électron et un positon sont forcés de s'approcher à moins de $2.116708996E-10$ mètre l'un de l'autre ([9], p.323), avec une énergie insuffisante pour échapper à une capture mutuelle, un système métastable s'établi, dont la dégradation résulte éventuellement en une dématérialisation de la paire en 2, 3 photons ou plus, dépendant de l'orientation relative du spin des particules incidentes, et possiblement d'autres facteurs impliquant des interaction avec les atomes environnants. Une telle dématérialisation est totalement cohérente avec la théorie de Dirac des paires complémentaires particule/antiparticule, et a été exhaustivement confirmé par expérimentation ([8], Section B).

Mais quand 2 électrons thermiques et 1 positon thermique sont capturés dans un système commun de si faible énergie tel que décrit par Haïssinsky, ils se trouvent dans une situation unique puisque les trois particules sont élémentaires, ce qui signifie qu'aucune d'entre elles ne peut être divisée pour former deux paires qui pourraient rejoindre comme dans le système du positonium pour ensuite se dégrader pour former des photons sans masse.

Bien sûr, comme la dégradation des orbites se poursuit dans leur tentative de se joindre de toute façon, les particules accéléreront adiabatiquement dans leur mouvement de translation autour de leur centre de masse commun, et les deux électrons se repousseront évidemment de plus en plus fortement en se rapprochant tandis qu'ils seront simultanément de plus en plus fortement attirés par l'unique positon. Dans le modèle à 3 espaces, le résultat final de ce processus est la production d'un neutron et de trois photons hautement énergiques.

Par exemple, si les quarks down étaient en réalité des électrons dont les caractéristiques de masse et de charges étaient contraintes en ces états altérés pour devenir des quarks down avec charges fractionnaires lorsque confinés dans les structures des nucléons, ils continueraient à demeurer la même particule, mais dans sous une forme un peu plus massive avec charge diminuée et champ magnétique augmenté dû à la dérive interne d'énergie vers l'état magnétique, une dérive due aux orbites extrêmement serrées dans lesquelles ils sont contraints. La même condition s'appliquerait bien sûr aux quarks up qui seraient de simple positons contraints de la même manière.

Alors bien sûr, le fait que les quarks up et down n'ont jamais été observés se déplaçant librement hors de nucléons fractionnés par collisions destructrices trouve une très simple explication dans le modèle des 3-espaces, car aussitôt qu'ils sont libérés de l'environnement électromagnétique contraignant de la structure des nucléons pendant de tels événements destructeurs, les électrons et positons impliqués retrouveraient immédiatement leurs charge unitaire et leur masse au repos habituelle.

Une description détaillée de cette possible mécanique de genèse de nucléons (nucléogénèse) par accélération adiabatique d'électrons et positons dépasse de loin le cadre du présent article, mais est complètement exposée dans un article séparé avec support théorique complet [8]. Similairement, la dérive magnétique responsable de la diminution de la charge électrique des particules élémentaires forcées à s'établir dans des orbites fermées est analysée dans un autre article séparé [11].

À l'étape finale de ce processus d'accélération adiabatique, conduisant à la production de nucléons à partir de telles triades, un état final est atteint, auquel point les trois particules possèdent une masse légèrement augmentée et des charges diminuées, et où il devient impossible pour les particules (2 électrons "maintenant quarks down" et 1 positon "maintenant quark up") de s'approcher de plus près les un des autres dû à la répulsion magnétique entre les divers composants en mouvement, une répulsion qui contrebalance exactement l'attraction électrostatique. Cet état d'équilibre est décrit dans un article séparé [2].

L'analyse démontre que lorsque les trois particules se stabilisent au rayon de translation de l'ordre de $1.2E-15$ m, une quantité d'énergie adiabatique d'environ 310 MeV est continuellement induit pour chaque quark de la triade. Cela signifie que lorsque cet état final de la triade en contraction est atteint, trois photons électromagnétiques de bremsstrahlung extrêmement énergiques d'environ 155 MeV chacun seront émis pour évacuer l'énergie translationnelle (unidirectionnelle) accumule pendant le processus d'accélération adiabatique, dû à l'inertie de ce quantum d'énergie unidirectionnelle en mouvement ([8], Sections VII et VIII), qui se convertiront plus que probablement immédiatement en mésons π , laissant derrière seulement l'énergie de maintenance perpétuellement et adiabatiquement induite à cette distance entre les quarks.

V. ÉNERGIE DE BREMMSSTRAHLUNG PAR NUCLÉOGÉNÈSE DANS LA CORONA

Puisque de si grandes quantités de photons de 1.022+ MeV sont constamment présentes dans la corona, qui sont *de facto* sujets à facilement se convertir en paires électron-positon, les conditions semblent réunies pour que des triades constituées d'électrons et de positons conduisant à leur accélération pour devenir de grandes quantités de protons et neutrons selon la mécanique analysée jusqu'ici puissent se former dans la corona. La question est donc qu'est-ce qu'on observerait alors dans la corona qui pourrait supporter une telle supposition?

Dans un article récent ([8], Section VIII), une analyse exhaustive a été faite, décrivant de quelle manière l'accélération électrostatique au niveau des particules fondamentales induit de l'énergie supplémentaire lorsqu'un électron est capturé pour la première fois de son existence par un proton, après avoir été créé en compagnie d'un positon lors du découplage d'un photon électromagnétique de 1.022 MeV, un processus qui ne viole pas le Principe de conservation de l'énergie, étant donné que cette première séquence d'accélération d'un électron est un processus adiabatique irréversible ([8], Section VI).

Similairement, lorsque 2 électrons plus 1 positon se capturent mutuellement dans un système métastable et accélèrent adiabatiquement les uns vers les autres pour la première fois de leur existence dans un tel système pour constituer un neutron, qui possède maintenant 600 fois plus d'énergie que les trois particules initiales, soit $939.56533 \text{ MeV}/c^2$, après s'être stabilisés au rayon de translation de $1.2E-15 \text{ m}$, trois quantités d'énergie cinétique adiabatique d'environ 310 MeV s'induiront continuellement pour chaque quark de la triade.

Donc, très logiquement, lorsque l'état final de la triade en contraction est atteint, trois photons gamma de bremsstrahlung extrêmement énergiques d'environ 155 MeV chacun sont obligatoirement émis lorsque chaque triade se stabilise au rayon de translation correspondant au volume occupé par un proton ou un neutron. Une telle émission libère donc un total de $155 \times 3 = 465 \text{ MeV}$ de nouvelle énergie pour chaque nucléon ainsi créé.

G. Augmentation de 227 fois de l'énergie ambiante par nucléogénèse

Tel que déjà analysé, chaque triade thermique d'électrons et positons initiaux s'associera pour ensuite accélérer jusqu'à se stabiliser sous forme d'un de ces nucléons; électrons et positons générés eux-mêmes à partir de deux photons de 1.022 MeV préalablement découplés en paires d'électron-positon, ce qui fait un total de $1.022 \times 2 = 2.044 \text{ MeV}$ d'énergie initiale.

En tout donc, en plus de créer soit un proton plus un électron libre ou un neutron plus un positon libre, chaque événement de création d'un nucléon à partir de deux photons initiaux de 1.022 MeV cause une augmentation ambiante d'énergie de $465 \div 2.044 = 227.5$ fois l'énergie présente lorsque le processus d'accélération a débuté, ce qui tombe exactement dans la tranche d'augmentation d'énergie observée dans la corona!

H. Quantités de mésons de nucléogénèse détectés dans la corona

Il va sans dire que les trois photons de 155 MeV produits se convertiraient en pions, puisqu'ils apparaissent à proximité immédiate du nucléon massif dont ils s'échappent. Le mode de déstabilisation apparemment normal de photons à si haute énergie étant logiquement sa conversion en les particules transitoires les plus massives qui peuvent être produites, ils se convertiraient très certainement en mésons π .

N'importe laquelle des combinaisons suivantes est donc sujette de se produire stochastiquement avec chaque nucléon généré:

$$e^- + 2e^+ \rightarrow p + 3\gamma \rightarrow p + X \quad (12)$$

et

$$2e^- + e^+ \rightarrow n + 3\gamma \rightarrow n + X \quad (13)$$

où X peut prendre n'importe laquelle des valeurs suivantes:

$$3\pi^0 ; 2\pi^0 + \pi^- ; 2\pi^0 + \pi^+ ; \pi^0 + \pi^- + \pi^+ ; \pi^0 + 2\pi^- ; \pi^0 + 2\pi^+ ; 3\pi^- ; 3\pi^+ ; 2\pi^- + \pi^+ ; 2\pi^+ + \pi^-$$

Ces mésons ont été observés en abondance dans la corona, et sont connus pour se dégrader en un état final **consistant en électrons et positons hautement énergiques**, et d'autres photons gamma moins énergiques, mais la plupart dépassent toujours le seuil de découplage de 1.022 MeV ([1], p. 632)!

Les mésons neutres (π^0) ont une masse au repos initiale de 135 MeV/c² alors que les mésons chargés (π^- et π^+) ont une masse initiale au repos de 139 MeV/c². Donc, du photon de 155 MeV dont le méson est produit, le méson conserve donc une très importante énergie cinétique respectivement de 20 MeV et 15 MeV.

i. Quantités de e^+ et e^- supplémentaires produits par la dégradation de mésons

Les mésons π neutres sont connus pour pratiquement toujours se convertir en une paire de photons d'égale énergie de 67 MeV, et occasionnellement en une paire d'électron-positon plus un photon emportant le reste de l'énergie, ce qui signifie que si le méson se convertit en une simple paire de photons, le reste de son énergie cinétique sera transférée à la particule dont l'interaction aura causé sa transformation:

$$\pi^0 \rightarrow 2\gamma \quad (14)$$

ou

$$\pi^0 \rightarrow e^- + e^+ + \gamma \quad (15)$$

De leur côté, les mésons π^- et π^+ chargés se convertissent généralement en premier lieu en un muon de même signe et finalement en un électron ou positon de même signe plus les neutrinos correspondants:

$$\pi^- \rightarrow \mu^- + \text{anti-}\nu_\mu \rightarrow e^- + \text{anti-}\nu_e \quad (16)$$

et

$$\pi^+ \rightarrow \mu^+ + \nu_\mu \rightarrow e^+ + \nu_e \quad (17)$$

Cela signifie que si un tel processus de genèse de nucléons est fréquent dans la corona, se révélant possiblement être même la principale source d'énergie de la corona, des quantités d'électrons et de positons à haute énergie n'auraient pas besoin d'être accélérés à ces hautes énergies détectées, puisqu'ils seraient produits possédant déjà des énergies énormes! Ce qui n'exclut aucunement la possibilité d'accélération subséquente par les moyens déjà étudiés jusqu'aux énergies encore plus grandes aussi observées ([1], p. 613).

VI. ABONDANCE DE PHOTONS DÉCLENCHEURS DE 1.022+ MEV

J. Thermalisation des électrons et positons énergiques

Il doit être très clair à ce point de l'analyse que pour que toute triade constituée d'électrons et positons s'établisse en un système metastable avant d'accélérer pour former un nucléon, les particules doivent être thermiques au départ sinon ils ne peuvent que s'échapper de nouveau d'une telle triade ou se combiner en paires pour se convertir en quelques photons si un électron s'associe avec un seul positon de la triade (via le processus bien connu de dégradation du positonium). Ce qui est nécessaire donc pour que des électrons et positons thermiques de très faible énergie deviennent disponibles est un processus qui forcerait les électrons et positons à haute vitesse à ralentir suffisamment.

Nous savons par observation que de tels ralentissements d'électrons dans la corona sont très fréquents. En fait, les photons de faible énergie générés lors d'émission libre-libre (free-free emission) sont possiblement l'outil d'observation le plus important dont nous disposons pour étudier la corona ([1], p. 42). Ce processus est donc une intéressante source possible d'électrons thermiques.

Une émission libre-libre est un processus par lequel un électron perd de l'énergie sous forme d'un photon de bremsstrahlung lorsqu'il est dévié par un proton avec une vitesse trop grande pour être capturé, ce qui est le type de rencontre habituel dans la corona étant donné que tous les atomes présents y sont hautement ionisés.

K. Création de paires déjà à l'état thermique

Les meilleurs candidats cependant seraient des photons possédant directement une énergie de 1.022 MeV ou légèrement plus puisque leur découplage ne laisserait aucune énergie translationnelle en excès qui forceraient les deux particules créées à trop s'éloigner l'une de l'autre. Si le hasard veut qu'un électron ou un positon thermique s'approche suffisamment à ce moment précis, une triade mixte pourrait se méta-stabiliser immédiatement et le processus d'accélération concentrique s'enclencherait.

L. Création vérifiée de paires thermiques dans la corona

Le fait est que de grandes quantités de photons de 10 keV à 10 MeV ont été observées dans la corona. Chaque fois qu'une éruption solaire majeure se produit, de tels photons sont émis par la chromosphère lorsque des particules qui ont été accélérées avec suffisamment d'énergie pour interagir avec des noyaux d'atomes retombent dans la chromosphère plus dense où de nombreuses collisions produisent des photons du bon ordre d'intensité, en un processus d'émission continu par de nombreux processus : photons de bremsstrahlung provenant d'électrons, désexcitation nucléaire, capture de neutrons, annihilation de positons ou radiation de dégradation de pions ([1], p. 42).

Puisqu'à partir du seuil de 1.022 MeV, les photons sont très sensibles à se découpler en paires électron-positon, il ne fait aucun doute qu'un grand nombre d'entre eux qui frôlent des noyaux d'atomes fortement ionisés dans la corona se découpleront effectivement dans un état thermique propice à se combiner avec un électron ou positon thermique qui se trouverait à proximité immédiate.

La présence d'électrons et positons suffisamment thermiques est donc assurée dans la corona en nombre suffisant pour permettre l'établissement de triades conduisant à la génération de

nucléons, processus capable de procurer une augmentation du niveau d'énergie ambiante de plus de 200 fois tout comme il est observé, et une production systématique d'électrons et positons à haute vitesse tel qu'il aussi observé dans la corona.

VII. NUCLÉOGÉNÈSE ET NUCLÉISYNTHÈSE DANS LA CORONA

M. Genèse continue de nucléons par réaction en chaîne de bas niveau

La question est maintenant: À partir du moment où le processus de genèse de nucléons dans la corona est déclenché suite à la production de paires dues au découplage de photons libres de 1.022 MeV issus de la première éruption majeure après qu'une étoile s'allume, est-ce qu'un tel processus de genèse de nucléons pourrait s'auto-entretenir, sous forme d'une sorte de réaction en chaîne de bas niveau, non explosive?

L'observation nous montre que l'existence continue de la corona autour du Soleil et des autres étoiles semble l'indiquer, si une telle genèse de nucléons était réellement l'explication des hautes températures des coronas. La mécanique d'un tel auto-entretien reste à clarifier, mais implique certainement les nombreux photons gamma hautement énergiques de seconde génération émis lors de la dégradation des pions innombrables qui sont produits.

Nous pouvons bien sûr déjà parler de nucléosynthèse avec la création de protons à partir de triades composées d'électrons et positons thermiques puisque les protons sont en fait des noyaux d'hydrogène. Mais qu'en est-il des noyaux plus massifs du tableau périodique?

N. Protons et neutrons produits en nombres statistiquement égaux

Notons ici que statistiquement parlant, les chances pour qu'un neutron soit produit par un processus initial d'accélération d'une triade sont exactement égales à celles d'un proton, ce qui signifie que des quantités statistiquement égales de neutrons et protons sont sujettes à être produites si le processus est répété. De plus, ils sont tous produits à l'état thermique par définition, apparaissant à l'arrêt translationnel complet au lieu de création puisque les trois particules qui accélèrent transversalement pour les constituer ne peuvent être que thermiques au départ.

O. Production de tous les éléments favorisée par une foule de nucléons thermiques libres

Puisque des foules de protons et neutrons thermiques sont sujets à se retrouver proches les uns des autres dans le plasma coronal, une nucléogénèse d'éléments légers comme l'hélium, lithium et autres éléments légers ne serait pas très surprenante étant donné la présence d'autant de neutrons thermiques libres dans l'environnement. Ces noyaux légers étant fortement sinon totalement ionisés ont définitivement une chance de se convertir en noyaux de nombre atomique supérieur, dû encore une fois à la présence dans la corona de tant de neutrons libres, protons et autres noyaux légers ionisés.

Se pourrait-il qu'un tel niveau de nucléosynthèse soit la cause de la triple surabondance de ces éléments légers notée dans la corona et les vents solaires par rapport à la photosphère? La probabilité en est bien sûr très grande, un processus qui doit avoir été continu depuis que le Soleil s'est allumé puisque l'on peut présumer que la corona existe depuis cette époque, et qui doit avoir produit d'innombrables trilliards de tonnes de nouveaux atomes couvrant tout le spectre du tableau périodique des éléments!

p. Preuve de production continue d'élément dans la corona par absorption de neutrons

Dans les faits, y aurait-il des signes qu'une construction de noyaux impliquant l'absorption de neutron se produit dans la corona ? La réponse est oui. Étant donné que le photon de bremsstrahlung émis lorsqu'un neutron est capturé par un proton possède une signature très étroitement caractéristique de 2.223 MeV, il est très facile à identifier dans les spectres de rayonnement. Cette ligne gamma très étroite est souvent très proéminente dans le spectre des hautes énergies de la corona ([1], p. 629 et p. 34, Figure 1.25) se qui confirme hors de tout doute qu'il se produit fréquemment d'intenses périodes de capture de neutrons par des protons dans la corona et que les neutrons sont nombreux.

La capture de neutrons par des noyaux plus lourds implique un éventail d'énergie de photons de bremsstrahlung moins facilement identifiables dans les spectres de la corona (incluant la capture par ions de He3 qui ne génère pratiquement aucune énergie), mais puisque de si grandes quantités de neutrons sont disponibles pour capture par des protons, il n'y a aucun doute qu'ils sont tout aussi facilement disponibles pour capture par des noyaux plus lourds.

Les modèles actuels présument que toute la population de neutrons libres observés doit avoir été produite par collisions destructrices d'ions hautement accélérés de carbone, azote, oxygène, fer, etc., libérant des neutrons hautement énergiques, ce qui implique qu'ils doivent être ralenti considérablement avant de pouvoir être capturés par des protons et autres noyaux plus massifs ([1], p. 630), mais s'ils étaient produits par genèse de nucléons tel qu'analysé ici, ils se retrouveraient en grand nombre dans la corona après avoir été produits déjà dans un état thermique les rendant disponibles pour capture immédiate.

VIII. LA NAISSANCE DE SYSTÈMES PLANÉTAIRES

q. Les vents solaires

Nous avons mentionné plus tôt que les vents solaires expulsent constamment des centaines de millions de tonnes de matériel ionisé de la frange externe de la corona pour migrer dans tout le système solaire. Le matériel ainsi expulsé peut être envoyé au-delà même de Pluton, jusqu'à l'héliopause, à environ 100 fois la distance entre la Terre et le Soleil, et qui est la frontière où la pression des vents solaires tombe en équilibre avec la pression des particules venant de l'espace interstellaire. Clarifions maintenant la nature de ces vents solaires.

Les vents solaires sont encore en train d'être analysés car leur mécanique n'est pas encore entièrement comprise, mais il est cependant compris que le champ magnétique du Soleil en est la cause. La composante la plus forte (le vent rapide) est causé par les flux magnétiques ouverts venant des pôles du Soleil alors que la composante faible (le vent lent) origine principalement de la ceinture équatoriale du soleil, région où les flux magnétiques sont généralement fermés.

Les flux venant des pôles sont qualifiés d'ouverts parce qu'ils ne sont pas observés se repliant vers le Soleil comme tout flux magnétique doit le faire. Il semble évident cependant que les lignes magnétiques venant du pôle nord doivent éventuellement se replier pour ré-entrer dans le pôle sud du Soleil, sinon il y aurait contradiction avec les équations de Maxwell. Elles se replient certainement, possiblement aussi loin que l'héliopause sans que nous soyons en mesure de le vérifier directement pour le moment étant donné la distance impliquée.

R. Expulsion de 6.7 milliards de tonnes de matériel par heure

Il a été calculé que les vents solaires expulsent de la frange extérieure de la corona un flot continu dans toutes les directions d'environ 6.7 milliards de tonnes de matériel ([1], p. 703) par heure a des vitesses initiales variant de 1.44 à 2.88 millions de kilomètres à l'heure ([1], p. 167) ce qui signifie qu'il faut seulement environ 150 millions d'années pour que l'équivalent de la masse totale de la terre soit éjecté!

Les ouvrages de référence semblent laisser entendre qu'il n'est pas encore compris pourquoi les particules ionisées emportées par les vents solaires acquièrent des vitesses d'éjection si élevées lorsqu'elles atteignent une distance d'environ 5 rayons solaires de la photosphère.

Mais puisque toutes les particules dans les masses de matériel en cours d'éjection qui sont emportées par le puissant champ magnétique du soleil sont ionisées, donc chargées et se déplacent dans la même direction, la loi de Lorentz

$$\mathbf{F} = q(\mathbf{E} + \mathbf{v} \times \mathbf{B}) \quad (18)$$

oblige qu'un champ électrique obéissant à la relation $\mathbf{v} = \mathbf{E}/\mathbf{B}$ se mette en place pour rendre compte du déplacement en ligne droite de toutes ces particules s'éloignant du Soleil (voir Section 4.6), du simple fait qu'elles sont chargées et se déplacent dans un champ magnétique. Il n'existe tout simplement aucun moyen pour que des particules chargées puissent se déplacer en ligne droite à quelque vitesse que ce soit si cet équilibre \mathbf{E}/\mathbf{B} n'est pas localement établi, impliquant des densités égales des deux champs ambiants, électrique (\mathbf{E}) et magnétique (\mathbf{B}).

Ce qui se produit le plus probablement est qu'au moment où une masse de particules ionisées (donc chargées) sont forcées par les circonstances à commencer à se déplacer dans la même direction dans un champ magnétique dirigé, leurs champs électriques individuels ne peuvent que s'additionner pour constituer un champ électrique macroscopique du même ordre de grandeur que le champ magnétique ambiant. Voir à cet effet l'analyse des effets Einstein-de Haas et Barnett effectuée dans un article séparé [10].

Une idée similaire fut d'ailleurs proposée par Kaoru Takakura en 1988 ([1], p. 499, sous-réf.: *Solar Physics Journal*, No. 115, p. 149) impliquant des processus d'interaction ondes électromagnétiques / particules stochastiques, l'accélération se produisant à l'échelle des particules pour s'harmoniser à un niveau moyen au niveau macroscopique.

Un tel champ électrique n'a pas d'autre choix que de s'établir normal au champ magnétique ambiant et aussi à la direction de mouvement de l'ensemble des particules, puisque selon Maxwell et Lorentz, toute particule chargée se déplaçant en ligne droite ne peut le faire que perpendiculairement à un plan défini par un champ magnétique lui-même perpendiculaire à un champ électrique, ces deux champs, dont l'intensité détermine la vitesse de la particule, étant eux-mêmes perpendiculaires à la direction de mouvement de cette particule. Il n'existe tout simplement aucune autre possibilité.

s. Éjections de masses coronales (EMC)

La vitesse des quantités massives de particules impliquées n'aura d'autre choix que de s'ajuster à l'intensité de l'équilibre macroscopique \mathbf{E}/\mathbf{B} en train de s'établir pour soutenir leur mouvement en ligne droite vers l'espace. Un tel ajustement, soit l'accélération, doit sans aucun doute être progressif sur une période mesurable de temps à mesure que le champ électrique global se construit vers cet alignement normal \mathbf{E}/\mathbf{B} , ce qui est précisément ce qui a été directement mesuré pour les EMCs, que nous allons maintenant examiner ([1], p. 721).

t. Les EMCs éjectent chaque jour 125 fois plus de matériel que les vents solaires

En plus du flot d'éjection constant de matériel dû aux vents solaires, des événements cataclysmiques nommés Éjections de Masses Coronales (EMC) qui se produisent typiquement quelques fois chaque jour éjectent de 100 milliard à 10 trillion de tonnes de matériel chaque fois à des vitesses allant de 360000 km/h à 7.2 millions de km/h ([1], p. 703), atteignant ainsi le début de la plage relativistes des vitesses. Cela signifie qu'en moyenne, les EMC éjectent chaque jour de 2 à 125 fois plus de matériel que le flot constant éjecté par les vents solaires!

Il a été prouvé que tous les processus d'éjection EMC sont initiés à la frange extérieure de la corona tout comme les éjections dues aux vents solaires et non pas proche de la chromosphère ([1], p. 731) ce qui confirme qu'ils ne sont pas provoqués par les processus plus énergiques de la basse corona.

Si nous établissons pour les EMC une moyenne conservatrice de 30 fois plus de matériel éjecté que les éjections constantes dues aux vents solaires, cela signifie qu'en combinant les deux processus d'éjection, il ne faut que 5 millions d'années pour que l'équivalent de la masse totale de la terre soit éjecté de la corona pour se répandre dans tout le système solaire! Et ce processus d'éjection est apparemment en action depuis que le Soleil s'est allumé il y aurait 4.5 milliards d'années!

u. La masse totale du système planétaire éjectée de la corona en moins de 2,275 milliards d'années

Considérant que la masse combinée du système planétaire entier du Soleil, en incluant le matériel de la ceinture de Kuiper et autres matériaux compris dans l'héliosphère, correspond à environ 455 masses terrestres, il aura donc fallu seulement 2.275 milliards d'années pour qu'une masse équivalente ait été éjectée de la corona dans toute l'héliosphère!

Puisque les coronas autour des étoiles plus jeunes ont été observées comme étant beaucoup plus énergiques que la nôtre, il semble donc probable que ce fut aussi le cas pour la nôtre. Donc, le temps pour que cette quantité de masse ait été éjectée de la corona lorsque le Soleil était jeune pourrait bien avoir été beaucoup plus court, peut-être moins de 500 million d'années. Les chiffres avancés sont bien sûr approximatifs, mais plus que probablement du bon ordre de grandeur.

Quelle conclusion pouvons-nous donc tirer de ces chiffres ?

v. Toute la matière du système planétaire vient de la Corona

Il a été théorisé jusqu'à maintenant que les éléments les plus massifs présents dans le système solaire ont dû être formés lors d'explosions de supernovae ailleurs dans l'univers et ont dû migrer d'une manière ou d'une autre il y a environ 4 milliards d'années pour devenir disponibles pour constituer éventuellement les planètes de notre système.

Il n'y a aucun doute que les supernovae éjecte d'innombrables milliards de tonnes de tous les éléments lorsqu'elles explosent, mais nous venons de voir que si un processus de nucléosynthèse généralisé se produit réellement dans la corona, dont des indices plutôt convaincant sont les températures dans les millions de degrés °K et la surabondance confirmée des métaux détectées dans la corona par rapport à la chromosphère, il existe une réelle possibilité pour que tous les éléments présent dans le système solaire soient indigènes, excepté bien sûr le nuage

d'hydrogène initial qui se condensa initialement en une accumulation qui atteignit éventuellement la masse stellaire critique qui causa son ignition pour devenir une étoile.

Si tel était le cas, il est plus que probable que dû à leur masse plus élevée, les ions lourds formés dans la corona auraient eu tendance à être projetés moins loin du Soleil que les éléments plus légers par les EMC lents et par le vent solaire lent qui dominant dans le plan de l'écliptique.

Cela pourrait expliquer très simplement pourquoi les planètes intérieures, Mercure, Vénus, la Terre, Mars et la ceinture d'astéroïde sont beaucoup plus denses que les planètes gazeuses géantes extérieures, qui pour leur part pourrait bien avoir été le produit des ECM à haute vitesse et des vents solaires rapides, même dans lesquels les ions plus lourds pourraient aussi avoir été expédiés à des distances moins grandes que les éléments légers dû à leurs plus grandes masses. Cela pourrait aussi expliquer pourquoi la planète la plus dense se retrouve la plus proche du Soleil avec les autres diminuant généralement de densité avec la distance.

Une telle possibilité simplifierait grandement la compréhension de la création des systèmes planétaires dans l'univers puisqu'il ne serait plus nécessaire d'invoquer pour ce faire l'hypothèse plutôt osée de la création de tous les éléments lourds de l'univers comme provenant seulement d'explosions plutôt rares en fin de compte de supernovae.

w. Toutes les étoiles peuvent développer un système planétaire

Finalement, un tel processus de nucléosynthèse de tous les éléments dans la corona du Soleil combiné à la présence confirmée de coronas accompagnant toutes les étoiles observées confirmerait l'hypothèse que toutes les étoiles développent obligatoirement éventuellement un système planétaire.

D'autre part, il est estimé que le Soleil est devenu actif il y a environ 4.6 milliards d'années, chiffre très approximatif et qui pourrait fort bien avoir été fortement sous-estimé. Ce dont nous sommes certains est qu'il est plus ancien que la Terre dont la plus ancienne pierre identifiée a été datée de plus de 4 milliards d'années. Mais même en prenant ce chiffre de 4.6 milliards d'années comme référence, cela signifierait que depuis ce moment jusqu'à nos jours, l'équivalent de 2 à 10 fois la masse de notre système planétaire entier au le temps d'être éjectée de la corona.

Même en se référant à l'estimé très conservateur de 2 fois la quantité, la question qui vient à l'esprit est qu'est-il arrivé au matériel supplémentaire éjecté, soit l'équivalent de la masse actuelle de notre système planétaire, soit 455 fois la masse de la terre?

Il n'y a qu'une réponse logique à cette question. Tout comme il se produit d'intenses échanges de matériel à l'interface chromosphère-corona, il doit exister des échanges similaires à l'interface héliosphère-galaxie, projetant possiblement ce matériel jusque dans cette accumulation héliocentrique qui enveloppe le système solaire, autrement tout ce matériel se trouverait logiquement encore à l'intérieur de l'héliosphère.

Cela signifie aussi que toutes les étoiles ont dû (et doivent encore) commencer à exister sans système planétaire après être nées de la condensation d'une partie du plénum primordial d'hydrogène, qui lui-même a dû commencer par quelques photons primordiaux hautement énergiques, qui, dans un passé incalculablement lointain, se seraient mutuellement déstabilisés en les deux premières paires qui ont alors produit le premier noyau d'hydrogène tout en libérant les trois premiers mésons qui produisirent la génération suivante d'électrons, positons et

photons à haute énergie qui ont dû garder le processus irréversible de matérialisation en marche.

Les systèmes planétaires se seraient alors progressivement construits à partir du nouveau matériel produit dans les coronas, et leurs masses auraient progressivement augmenté jusqu'à nos jours pendant que le matériel en surplus était progressivement éjecté dans l'environnement galactique. Cela signifie alors que la masse des systèmes planétaires et des galaxies a dû augmenter avec le temps et que l'Univers est devenu progressivement plus massif avec le temps, un processus qui serait toujours en marche.

IX. CONCLUSIONS

Si le processus de nucléogénèse précédemment décrit était confirmé comme se produisant dans la corona, cela procurait une explication directe des températures extrêmes observées dans la corona.

Si ce processus précédemment décrit de nucléosynthèse d'éléments plus massifs que l'hydrogène était confirmé comme se produisant dans la corona, cela viendrait en support à l'hypothèse que tous les éléments du Système solaire pourraient être indigènes et que toutes les étoiles peuvent développer un système planétaire.

RÉFÉRENCES

- [1] Markus Aschwanden. **Physics of the Solar Corona**, Springer, 2006.
- [2] 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 (June 2013), PP.50-66.
- [3] M. Haïssinsky. **La chimie nucléaire et ses applications**, France, Masson et Cie, Éditeurs, 1957.
- [4] Goldhaber G. et al, **Observation in $e^+ e^-$ Annihilation of a Narrow State at 1865 MeV/c² Decaying to $K\pi$ and $K\pi\pi\pi$** , Phys. Rev. Let. Vol. 37 No.5, 255 (1976).
- [5] Blackett, P.M.S & Occhialini, G. (1933) **Some photographs of the tracks of penetrating radiation**, Proceedings of the Royal Society, 139, 699-724.
- [6] Hanson, G, Agrams G.S. et al. (1975). **Evidence for Jet Structure in Hadron Production by $e^+ e^-$ Annihilation**. Phys. Rev. Let., Vol. 35, No. 24, 1609-1612.
- [7] 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. 36-49.
- [8] 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.
- [9] Walter Greiner & Joachim Reinhardt, **Quantum Electrodynamics**, Second Edition, Springer Verlag New York Berlin Heidelberg, 1994.
- [10] Michaud A (2013). **On the Einstein-de Haas and Barnett Effects**, International Journal of Engineering Research and Development. e-ISSN: 2278-067X, p-ISSN: 2278-800X, Volume 6, Issue 12, pp. 07-11.