

Christian RICORDEAU

**En attendant le boson de Higgs,
ou
une hypothèse pour se passer de la matière noire**



3^{ème} PARTIE - QUELQUES CONSÉQUENCES DE L'HYPOTHÈSE

(chapitres 3-1 à 3-3)

[\(lien vers les chapitres 3-4 à 3-9\)](#)

[\(lien de retour vers le plan du texte complet de présentation de l'hypothèse\)](#)

[\(lien vers la 1ère partie\)](#)

[\(lien vers la 2ème partie\)](#)

3-1- sur la notion de spin :

L'exposé de l'hypothèse est maintenant terminé, et les développements qui suivent ont pour fonction d'en confronter les conséquences aux questions essentielles que se pose la physique actuelle.

On commence par la question du spin, tellement ambiguë dans la théorie standard puisqu'elle en traite sans parvenir à en proposer un quelconque contenu physique.

3-1-1- hypothèse sur la cause du spin des particules :

Initialement, la notion de spin a été associée à la rotation des particules sur leur axe au cours de leur déplacement, rotation qui aurait été semblable à celle d'une toupie. Cette façon de voir pose problème, ne serait ce que parce qu'elle implique, par exemple, qu'un point situé sur l'équateur d'un électron circulerait, en tournant ainsi, à une vitesse bien supérieure à celle de la lumière.

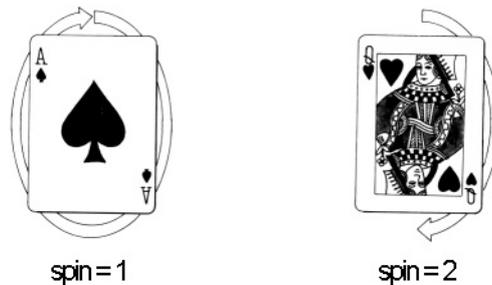
L'usage est maintenant de continuer à expliquer toutes les conséquences de l'effet de spin par le moyen de cette fameuse toupie, mais après s'en être excusé et après avoir indiqué que, dans les faits, cela n'est pas si simple, car le spin ne serait qu'une propriété quantique des particules, impossible à associer à un comportement physique compréhensible. Bref, on sait calculer les effets de spins, on en voit les conséquences, mais on ne sait pas à quoi cela correspond, fondamentalement, comme réalité dans le fonctionnement de la matière.

La théorie quantique déclare que le spin d'une particule ne peut prendre que deux valeurs, l'une positive et l'autre négative, ou « up » et « down ». Pour ce qui concerne les particules de matière usuelles, l'électron, le proton et le neutron, la valeur attribuée à leur spin est de $+\frac{1}{2}$ ou $-\frac{1}{2}$.

En fait, c'est cette valeur de « $\frac{1}{2}$ » qui rendrait impossible l'interprétation physique de cette propriété, car, la valeur du spin étant inversement proportionnelle au nombre des rotations qu'il faut faire dans l'espace pour retrouver la particule dans le même état, elle signifie que, lorsque l'on tourne la particule sur elle-même, il faut lui faire réaliser 2 tours sur elle-même avant de la retrouver dans le même état.

Selon le même principe de calcul, une réalité qui a un spin de 2 se retrouve identique après un demi-tour sur elle-même. C'est ce qui se passe, par exemple, pour une carte telle que celle qui figure une reine de cœur, comme sur l'image ci-dessous.

Une réalité qui a un spin de 1, cette fois, se retrouve identique après un tour complet sur elle-même. C'est ce qui se passe, par exemple, avec une carte qui figure un as de pique, car un seul demi-tour met la figure visiblement tête en bas et ne suffit donc pas à la retrouver dans son aspect normal initial.



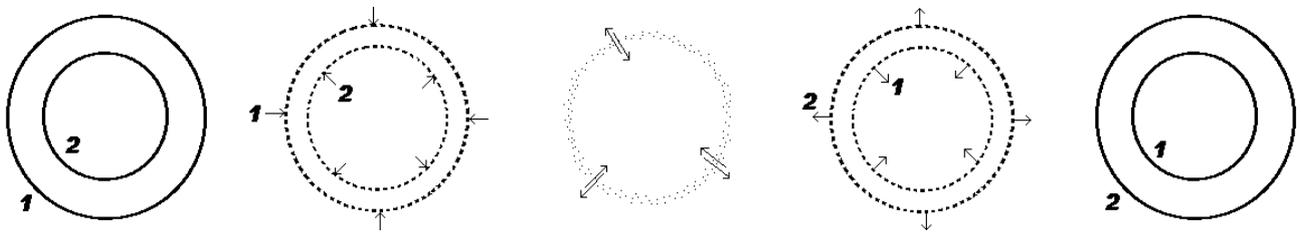
source de l'image :
A brief history of time
de Stephen W. HAWKING
- Guild Publishing London - 1990 -

En fait, on devrait s'attendre à ce que rien n'ait un spin inférieur à 1, car tout ce qui vit dans l'espace 3 D se retrouve identique à lui-même lorsqu'on lui fait faire au moins un tour dans l'espace.

Pourtant, les calculs de la mécanique quantique disent que certains objets doivent être pensés avec un spin de $\frac{1}{2}$ et qu'ils doivent donc être retournés deux fois avant de les retrouver identiques. Cela participe à la légende selon laquelle il se passe décidément des choses à l'échelle quantique qui sont impensables à notre échelle usuelle.

Avant de proposer, au chapitre 3-1-2 suivant, une explication simple à ce qui est habituellement présenté comme un tour de passe-passe ahurissant que nous jouerait la réalité quantique, on expose l'idée que l'on se fait de la notion de spin.

Pour cela, il faut revenir à la base de l'hypothèse que l'on a faite ([1ère partie](#), chapitre 1-3), à savoir que l'espace serait structuré par une pulsation d'ondes stationnaires emboîtées par deux, chaque couple d'ondes jumelles pulsant en sens inverses et se recroisant indéfiniment, lui-même étant emboîté dans un couple semblable un cran plus grand que lui, et enveloppant un couple semblable un cran plus petit que lui. On a proposé que ces croisements seraient permis par le fait que les ondes d'espace ne seraient pas faites d'une substance continue, mais d'une sorte de poussière de nature non matérielle (puisque leur existence précède celle de la matière), laquelle s'agglomérerait pendant la deuxième moitié du temps que dure la phase d'expansion ou de contraction de chacune des ondes d'espaces jumelées. Après leur phase d'agglutination, les ondes rebondiraient sur leurs voisines reconstituées exactement au même moment, puis chaque onde se désagrègerait à nouveau, afin de retrouver à mi-parcours un état complètement disloqué, précisément au moment où elle croise son onde jumelle alors disloquée de la même façon. Aussitôt après leur croisement, les deux ondes recommenceraient à regrouper leur substance éparse, puis elles se reconstruiraient à nouveau, juste-à-temps pour rebondir sur les ondes voisines qui auraient fini de se reconstruire, elles aussi, au même instant.



principe de la dislocation puis de la recombinaison progressive d'un couple d'ondes jumelles d'espace, permettant leur croisement mutuel et leur rebond sur les couples semblables voisins, celui un cran plus petit (emboîté en son intérieur) et celui un cran plus grand (dans lequel il s'emboîte) selon le schéma ci-dessous

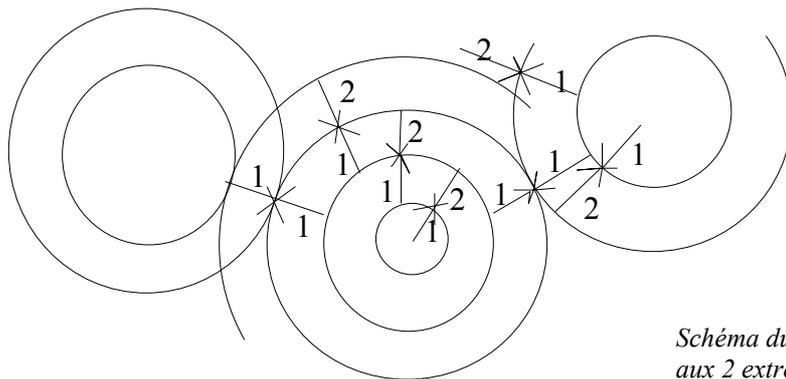
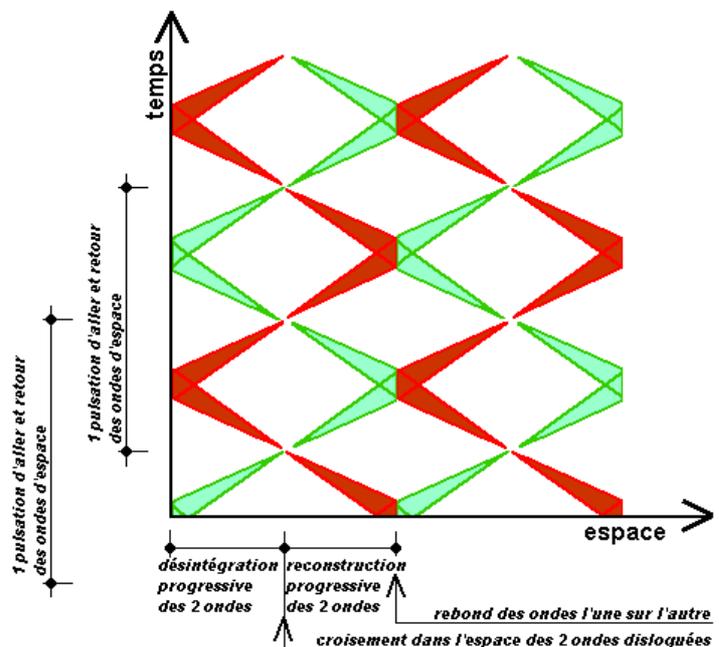


Schéma du rebond mutuel des ondes jumelles, aux 2 extrémités de leurs perpétuels trajets d'allers et retours

À tour de rôle, donc, les ondes se contractent et rebondissent sur des ondes qui se sont expansées le temps de leur contraction, puis elles s'expansent pour aller rebondir sur des ondes qui se sont contractées pendant le temps de leur expansion.

schéma du principe de croisement dans l'espace et de rebond l'une sur l'autre de deux séries d'ondes jumelles, l'une représentée en rouge et l'autre représentée en vert clair



On vient d'envisager le fonctionnement des ondes d'espace « nues », et l'on en vient maintenant aux ondes d'espaces lorsqu'elles sont déformées par des plis organisés sous forme de particules de matière.

Car, bien entendu, les particules de matière, puisqu'elles ne sont que des déformations de ces ondes d'espace, ne peuvent rester compactes pendant que les ondes qui les portent se disloquent pour se croiser. À cette relation inévitable entre la matière et les ondes qu'elle déforme, il faut toutefois combiner une nouvelle hypothèse, celle que les ondes d'espace sont suffisamment solides pour ne pas accepter d'être déformées en permanence par la présence des particules de matière.

Certes, on l'a vu, elles ne peuvent s'en débarrasser, car ces déformations ont trouvé le moyen de s'organiser pour circuler en boucles fermées, mais on doit supposer que les ondes d'espace se sont adaptées à cette contrainte en imposant aux particules de matière un rythme de dislocation et de reconstruction qui est deux fois plus lent que le rythme de leur propre pulsation, ce qui leur permet, un temps sur deux, de récupérer leur forme optimale et non déformée, et cela sans perte de surface si la matière est en état de lui en arracher des quanta. Pendant ce temps de récupération des ondes, les particules de matière qu'elles portent sont comme « absentes », puisqu'elles n'ont pas encore achevé de reconstituer leur organisation et que leurs effets sont donc alors endormis.

Ce rythme de pulsation de la matière, seulement reconstituée un temps sur deux de la pulsation des ondes d'espace, se combine nécessairement avec le fait que les ondes fonctionnent par couples d'ondes jumelles dont les unes se contractent pendant que les autres sont en expansion. Ainsi, pour se répartir équitablement les déformations et pour toutes se retrouver, un temps sur deux de leur pulsation, complètement exemptes de ces déformations, une moitié des ondes d'espace va prendre en charge des déformations qu'elle ne va reconstituer que pendant son temps de contraction, et l'autre moitié va prendre en charge des déformations qu'elle ne va reconstituer que pendant le temps de son expansion.

Comme une particule de matière, pas plus que les ondes qu'elle déforme, ne peut être dans sa totalité à la fois en expansion et en contraction, cela implique qu'elle ne peut déformer stablement qu'une seule série d'ondes, qu'un seul train d'ondes, ce qui conduit à diviser les particules de matière en deux sortes : celles qui se reconstituent au moment de la contraction des ondes qu'elles déforment, et celles qui se reconstituent au moment de l'expansion des ondes qu'elles déforment.

Par voie de conséquence, rien n'empêche donc une particule d'occuper exactement le même emplacement dans l'espace qu'une autre particule, à la seule condition qu'elle déforme les ondes jumelles de celle-ci. Dans une telle circonstance, les deux particules sont alors emboîtées l'une dans l'autre, de la même façon que sont emboîtées l'une dans l'autre les ondes d'espace qui les portent, et l'une sera dans sa phase d'expansion quand l'autre sera dans sa phase de contraction. On fait l'hypothèse que cette superposition de deux particules ainsi en opposition de phases correspond à la notion de spin.

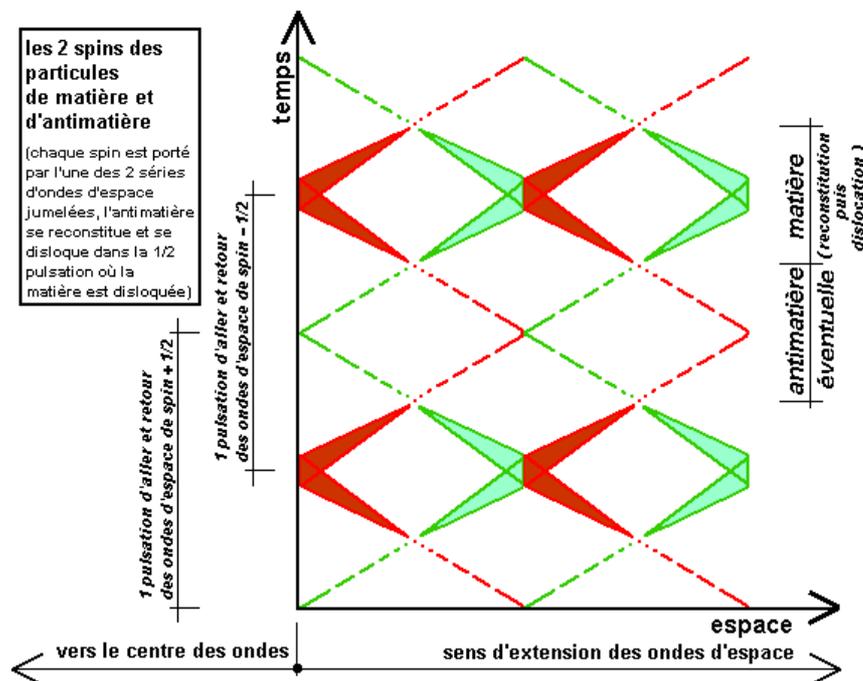
Dans cette optique, l'ensemble des ondes d'espace qui se contractent simultanément porte les particules de matière dont on dira qu'elles sont de spin $- \frac{1}{2}$, et l'ensemble des ondes d'espace qui, au même moment, sont dans leur phase d'expansion, porte les particules de matière dont on dira qu'elles sont de spin $+ \frac{1}{2}$.

Réciproquement, cette définition du spin implique que, selon son spin, une particule déforme soit des ondes d'espace qui se contractent, soit des ondes qui sont en expansion pendant qu'elles se reconstituent. Bien entendu, l'attribution des signes $-$ et $+$ que l'on vient de faire est purement conventionnelle et pourrait tout aussi bien être inversée.

En résumé, un cycle complet de la pulsation des ondes d'espace peut donc se décrire de la façon suivante :

- dans le premier quart de leur pulsation, les ondes d'espace jumelles se disloquent progressivement. Ce faisant, et de façon inévitable, elles disloquent les particules qu'elles portent et qui les déforment ;
- à mi-parcours, dans leur état complètement disloqué, les ondes qui sont en expansion croisent les ondes qui sont en cours de contraction. Ce faisant, les particules qu'elles portent se croisent également ;
- dans le second quart de leur pulsation, les ondes d'espace se reconstituent progressivement, tout en approfondissant la dislocation des particules de matière qu'elles portent. Cela leur permettra de reconstituer leur forme optimale sans être alors dérangées par les déformations que leur occasionne la matière. En particulier, si elles ont été déformées par des particules chargées, cela leur permettra de récupérer leur quantité de surface normale, car les charges électriques sont neutralisées tant que sont disloquées les particules qui les génèrent. On a vu que, lorsqu'elles sont actives, les charges électriques positives font perdre des quanta de surface aux ondes d'espace, et que les charges électriques négatives, à l'inverse, leur en ajoutent.
- arrivées en bout de course, les ondes d'espace, désormais parfaitement reconstituées et exemptes de toute modification et de toute déformation de leur surface, rebondissent les unes sur les autres ;
- après leur rebond, les ondes jumelles inversent leur fonctionnement, celles qui étaient en expansion commencent maintenant à se contracter, et inversement. Simultanément, chacune se réengage dans un processus d'autodislocation. À l'occasion de ce processus, une redistribution de leurs morceaux disloqués commence à préparer la reconstitution des particules de matière portées par les ondes ;
- à mi-chemin, complètement disloquées, les ondes jumelles se croisent à nouveau, et les particules qu'elles portent se croisent donc, elles aussi, par la même occasion ;
- dans le dernier quart de la pulsation, les ondes d'espace se reconstituent, et elles reconstituent dans le même temps les particules de matière qui les déforment. En fin de course, cette fois déformées par les particules de matière et par leurs charges électriques éventuelles, les séries d'ondes jumelles rebondiront à nouveau les unes sur les autres, et un nouveau cycle recommencera.

Ce qui peut se schématiser de la façon suivante, le temps de pulsation « sans matière apparente » des ondes d'espace étant occupé par la présence éventuelle d'antimatière, notion qui sera abordée dans un prochain chapitre ([3ème partie](#), chapitre 3-5).



Quelques remarques peuvent encore être faites.

Sur l'inévitabilité de la notion de spin :

On rappelle que la théorie actuelle explique toutes les propriétés des atomes à partir de l'équation dite de Schrödinger, toutes sauf le fait que des atomes en tout point identiques puissent être seulement différenciés par leur spin, et donc par le nombre quantique qui correspond à leur spin. Non seulement la théorie quantique ne parvient pas à formuler d'explication physique à la notion de spin, mais encore cette notion ne peut donc pas se déduire des prémisses mathématiques qu'elle utilise pour décrire le comportement des particules.

Il existe un principe, appelé principe d'exclusion de Pauli, qui prescrit que deux particules ne peuvent occuper le même emplacement si elles ont les mêmes grandeurs quantiques, ce qui, a contrario, autorise deux particules à occuper le même emplacement si elles sont seulement de spins opposés. Cela a toute son importance dans la construction des atomes, puisque cela permet à deux protons ou à deux électrons de spins inverses d'occuper le même emplacement, mais déclarer un principe est une chose, expliquer pourquoi il existe des spins différents et comment ils permettent la superposition de deux particules en est une autre.

Dans l'hypothèse que l'on formule, par contre, l'existence de particules aux spins contraires n'est pas un ingrédient ajouté artificiellement, c'est une conséquence inévitable du postulat que l'on a proposé concernant la pulsation des ondes d'espaces organisées en séries d'ondes jumelles pulsant en opposition de phases. Quant à la possibilité de superposition de particules de spins inverses, cela n'est pas non plus un mystère dans le cadre de cette hypothèse, mais la conséquence directe de l'emboîtement des ondes d'espace en opposition de phases, les particules s'emboîtant l'une dans l'autre par le fait même qu'elles correspondent, chacune, à la déformation d'ondes jumelles distinctes situées au même endroit, les unes se contractant pendant que les autres sont en expansion.

Complémentarité des particules de spins inverses :

Puisque, un temps sur deux de leur pulsation, c'est sous leur forme déformée par la matière que les ondes d'espace rebondissent les unes sur les autres, les deux spins s'appuyant, pour cela, l'un sur l'autre, on doit considérer que, indirectement, la présence d'une particule de matière déformant un train d'ondes va inévitablement déformer les ondes jumelles à celles-ci, ce qui aura nécessairement une influence sur la particule de spin inverse qui occupe le même emplacement. Toutefois, il ne s'agit que d'un rebond des ondes les unes sur les autres, les ondes ne se moulant pas l'une sur l'autre et ne laissant pas sur leur jumelle l'empreinte du détail de l'organisation de leurs propres déformations. Ce n'est que de façon vague et proprement « informe » que les déformations qui affectent un train d'ondes vont donc affecter son train d'ondes jumelé au spin inverse.

L'existence de telles déformations, même inorganisées, a cependant comme conséquence de perturber les ondes jumelles à une particule, ce qui suffit à expliquer pourquoi, dans bien des circonstances et afin d'atteindre un état d'équilibre stable minimisant l'énergie en jeu, les deux spins s'équilibrent ou presque dans un corps ou dans un matériau. Cela vaut également pour les différents protons et les différents électrons d'un même atome, avec toutefois une limite qui est expliquée dans le chapitre « une interprétation de la règle de Hund », vers le début du texte sur « [la construction du tableau périodique des atomes à partir des protons tétraédriques](#) ».

Sur le changement de spin d'une particule :

Enfin, rien ne s'oppose à ce qu'une particule ait un spin transitoire, ce qui implique que, du moins momentanément, ses diverses parties n'aient pas le même spin. C'est notamment ce qui se produit dans l'imagerie de résonance magnétique (IRM) qui fonctionne en changeant, au moyen d'une impulsion, le spin de particules, puis en observant son comportement dans la phase dite de « relaxation » pendant laquelle ces particules vont progressivement retrouver leur spin initial.

Cette progression du retour au spin initial est problématique pour la théorie quantique usuelle qui postule qu'une particule ne peut avoir que deux spins (+ ou -) et que celui-ci ne peut prendre que des valeurs entières ou demi-entières. Quelle valeur a donc le spin d'une particule pendant qu'elle quitte le spin - $\frac{1}{2}$ (par exemple) qui lui a été imposé pour revenir lentement à son spin + $\frac{1}{2}$ initial ?

Dans le cadre de notre hypothèse, on suppose que l'impulsion qui modifie le spin d'une particule opère en la faisant basculer sur les ondes jumelles sur lesquelles elle s'appuyait précédemment à chaque fin de pulsation des ondes d'espace. Puisque son retour au spin initial est seulement progressif, cela implique que ce n'est que par parties successives que son organisation de déformations rebascule sur son train d'ondes initial.

3-1-2- sur l'interprétation du spin en termes de retournement dans l'espace :

Après avoir envisagé la cause de l'effet de spin, revenons maintenant sur la question des étonnants deux tours de rotation minimum qui sont utiles pour retrouver dans la même configuration une particule dont le spin est de $\frac{1}{2}$.

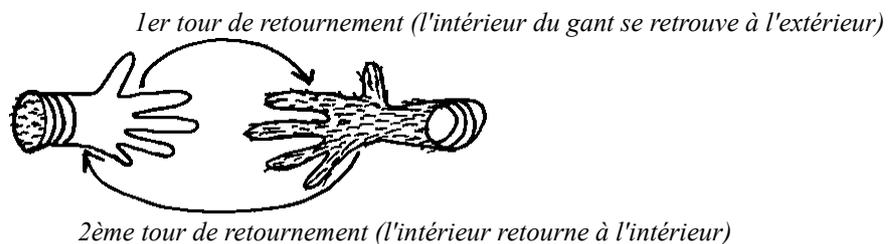
On a donc considéré qu'une particule ne serait que l'organisation de déformations qui affectent les ondes d'espace, lesquelles ondes effectuent une pulsation de gonflement et de dégonflement qui alterne constamment entre deux positions emboîtées l'une dans l'autre comme le sont deux poupées russes. Considérer cela revient, en fait, à considérer que l'enveloppe qui limite une particule de matière dans l'espace est comme pourvue d'une certaine épaisseur, épaisseur qui est celle de sa

vibration. Selon le spin de la particule, si sa position intérieure (moment de la contraction des ondes d'espace qu'elle déforme) correspond au temps où la particule est parfaitement formée et opérante, alors sa position extérieure (moment de l'expansion des ondes d'espace qu'elle déforme) correspond au temps où elle est complètement disloquée et inopérante dans ses effets. L'inverse vaut pour l'autre spin.

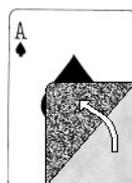
Les positions intérieures et extérieures de l'enveloppe de la particule ne sont donc pas équivalentes, elles ont des propriétés très différentes l'une de l'autre, et ces propriétés sont inversées si l'on change le spin de la particule.

Si l'on veut que le signe du spin d'une particule soit changé, il faut que, par exemple, lorsqu'elle en est au moment de sa pulsation qui la reconstitue, elle ne déforme plus un train d'ondes en cours d'expansion, mais celui de ses ondes jumelles qui, au même moment, sont en cours de contraction. Ce qui revient donc à inverser l'instant de sa position intérieure et l'instant de sa position extérieure, non pas à la faire tourner d'un certain nombre de tours giratoires dans l'espace.

Géométriquement, si l'on veut déplacer la particule de l'une de ces deux positions à l'autre sans la « traverser », sans la déchirer, la seule solution est de faire comme on retourne un gant : on fait que l'instant de sa position intérieure devienne l'instant de sa position extérieure, et inversement. On a bien obligé, ainsi, la particule à réaliser un tour complet sur elle-même, mais elle n'est pas pour autant redevenue identique, puisque ses deux temps de pulsation sont maintenant inversés : elle est sur une position intérieure contractée aux instants où elle était sur sa position extérieure expansée, ou, ce qui revient au même, elle est sur sa position disloquée aux instants où, auparavant, elle était sur sa position bien formée. Si l'on veut rétablir la particule dans sa configuration initiale, en fait, dans « le temps initial de sa vibration », il faut alors la retourner une deuxième fois, de la même façon exactement qu'il faut retourner un gant une deuxième fois sur lui-même pour lui faire retrouver son apparence initiale.



Si l'on veut utiliser à nouveau la métaphore de la carte à jouer, cela revient à fendre la carte selon sa tranche afin d'en décoller l'image, puis à faire effectuer un tour complet dans l'espace à l'une des deux parties ainsi séparées jusqu'à venir coller l'une sur l'autre ses deux anciennes faces extérieures. Après ce tour complet des deux faces, l'une relativement à l'autre, l'image du recto et l'image du verso de la carte ont complètement disparu, ce qui confirme que ce tour complet n'a pas permis de retrouver la carte initiale. Pour la retrouver, il faut à nouveau fendre en deux la carte selon sa tranche, puis faire réaliser un second tour complet dans l'espace à l'un des deux feuillets relativement à l'autre, jusqu'à ce que les faces qui étaient précédemment enfermées en situations intérieures se retrouvent à nouveau en situation externe.



$$\text{spin} = \frac{1}{2}$$

Ainsi et à nouveau, il n'y aurait aucune géométrie mystérieuse à l'échelle du monde infinitésimal, aucune géométrie inconnue à la nôtre : il suffit de penser que le fonctionnement d'une particule, pour ce qui concerne son spin, serait lié à un retournement intérieur / extérieur, non pas à une rotation, et il n'y a plus rien alors de bizarre à ce qu'il faille deux tours et non pas un seul pour la retourner d'abord dehors / dedans, puis dedans / dehors, afin de la retrouver semblable à ce qu'elle était dans sa position initiale.

3-1-3- sur l'hélicité des neutrinos :

Les théoriciens quantiques prêtent aux photons un spin de 1 en leur qualité de bosons ([au chapitre 3-7](#) il sera traité des bosons) et aux neutrinos un spin de $\frac{1}{2}$ en leur qualité de fermions. Les fermions sont des particules qui, à la différence des bosons, ne peuvent pas être à plusieurs dans le même état quantique.

De leur côté, les théoriciens de la relativité n'attribuent un spin ni aux uns ni aux autres. Ils s'y refusent sur le principe qu'il faut pouvoir se placer dans un référentiel au repos pour définir un spin en relativité, alors que ces deux types de particules sont toujours en circulation à la vitesse de la lumière.

En fait, pour un photon, la notion de spin est plutôt remplacée par la notion de polarisation. On en traitera dans un chapitre suivant ([chapitre 3-4-2](#)).

Pour ce qui concerne les neutrinos, la notion usuellement retenue est celle d'hélicité. Il a été constaté que tous les neutrinos auraient une hélicité tournant vers la gauche, ce qui signifie que tous les neutrinos tourneraient vers la gauche en avançant.

Dans notre hypothèse, on a considéré les neutrinos comme des tourbillons de déformations en hélice d'hélice sur plusieurs échelles d'hélice ([2ème partie](#), à l'étape 9 du cycle de complexité - chapitre 2-9). Il faut bien que ces hélices tournent dans un sens ou dans l'autre. L'hélicité gauche systématique des neutrinos correspondrait au fait que, à un moment donné, le choix s'est opéré sur le sens gauche pour la rotation de toutes les hélices regroupant les déformations subies par les ondes d'espace.

Comme cela ne correspond pas à une raison particulière dans le fonctionnement des ondes d'espace tel qu'on l'a envisagé dans les développements précédents, on suppose que la cause de cette orientation serait liée au fonctionnement plus antérieur encore de l'univers, à une époque où les ondes d'espace n'étaient pas encore synchronisées. Engendrée par les phases d'évolution antérieures de l'univers, une dissymétrie aurait alors existé qui n'aurait pas été résorbée par la synchronisation des ondes, et les particules de matière, à leur tour, n'auraient pu échapper à cette dissymétrie qui serait inscrite dans le fonctionnement même des ondes qu'elles déforment.

3-2- sur la différence entre l'électricité et le magnétisme :

3-2-1- production d'un courant magnétique par une charge électrique se déplaçant de façon rectiligne :

Une fois de plus, on en revient à l'hypothèse selon laquelle ce que l'on appelle le vide serait structuré par la vibration continue d'ondes stationnaires que l'on a qualifiées d'ondes d'espace.

Lorsque ces ondes sont dérangées, par exemple par une charge électrique positive qui les tire vers elle, elles subissent, soit pendant le temps de rétraction, soit pendant le temps d'extension de leur pulsation (selon le spin de la particule chargée), une traction excessive qui va leur arracher un quantum de surface (2ème partie - chapitre 2-12, dans le texte « sur la déformation électrique, et sur la nature des ondes d'espace »). Pour revenir à leur état non déformé et à leur taille initiale, les ondes utilisent le temps retour de leur pulsation, celui pendant lequel la particule est disloquée (dernier croquis du chapitre 3-1-1). Cette récupération de leur surface, du tac au tac, permet aux ondes de ne pas être progressivement amoindries, puisque la particule chargée arrache inlassablement les mêmes quanta de surface à des ondes qui ont, tout aussi inlassablement, la même dimension avant chacun de ces prélèvements.

Le même fonctionnement vaut pour une charge négative qui regonfle à l'excès les ondes en leur ajoutant des quanta de surface à chaque pulsation, quanta que l'onde reperd dans le temps retour de sa pulsation, pendant la phase disloquée de la particule.



Selon qu'elle est positive (+) ou négative (-), la charge électrique arrache (trait pointillé) ou ajoute (trait continu) des quanta de surface aux ondes d'espace qu'elle déforme. Ces ondes récupèrent leur surface normale pendant le temps retour de leur pulsation, temps pendant lequel la particule est disloquée puisqu'elle pulse avec un rythme deux fois plus lent que celui des ondes d'espace. Selon le spin de la particule, chacun correspondant à l'un des deux croquis, la modification de surface a lieu pendant la phase d'expansion ou pendant la phase de contraction des ondes

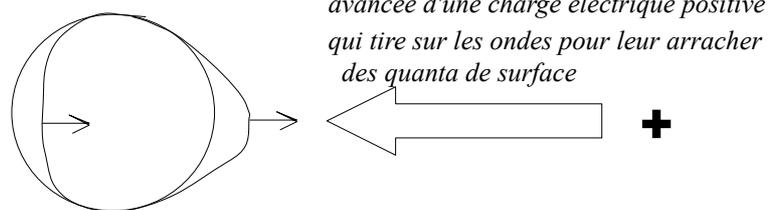
Après ce rappel concernant une charge électrique au repos, nous envisageons maintenant ce qui se passe lorsqu'elle est en mouvement. Pour ce faire, on prendra l'exemple d'un courant électrique qui circule dans un conducteur rectiligne.

Dans cette circonstance, lorsque la charge électrique avance vers des ondes d'espace, en plus de la déformation électrique « courante » qu'elle va exercer sur elles (soit en les faisant se rétracter, soit en les faisant gonfler), elle va leur imposer un surcroît de déformation lié au fait que son centre approche et que devient donc de plus en plus forte l'énergie relative avec laquelle elle tire ou pousse sur les ondes. Ce qui fait une différence avec l'effet d'une charge fixe, c'est que la charge mobile tente, par ce surcroît de déformation, d'arracher ou d'ajouter des quanta de surface supplémentaires aux ondes d'espace, mais qu'elle n'a pas encore stabilisé son organisation pour être capable d'y parvenir. Dans cette circonstance de faiblesse relative de la charge électrique, les ondes se laissent creuser ou gonfler dans le sens voulu par le surcroît de tension qui leur est imposé, mais elles adaptent leur déformation d'ensemble, combinant celle que subit leur face directement affrontée à la charge et les autres, de telle sorte que, globalement, leur surface reste constante, du moins jusqu'à la pulsation suivante où il faudra bien qu'elles cèdent, alors, à la charge électrique.

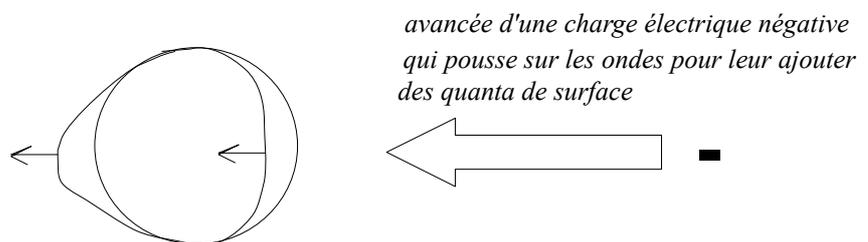
Il se trouve que la géométrie des sphères présente la particularité que le même sens de déplacement, sur un côté, gonflera sa surface, tandis que, sur son côté opposé, elle l'aplatira (voir croquis ci-après), ce qui fait que les ondes n'ont qu'à se laisser aller, sur leurs deux faces opposées, au même effet de traction ou de poussée exercée par la charge électrique, et cela suffira à presque ajuster les déformations réciproquement utiles pour que leur surface ne soit pas modifiée.

Pour ce qui concerne la nature de la déformation adoptée par les ondes d'espace pour résister au changement de la quantité de leur surface, une subtilité est à prendre en compte. En effet, lorsqu'une charge électrique positive cherche à arracher un quantum de surface aux ondes, elle les tire vers elle et les fait donc gonfler dans sa direction avant de les étirer suffisamment dans ce sens pour réussir son arrachement. La déformation des ondes est ainsi, du moins selon cette direction, l'inverse de la déformation qui correspond à l'effet d'une charge électrique positive fixe : une charge électrique fixe creuse la surface des ondes en leur arrachant des quanta de surface, mais elle les gonfle dans le sens de son déplacement lorsqu'elle est en mouvement. À l'inverse, une charge électrique négative cherche à augmenter la quantité de surface des ondes, ce qui les aplatit dans la direction de son avancée, ce qui est, là aussi, l'inverse de la déformation de gonflement par augmentation de surface causée par une charge électrique négative fixe.

principe de déformation des ondes d'espace pendant l'avancée d'une charge électrique :



dans le cas où une charge électrique positive tire davantage sur les ondes, en s'avançant, pour leur arracher des quanta de surface (ci-dessus), les ondes se laissent étirer vers le front d'avancée de la charge. En compensation, elles s'aplatissent pour se rétrécir sur l'arrière, de telle sorte que leur surface globale n'est pas modifiée. Si la charge électrique est négative et qu'elle tend à augmenter la surface des ondes (ci-dessous), la réaction des ondes à son avancée sera inverse : la poussée qu'elles reçoivent dans le sens du front d'avancée de la charge les amène à s'aplatir dans cette direction et à se gonfler, en compensation, sur leur face arrière



Notre hypothèse est que le magnétisme correspondrait à cette réaction des ondes d'espace pour lutter contre la modification de leur taille, non pas pendant le temps retour de leur pulsation, comme dans le cas de l'effet électrique, mais au fur et à mesure que le surcroît de déformation leur est imposé, c'est-à-dire pendant le temps même de l'action de la charge électrique qui en est la cause initiale, pendant le temps même de la présence non disloquée de cette charge.

Entre l'électricité et le magnétisme, il y aurait donc un remarquable contraste :

- puisque les ondes d'espace annulent l'effet électrique pendant le temps de dislocation de la charge qui cause cet effet, cette réponse des ondes n'a pas d'effet visible, et elle n'a pour conséquence que de remettre en permanence à zéro le compteur de leur déformation. Dans l'effet électrique, seul l'effet des charges sur les ondes se marque donc dans l'espace, qu'il soit perte ou qu'il soit gain de quanta de surface pour ces ondes, car seul cet effet se produit pendant que les charges sont matériellement présentes ;
- dans le cas du magnétisme, à l'inverse, les charges ne réussissent pas à arracher ou à ajouter des quanta de surface aux ondes d'espace, et aucun effet électrique n'est donc tangible et observable. Le seul effet qui soit alors tangible et observable est la déformation d'adaptation des ondes d'espace qui parviennent, grâce à leur rétractation ou à leur gonflement global, à se laisser étirer ou aplatir dans le sens de progression de la charge sans que leur surface ne soit amputée ou augmentée par l'effet de cette progression.

En résumé, dans l'effet électrique, l'action des charges est tangible, pas la réaction des ondes qui est pourtant réelle, tandis que, à l'inverse, dans l'effet magnétique c'est la réaction des ondes qui est tangible, pas l'action des charges qui est pourtant la cause de cette réaction mais qui échoue à modifier la surface des ondes.

Une autre circonstance va différencier l'électricité et le magnétisme. Il s'agit de l'écart de vitesse énorme qui sépare l'action des charges et la réaction des ondes.

En effet, le surcroît de déformation dû au déplacement de la charge va nécessairement se produire à la vitesse même à laquelle cette charge avance, c'est-à-dire à quelques millimètres ou à quelques centimètres par seconde (http://fr.wikipedia.org/wiki/Vitesse_de_l'électricité), tandis que la réaction d'adaptation des ondes, elle, est nécessairement celle de la vitesse de leur battement, c'est-à-dire la vitesse c de la lumière, soit près de 300 000 kilomètres par seconde. À chacune de leurs pulsations, les ondes d'espace vont donc se déformer sur la même distance que la distance à laquelle a progressé la charge électrique, mais en réalisant cette déformation à une vitesse considérablement plus rapide que celle de l'avancée de cette charge.

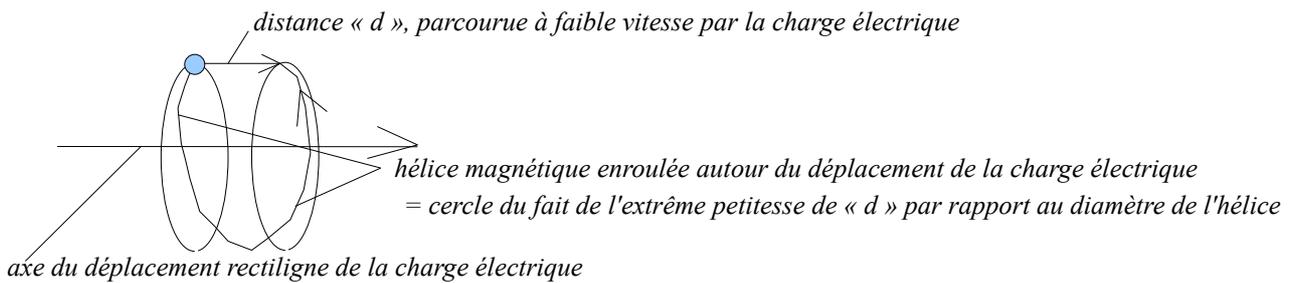
À chaque pulsation, donc, la charge électrique parcourt un trajet rectiligne d'une certaine longueur, apportant un surcroît de tension aux ondes d'espace sur la même longueur, et les ondes d'espace prennent en charge ce surcroît par un étirement ou par aplatissement qui doit s'effectuer, parce que les ondes vibrent beaucoup plus vite, en parcourant une bien plus grande distance. Géométriquement, il n'y a qu'une seule façon de coordonner deux actions aussi dissymétriques : il faut que la déformation adoptée par les ondes d'espace tourne en hélice autour de l'axe du déplacement de la charge électrique. Par conséquent, pendant le temps où le surcroît de tension infligé par la charge aux ondes d'espace avancera en ligne droite à la vitesse même avec laquelle la charge électrique se déplace, la déformation d'adaptation des ondes parcourra tout un grand tour d'hélice à la vitesse de la lumière. Et plus la charge se déplacera vite, plus le diamètre de l'hélice devra être grand pour que le parcours de la déformation d'adaptation soit d'autant plus long.

En pratique, comme la distance horizontale de l'avancée de la charge est infime par rapport au diamètre du cercle de l'hélice, cette composante horizontale du mouvement peut être négligée, et l'on peut considérer que la déformation magnétique induite des ondes d'espace a la forme de cercles qui sont circulés dans le plan perpendiculaire à la direction de l'avancée de la charge électrique.

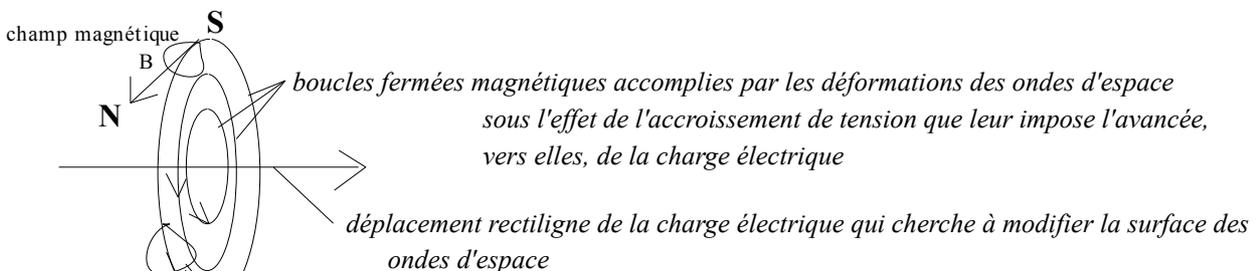
Dans quel sens la boucle magnétique va-t-elle tourner autour de l'axe du déplacement de la charge ? L'hypothèse que l'on vient de faire sur la cause du magnétisme ne propose aucune clef à ce sujet, ce qui implique qu'il faut se contenter de l'observation de la réalité, laquelle est résumée par la règle du « bonhomme d'ampère » ou par celle du tire-bouchon qui sont utilisées dans les croquis ci-après.

On peut supposer qu'intervient, pour décider d'un sens ou de l'autre, la même dissymétrie très ancienne du fonctionnement de l'univers que celle qui force les neutrinos à tourner vers la gauche en avançant (voir chapitre 3-1-3).

Sur le croquis ci-dessous, qui figure l'effet du magnétisme, on a représenté l'évolution d'un endroit seulement ponctuel du surcroît de tension électrique et de la déformation magnétique des ondes d'espace qui y correspond, mais il faut supposer que c'est tout le plan du front d'avancée de la charge qui est concerné et que chacun de ses points effectue sa propre boucle de circulation.



résultat global de la déformation magnétique des ondes induite par l'avancée d'une charge électrique si l'on néglige sa composante horizontale



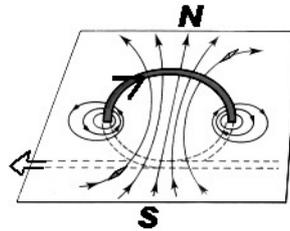
dans ce cas de figure, vers l'arrière et le pôle Sud, élongation des ondes, vers l'avant et le pôle Nord, leur aplatissement

nota : la notion de pôles figurée sur ce croquis est examinée au chapitre suivant

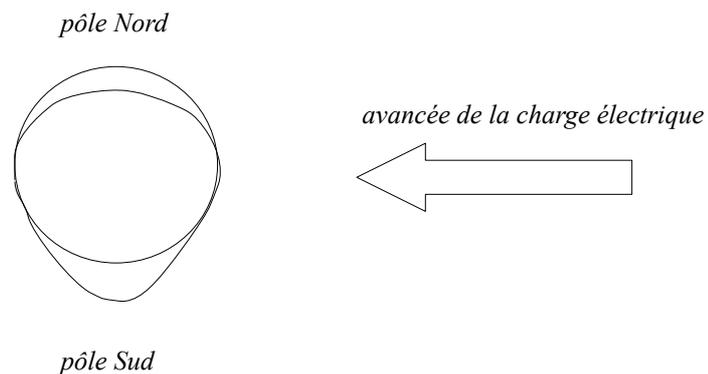
On remarquera au passage, puisqu'il est proposé que l'effet magnétique soit lié au différentiel de vitesse entre celle d'une charge électrique et la vitesse de la lumière, que l'existence du magnétisme serait intrinsèquement liée à la vitesse de la lumière et dépendante de celle-ci. On se rappellera que c'est précisément cette dépendance intrinsèque de l'électromagnétisme à la vitesse de la lumière qu'avait découvert Maxwell et qui lui avait permis de conclure que la lumière était une onde électromagnétique.

3-2-2- pôles Nord et pôles Sud :

Les raisonnements précédents ont été réalisés, pour simplifier, en supposant que la charge se déplaçait de façon rectiligne. Si elle tourne dans un anneau ou dans un solénoïde, la résultante du courant magnétique obtenu sera rectiligne dans sa partie centrale principale, générant un aimant doté d'un pôle Nord et d'un pôle Sud.



De façon arbitraire, on définira pôle Nord la direction selon laquelle les ondes d'espace s'aplatissent sous l'effet de l'avancée d'une charge électrique, et pôle Sud la direction selon laquelle elles se gonflent à l'excès.



Quand deux pôles Nord sont confrontés, deux courants d'aplatissement des ondes selon des directions opposées se contredisent réciproquement. Les ondes d'espace, mal à l'aise de ce conflit qui tend à les déformer de la même façon mais selon deux directions opposées, n'auront de cesse de retourner les champs magnétiques pour accorder leurs fonctionnements en les mettant dans le même sens.

La même chose vaudra si deux pôles Sud sont confrontés, car, là encore, les mêmes déformations de gonflement voudront aller vers des sens contraires et donc incompatibles.

Si, comme on vient de le proposer, le magnétisme correspond au bouclage fermé d'une déformation d'origine électrique, cela implique qu'il ne pourrait pas y avoir d'effet magnétique autonome, c'est-à-dire indépendant d'une quelconque cause électrique.

Cela implique aussi, si l'essence du magnétisme est de fonctionner en boucles fermées sur elles-mêmes, qu'il n'y aurait pas à envisager l'existence de « monopôles magnétiques » qui fonctionneraient comme des sources ouvertes et sans retour de magnétisme, contrairement à ce qui se passe pour les charges électriques qui, elles, répandent leurs effets en ondes qui s'expansent autour d'elles. De tels monopôles magnétiques n'ont d'ailleurs jamais été observés, mais ils sont envisagés par certains théoriciens.

3-2-3- courant électrique induit par le déplacement ou la variation d'un champ magnétique :

L'augmentation ou la diminution d'un champ magnétique en un endroit donné de l'espace peuvent être produites par le changement d'intensité de ce champ ou par son déplacement. Dans les deux cas, la modification du champ magnétique se fait à une vitesse beaucoup plus faible que celle de la lumière.

Au chapitre précédent, on a vu qu'un champ magnétique est le moyen, pour les ondes d'espace, de neutraliser la progression d'un champ électrique, cela en acceptant de se déformer vers la charge en progression tout en compensant cette déformation par une déformation inverse, sur leur arrière, ce qui leur permet de garder la même surface globale.

Toutefois, si, en supplément à cet effort d'adaptation, une augmentation de tension leur est imposée à cause de l'augmentation du champ magnétique dans lequel elles sont plongées, alors elles ne peuvent s'y adapter assez vite et elles doivent finalement céder à la modification de leur surface qu'elles tentaient d'éviter. Puisqu'elles cèdent alors à cette modification, soit par accroissement de leur surface, soit par perte de morceaux de leur surface, cette variation d'un champ magnétique génère donc un champ électrique, et si un conducteur électrique se trouve placé à l'intérieur d'un champ magnétique variable, un courant électrique, dit courant induit, se met à circuler en lui. C'est, par exemple, le cas qui correspond à la situation d'un aimant s'avançant à l'intérieur d'un solénoïde.

(http://formation.paysdelaloire.iufm.fr/ressources/plp/maths_sciences/animation_explorer/induction_aimant_bobine.html)

La même chose vaut si le champ magnétique recule ou, ce qui revient au même, s'il diminue d'intensité. Cette circonstance de décroissance du champ magnétique implique qu'une partie des déformations magnétiques cesse d'aider les ondes à résister à l'effet du courant électrique qui avait généré ce champ, et la partie de ce courant qui n'est plus contrée par le champ magnétique réapparaît librement sous forme de courant induit de même sens que le courant électrique initial, et donc de sens inverse au courant magnétique qui décroît d'intensité.

De façon générale, quel est le sens du courant induit ?

C'est ici que la subtilité que l'on a envisagée au chapitre 3-2-1 prend toute son importance. Dans ce chapitre, en effet, on a vu qu'une charge électrique en déplacement force une déformation des ondes d'espace dans le sens inverse à la déformation qu'elle leur inflige lorsqu'elle est fixe, et la déformation « excessive », donc électrique, que va occasionner aux ondes d'espace un champ magnétique en progression sera donc également l'inverse de celle occasionnée en principe par la charge qui est en cause.

Si, par exemple, le champ magnétique a été généré par l'avancée d'un courant électrique positif tendant à arracher des quanta de surface aux ondes d'espace, ce champ magnétique étirera les ondes au maximum vers la source de ce courant électrique. Si ce champ magnétique avance, c'est ce gonflement des ondes d'espace qui sera trop dur à supporter par elles, et c'est à lui qu'elles vont céder : elles vont alors gagner de la surface, ce qui est l'inverse de la déformation imposée par le courant électrique positif qui avait généré le champ magnétique. La même chose vaudra, bien sûr, en symétrie, si un courant électrique négatif initial tendait à augmenter la surface des ondes. Le déplacement de ce champ va, en réaction, aplatir les ondes dans sa direction, cherchant à les creuser, et la progression du champ magnétique occasionné par ce courant finira donc par leur faire perdre des quanta de surface, ce qui correspond à un courant électrique positif.

Si l'on ne raisonne plus sur le sens des courants électriques, mais sur le sens des courants magnétiques qu'ils génèrent ou qu'ils peuvent générer lors de leur déplacement, on en conclut que le courant électrique induit, puisqu'il est de sens inverse au courant électrique initial, est tel qu'il générerait un champ magnétique inverse à celui qui l'a induit. Ainsi, un pôle Nord magnétique qui

progressive induit un courant électrique tel que le champ magnétique qu'il générerait aurait son pôle Nord opposé au pôle Nord de celui qui l'induit.

On retrouve là la loi de Lenz qui dit « qu'un phénomène d'induction électromagnétique est tel que, par ses effets, il s'oppose à la cause qui lui donne naissance », mais on la transforme substantiellement en ne parlant pas « des effets » du courant électrique induit, mais seulement de ses effets potentiels. Car la loi de Lenz, dans sa formulation habituelle, laisse entendre que le courant induit s'oppose à la cause qui le génère, et l'annule donc, tandis qu'ici on suggère que les ondes d'espace cèdent à la déformation qui cause le courant induit et qu'elles se contentent de l'évacuer plus loin. C'est que le courant induit ne produit pas « réellement » un champ magnétique qui annule l'avancée du courant magnétique qui l'induit, mais c'est seulement son sens qui est tel que, « s'il générerait un champ magnétique », celui-ci serait opposé à celui qui l'induit. Toutefois, si ce courant sort du champ magnétique qui l'induit, il provoquera alors, véritablement, son propre champ magnétique, champ magnétique dont on observera qu'il est, effectivement, de sens contraire à celui qui l'induit.

Une différence essentielle doit être faite, en effet, entre un champ magnétique et son courant induit : grâce au champ magnétique qu'elles génèrent, les ondes s'adaptent et résistent, du moins momentanément, au surcroît de déformation qui leur est infligé, tandis que, par un courant électrique induit, elles cèdent à une déformation qui est excessive pour elles et, simultanément, elles l'évacuent au loin.

En résumé, notre hypothèse suppose une véritable dissymétrie entre courant électrique et courant magnétique :

- un courant magnétique s'oppose vraiment au courant électrique en déplacement qui en est la cause, il annule, au fur et à mesure, la progression de ses effets, cela au moyen de déformations qui l'empêchent momentanément d'arracher ou d'ajouter des quanta de surface aux ondes d'espace. Par ailleurs, il réplique à l'effet du déplacement des charges électriques à faible vitesse par un déplacement des déformations magnétiques en cercle beaucoup plus long afin qu'il soit circulé à la vitesse de la lumière ;
- un courant électrique induit ne s'oppose pas à la progression du champ magnétique qui le cause, mais, au contraire, il lui cède, ou, plus précisément, il est généré par le fait que les ondes d'espace cèdent à la progression du champ magnétique en acceptant de perdre ou de gagner de la surface. À l'occasion, la circulation des déformations magnétiques à la vitesse de la lumière est remplacée par la vitesse beaucoup plus faible de leur déplacement sous forme électrique ;
- puisque le courant électrique induit par un champ magnétique variable est de sens inverse au courant électrique qui provoque ce champ magnétique, les sens des deux champs magnétiques induits par ces deux courants électriques sont également inverses l'un de l'autre, mais ce champ magnétique « susceptible d'être provoqué » par le courant induit n'est pas réellement généré dans l'emprise du champ magnétique inducteur ;
- par contre, lorsqu'il circule en dehors du champ magnétique qui l'induit, le courant électrique génère réellement, mais à l'extérieur de l'emprise du champ qui le cause, un champ magnétique de sens contraire au premier. Ce faisant, ce courant électrique transporte au loin des déformations inverses à celles qui sont générées par le courant électrique qui a causé le champ magnétique. Cela correspond au fait que les ondes d'espace se débrouillent pour équilibrer globalement leurs déformations, ce que l'on peut résumer en disant que, en matière d'électromagnétisme, rien ne se perd et rien ne se crée, tout s'équilibre.

Pour finir, on répétera que cette dissymétrie des courants électriques et magnétiques est, fondamentalement, une conséquence de la différence de leur nature :

- un courant électrique est un courant de déformations des ondes d'espace (par perte ou gain de surface) que les ondes d'espace ne peuvent annuler pendant le temps de présence de ces charges et qu'elles doivent donc subir, pouvant tout au plus les déplacer d'un endroit à l'autre;
- un courant magnétique n'est pas subi par les ondes d'espace, mais il est généré par elles, étant pour elles le moyen d'empêcher, tant qu'elles le peuvent, que le surcroît de déformations dû au déplacement des charges électriques ne leur arrache ou ne leur ajoute des quanta de surface.

3-2-4- la propagation transversale des ondes électromagnétiques :

Il existe deux types d'ondes, celles que l'on dit longitudinales, et celles que l'on dit transversales.

Un son qui se propage dans l'air, par exemple, est une onde longitudinale, car la vibration se fait dans la même direction que celle de la propagation de l'onde. Dans le cas de l'air, cet effet est produit par l'oscillation des atomes des gaz qui composent l'air et qui, alternativement, se pressent les uns contre les autres puis s'écartent les uns des autres.

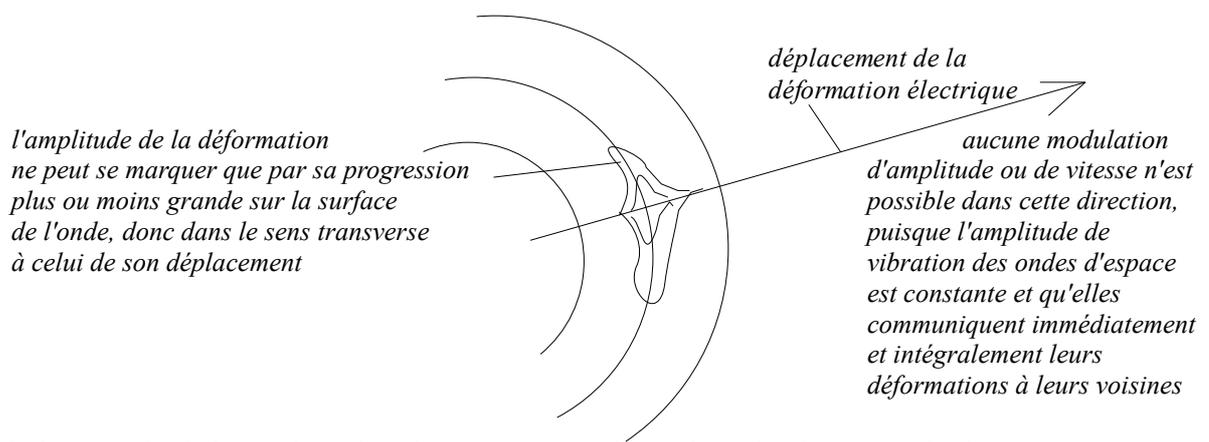
Une onde transversale est une onde qui vibre dans une direction perpendiculaire à sa propagation. Ainsi en va-t-il, par exemple, d'une vague à la surface de l'eau qui fait monter et descendre verticalement le niveau de l'eau pendant qu'elle propage horizontalement sa déformation.

On sait que les ondes électromagnétiques sont des ondes transversales qui vibrent donc perpendiculairement à la direction de leur propagation, mais qui, en outre, ont la particularité de combiner une vibration électrique et une vibration magnétique qui sont perpendiculaires entre elles. Cette caractéristique est cohérente avec ce qui a été proposé dans les chapitres précédents, ce que l'on va maintenant s'efforcer de démontrer.

On a proposé qu'un champ électrique corresponde à la vibration d'ondes d'espace stationnaires déformées par manque ou par excès de surface, ce qui implique que son déplacement ne soit donc rien d'autre que le déplacement d'un ensemble de telles déformations de ces ondes. Dès lors que les ondes d'espace sont stationnaires, c'est-à-dire qu'elles vibrent selon des allers-retours dont l'amplitude est absolument fixe, ces ondes ne se rapprochent jamais les unes des autres, et jamais ne s'écartent, non plus, les unes des autres. Pour cette raison, la déformation électrique ne peut donc utiliser la direction de sa propagation pour varier d'amplitude d'un moment à l'autre, ainsi que le fait, par exemple, une onde sonore dans l'air qui, tour à tour, rapproche puis éloigne les atomes. L'air peut faire preuve d'élasticité dans sa densité, ce qui permet à une onde sonore de s'exercer et de se propager, mais la position et la densité des ondes d'espace, quant à elles, ne disposent d'aucune élasticité.

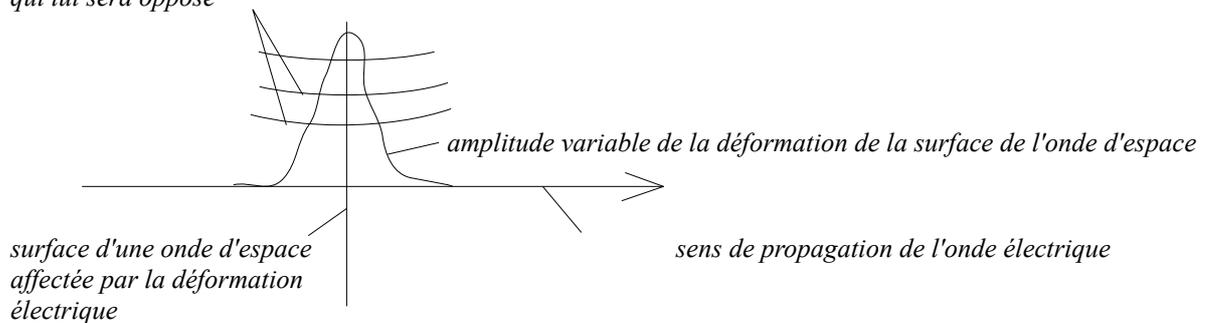
Quand une onde d'espace est électriquement déformée, c'est-à-dire par perte ou par excès de surface, elle déforme les ondes sur lesquelles elle rebondit, et, à cette occasion, elle se débarrasse intégralement de sa déformation. Ainsi expulsée de la même façon par toutes les ondes qu'elle rencontre, la déformation électrique, inchangée lors de ces transferts, court sans fin d'une onde à l'autre à la vitesse de la lumière, puisque telle est la vitesse de la vibration des ondes d'espace. Aucune modulation de la vitesse ou de l'intensité de la déformation ne peut donc avoir lieu, non plus, à l'occasion de ce transfert de la déformation d'une onde d'espace stationnaire à l'autre.

On vient de voir, par conséquent, que l'amplitude de l'onde électrique ne peut se marquer dans le sens de sa progression, ni par le moyen d'une oscillation de la densité des ondes, ni à l'occasion de son transfert d'une onde à l'autre. Ces deux moyens-là lui sont interdits, mais rien ne l'empêche de se marquer par l'ampleur plus ou moins grande de la déformation qu'elle implique à la surface même de chaque onde d'espace, c'est-à-dire dans le sens perpendiculaire à la progression de l'onde de déformation électrique, et c'est bien là ce qui correspond à un fonctionnement d'onde transversale.



L'ondulation que la déformation électrique propage à la surface de chaque onde d'espace rencontrée va mettre un certain temps pour se propager ainsi, transversalement, irradiant de tous côtés à partir de l'endroit de son impact d'arrivée sur l'onde. Nécessairement, lors de cette propagation transverse, elle va déformer les ondes d'espace qui sont orthogonales à celles qui engendrent la propagation de l'onde électrique.

ondes d'espace que la variation de la déformation électrique transverse va chercher à déformer et qui, pour ne pas subir cette déformation, vont renvoyer un champ magnétique qui lui sera opposé



Compte tenu de ce qui a été proposé comme explication d'un champ magnétique (voir chapitre 3-2-1 précédent), cette circonstance implique que les ondes ainsi déformées par l'avancée de la déformation électrique transverse vont annuler cette tentative d'augmentation de leur déformation en s'y adaptant par une déformation de type magnétique. Ainsi qu'on l'a envisagé au chapitre 3-2-1, cette déformation d'adaptation magnétique circulera dans un plan perpendiculaire à la déformation électrique transverse, à la vitesse de la pulsation de l'onde, donc à la vitesse de la lumière, et donc plus vite que l'avancée de la déformation électrique qui l'occasionne. Car, et c'est une hypothèse que nous devons maintenant faire pour correspondre à notre explication sur la cause du magnétisme, l'avancée transverse de la déformation électrique doit nécessairement aller beaucoup moins vite que la vitesse de la lumière.

Pour retrouver les propriétés de propagation propres aux ondes électromagnétiques, nous sommes donc seulement amenés à postuler une nouvelle propriété aux ondes d'espace : les déformations qui les affectent font onduler leur surface selon une vitesse de progression de ces déformations qui est bien moindre que la vitesse de la lumière. Propriété qui n'a rien d'extraordinaire en soi.

On a d'abord vu que le principe même du caractère stationnaire des ondes d'espace impliquait que les ondes électromagnétiques devaient avoir le caractère d'ondes transverses, et l'on vient maintenant de voir que cette dernière propriété permet aussi que soit retrouvée leur particularité de combiner, à une vibration électrique, une vibration magnétique destinée à contrer l'effet de cette première vibration et située dans un plan qui lui est perpendiculaire.

3-2-5- sur le fonctionnement de la répulsion et de l'attraction électrique :

À l'occasion du chapitre 2-12 ([2ème partie](#) - à la 12ème étape, dans le texte « sur les champs électriques »), on a évoqué la répulsion et l'attraction électriques de charges de même signe ou de signes opposés, soulignant alors que ces effets sont apparents et que, dans la réalité, ce ne sont pas les charges électriques qui se repoussent ou qui s'attirent réciproquement, mais les ondes d'espace qui, pour limiter au mieux les déformations qu'elles subissent, se chargent de les écarter ou de les rapprocher.

On peut maintenant examiner plus précisément la façon dont elles s'y prennent.

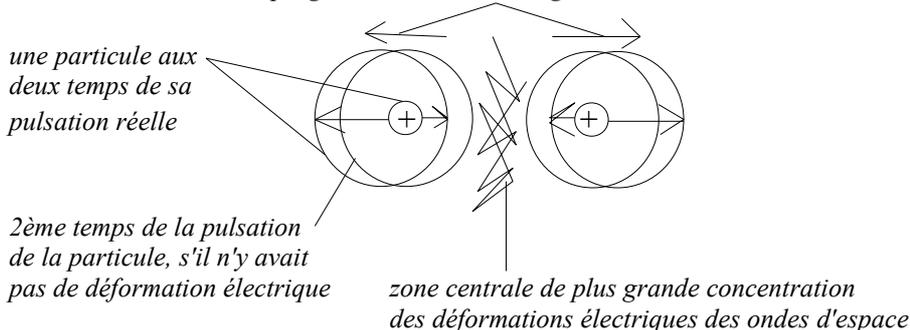
Prenons le cas de deux charges électriques positives, par exemples deux protons, qui sont au voisinage l'un de l'autre.

Ces deux particules pulsent et, comme on l'a vu, cela implique qu'elles se désagrègent puis se reconstituent un temps sur deux de la pulsation des ondes d'espace. On renvoie à la fin du chapitre 3-1-1 où cela a été expliqué, et en particulier au dernier schéma de ce chapitre.

Tout autour d'elle, chacune des deux particules engendre des déformations électriques de même intensité sur les ondes d'espace, toutefois, comme les déformations des deux particules se cumulent, les déformations sont finalement plus intenses entre elles deux que latéralement à leur couple.

Dans le schéma ci-dessous, les particules, pour simplifier supposées circulaires, occupent, au temps initial de leur pulsation, les petits cercles situés autour du signe + qui symbolise leur charge électrique. S'il n'y avait pas de déformation électrique, le second temps de leur pulsation correspondrait, après expansion, aux grands cercles qui sont centrés sur les premiers. Du fait de la déformation électrique et de son intensité variable dans l'espace, telle qu'on l'a envisagée plus haut, les ondes vont peiner à reconstruire les particules dans l'espace situé entre elles deux, alors qu'elles vont plus facilement les reconstruire latéralement à leur couple, là où la déformation qui leur est imposée est la plus faible. Ainsi, la particule reconstruite à la fin de chaque pulsation sera légèrement déformée par rapport à sa position initiale, écrasée du côté vers lequel se trouve la particule voisine de même signe électrique, allongée vers le côté opposé, de telle sorte que, de vibration en vibration, cette reconstruction toujours un peu plus décalée prendra la forme d'une véritable dérive des deux particules, les éloignant sans cesse l'une de l'autre.

dérive progressive des deux charges à l'occasion de leurs reconstructions successives



Si les deux particules ont des charges négatives, les déformations se répartiront de la même façon entre elles et autour d'elles, et le mécanisme de leur écartement progressif sera le même.

Si les deux charges sont de signes contraires, c'est entre elles que les déformations des ondes d'espace seront les plus faibles, puisqu'elles s'annuleront réciproquement. Le sens de leur dérive sera alors inversé et elles se rapprocheront donc progressivement l'une de l'autre.

3-3- spin et magnétisme :

3-3-1- séparation des spins dans un champ magnétique non homogène :

Les 3 premiers nombres quantiques découlent de l'équation de Schrödinger, ce qui n'est pas le cas du 4ème, le nombre quantique de spin.

En 1921, Stern et Gerlach réalisèrent une expérience qui obligea à considérer que, malgré des nombres quantiques semblables, des particules pouvaient être différentes, ce qui incita à introduire ce 4ème nombre que l'on a fait correspondre à la notion de spin.

Cette expérience consiste à faire passer un jet vaporisé d'atomes d'argent dans un champ magnétique. Si ce champ est uniforme, rien ne se passe, mais, si le champ est plus intense dans certaines directions que dans d'autres, il sépare le jet initial en deux jets écartés l'un de l'autre. À l'époque, on en a conclu que les atomes agissaient comme de petits aimants et que cela résultait de la rotation sur eux-mêmes de leurs électrons, laquelle engendrait un champ magnétique. De cette notion de rotation est sortie la notion de « spin », et l'expérience était interprétée comme le fait que les atomes d'argent ayant 47 électrons, donc un nombre impair d'électrons, les spins des 46 premiers annulaient réciproquement leurs effets, tandis que les spins des 47èmes électrons échappaient à cette neutralisation de leur effet magnétique. Cela expliquait la séparation en deux jets, chacun correspondant aux 47èmes électrons de même spin répartis aléatoirement entre les divers atomes du jet initial.

Dans le cadre de cette explication, on ne voit pas clairement pourquoi cet effet ne devrait se faire sentir que par le passage à travers un champ magnétique non homogène, mais en on vient à notre hypothèse concernant l'interprétation de cette expérience.

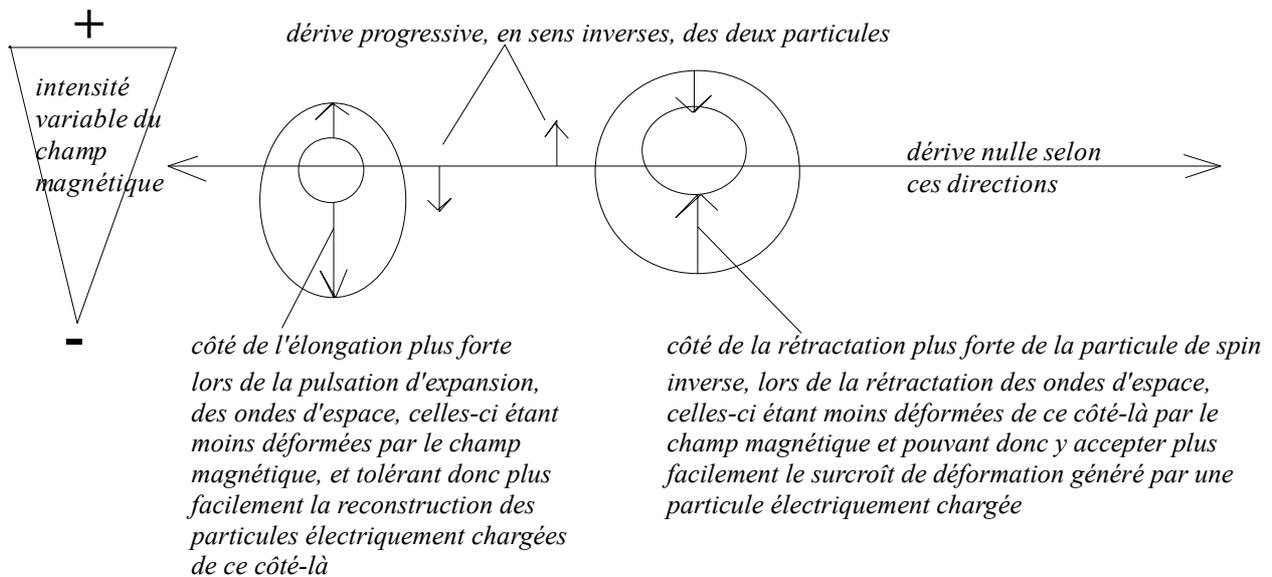
Quand les électrons « impairs » des atomes se déplacent, comme toute charge électrique en déplacement, ils génèrent un champ magnétique, mais tous les électrons font de même, de telle sorte que ce n'est pas cet effet-là qui peut séparer en deux le faisceau des atomes.

On a vu (chapitre 3-1-1) que deux particules de spins inverses sont, pour nous, deux particules qui déforment deux trains d'ondes d'espace différents, l'un qui reconstitue les particules au cours de leur temps d'expansion, l'autre qui les reconstitue au cours de leur temps de contraction.

Lorsqu'une particule se trouve dans un champ magnétique non homogène, cela implique que les ondes d'espace sont plus déformées par ce champ magnétique d'un côté que de l'autre de la particule. Comme on l'a vu, les particules ne sont pas des réalités permanentes, mais des constructions qui se défont et qui se reconstruisent périodiquement, une fois sur deux de la reconstruction des ondes d'espace qu'elles déforment. Très normalement, ces ondes cherchent à équilibrer leurs déformations sur l'ensemble de leur périphérie, et elles s'opposeront donc plus fortement à la reconstruction des particules électriquement chargées du côté du champ magnétique le plus fort, cela afin de limiter tant qu'elles le peuvent leurs déformations de ce côté-là où elles sont déjà très déformées, tandis qu'elles les reconstruiront plus facilement du côté du champ magnétique le plus faible où elles peuvent accepter plus facilement un surcroît de déformation.

Ce qui fera la différence et qui génèrera la division en deux du faisceau d'atomes est que, selon le spin de la particule, cet effet n'aura pas la même conséquence :

- si la particule a un spin tel que les ondes qui la portent s'expansent au moment de sa reconstruction, c'est la pulsation d'expansion de l'onde qui sera moins gênée et qui avancera plus loin du côté du champ magnétique moins intense que du côté opposé ;
- si la particule a un spin inverse, cette fois c'est le recul de contraction de la particule qui sera favorisé du côté du champ magnétique moins intense.



Ainsi donc, selon leur spin, à chaque pulsation des ondes reconstituant les particules chargées, celles-ci seront légèrement déformées par une avancée plus forte vers le côté du champ magnétique moins intense, ou par une rétraction plus forte de ce côté-là. Globalement, au fil du temps, cela se traduira par une dérive progressive des particules s'écartant les unes des autres, celles d'un spin allant toutes du côté où le champ magnétique est le plus fort, et celles de spin inverse allant toutes vers le côté où le champ magnétique est le plus faible.

On a bien là une cause, liée au spin, de séparation en deux faisceaux, et cela sans avoir besoin de supposer que les électrons agissent comme de petits aimants, puisque l'on n'a pas fait intervenir un quelconque effet magnétique de leur part. Par ailleurs, cette cause est bien réservée aux particules électriquement chargées et aux champs magnétiques non homogènes, puisque la dérive des particules n'a lieu que si la présence de charges électriques ajoute des déformations qui gênent davantage les ondes d'espace dans une direction que dans la direction inverse.

3-3-2- sur le fonctionnement de l'IRM (Imagerie par Résonance Magnétique) :

Dans l'IRM, un champ magnétique principal et longitudinal constant est accompagné d'impulsions Radio-Fréquences qui génèrent un champ magnétique tournant qui opère par bouffées dans un sens transversal au premier et qui, notamment, inverse le spin de certaines particules.

L'imagerie s'obtient pendant le temps de « relaxation » qui suit ces impulsions, temps pendant lequel les particules retrouvent progressivement leur spin initial en émettant des champs magnétiques dont l'évolution est alors analysée.

On en rappellera d'abord l'explication selon la physique « classique », puis l'explication basée sur la théorie quantique.

La conception « classique » de ce comportement (<http://books.google.com/books?id=JXWYMZYPcaMC&pg=PA1&lpg=PA2&ots=NSetGGAI1W&dq=aligné+spin+champ+magnétique&hl=fr>) part du principe que les protons contenus dans le corps examiné sont assimilables à de petites toupies qui tournent sur elles-mêmes, l'orientation de leurs axes de rotation étant initialement aléatoire.

Le champ magnétique principal aurait pour fonction d'aligner tous les axes de rotation dans la même direction, étant précisé que les protons ne tourneraient pas exactement selon leur axe mais avec un angle de précession similaire à l'inclinaison de la terre sur son axe de rotation.

La grande majorité des champs magnétiques occasionnés par les toupies-protons s'annuleraient, les uns étant orientés dans le sens du champ magnétique principal, et les autres étant orientés dans le sens exactement contraire. Une très petite fraction des protons ferait toutefois la différence en permettant que le nombre des protons orientés dans le sens « parallèle » au champ magnétique principal, c'est-à-dire dans le même sens que lui, soit légèrement majoritaire. C'est cette très légère supériorité numérique des spins parallèles, de l'ordre de 4 unités pour 1 millions (dans un champ à 1,5 Tesla), qui permettrait que le tissu biologique observé prenne une aimantation globale utilisable pour l'imagerie. Étant très faible par rapport au champ principal, cette aimantation ne serait pas directement mesurable et exploitable, et ce serait la fonction des impulsions radio-fréquence que de la rabattre dans une direction perpendiculaire au champ principal.

Il est supposé que les angles de précession des spins des 4/1 000 000 de protons « en excès » ont statistiquement des orientations qui se répartissent à égalité vers toutes les directions de l'espace, et les impulsions électromagnétiques auraient pour fonction de casser cette dispersion et d'aligner tous les angles de précession vers une même direction. Lors de la période dite de relaxation, cette égalité des directions des angles de précession des spins s'atténue progressivement, mais de façon variable en fonction de la nature des tissus biologiques concernés, et c'est le champ magnétique occasionné transversalement selon ces angles de précession qui serait mesuré pour générer l'image.

La conception quantique du même phénomène suppose que, au départ, les spins des 4/1 000 000 de protons « en excès » ne sont pas alignés avec le champ magnétique principal et que leurs différentes orientations sont déphasées entre elles.

Dans cette conception, les impulsions radio-fréquence auraient, en fait, deux conséquences. D'une part, elles changeraient le spin d'une partie de ces particules, leur communiquant un spin antiparallèle qui implique une énergie plus élevée que leur spin parallèle initial. D'autre part, et de façon indépendante, elles synchroniseraient la direction de leurs spins, faisant ainsi apparaître une composante transversale due à l'addition de leurs spins respectifs.

La relaxation correspondrait alors à deux phénomènes distincts, chacun ayant toutefois une vitesse variable selon la nature du tissu biologique : d'une part, la désynchronisation des spins qui intervient rapidement après l'impulsion, d'autre part, le retour au spin initial du fait de la perte progressive d'énergie des protons qui s'entrechoquent avec les tissus voisins.

Cette fois aussi, on considère que l'aimantation macroscopique résultante effectue une précession autour de la direction du champ magnétique principal, et l'appareillage d'imagerie observe l'évolution de la spirale que décrit cette précession autour de cette direction au fur et à mesure qu'elle s'atténue. Le signal obtenu est une sinusoïde qui s'amortit au fil du temps avec l'intensité du courant électrique induit par le champ magnétique correspondant au spin en cours de précession. Il s'agit d'une sinusoïde, du fait que la direction de ce champ s'inverserait à chaque tour du spin autour du champ magnétique principal, et il s'agit d'une sinusoïde qui s'amortit progressivement, du fait de la diminution progressive de l'intensité du champ magnétique généré par le spin.

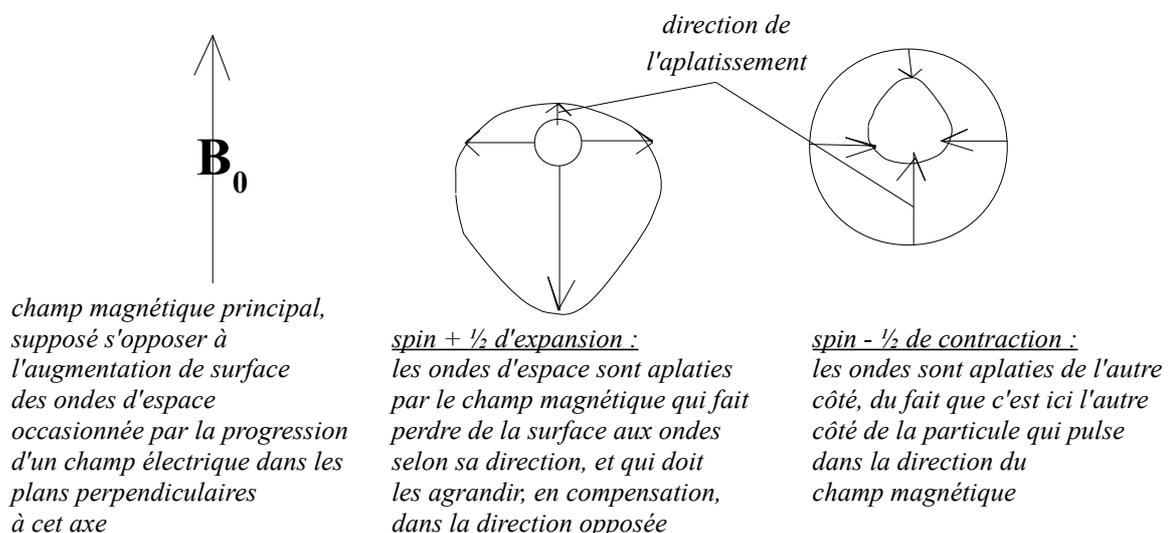
En fait, après l'impulsion initiale à 90° , et pour annuler l'effet des irrégularités du champ magnétique principal, des impulsions à 180° sont ensuite données à intervalles réguliers. Ces impulsions ont pour fonction d'inverser les déphasages entre eux des divers spins, et de faire jouer la notion « d'écho de spin ». S'il est supposé que l'impulsion initiale à 90° a pour effet de synchroniser les directions des spins, bizarrement, cette théorie suppose donc que les impulsions ultérieures à 180° n'auraient pas pour effet de les « synchroniser deux fois plus fermement ou deux fois plus précisément », mais qu'elles auraient un effet tout différent, lequel consisterait donc à inverser leurs orientations.

Après avoir présenté le principe de l'explication classique puis de l'explication quantique, on présente maintenant comment on propose que fonctionnerait l'imagerie IRM selon la conception du spin dont on a fait ici l'hypothèse.

Selon notre conception (chapitre 3-2-1), un champ magnétique apparaît dans une situation où progresse un champ électrique, lequel a pour effet de modifier la taille des ondes d'espace, soit en leur faisant perdre de la surface, soit en leur en procurant à l'excès. Le champ magnétique est alors la réaction des ondes d'espace à la progression de cette modification de leur taille, et il consiste en une déformation des ondes qui se laissent étirer ou aplatir dans le sens voulu par le surcroît de tension généré par la progression du champ électrique, mais qui, en compensation, se contractent ou se gonflent dans la direction inverse afin que leur surface ne soit pas davantage modifiée. À l'intérieur d'un champ magnétique, les ondes d'espace sont donc handicapées par le fait que leur taille est modifiée par la présence d'un champ électrique, et le champ magnétique lui-même est le résultat de la modification de forme qu'adoptent les ondes pour s'opposer, tant qu'elles le peuvent, à l'augmentation ou à la diminution de leur taille impliquée par la progression de ce champ électrique. Si l'on suppose, par exemple, que le champ magnétique principal généré par l'appareil d'IRM est occasionné en réaction à la progression d'un champ électrique qui apporte un excès de surface aux ondes et qui tend donc à les gonfler davantage, la déformation d'adaptation des ondes va consister à s'aplatir dans le sens opposé à la progression du champ électrique, et cela en faisant un grand détour circulaire, donc selon des plans perpendiculaires à cette progression. En compensation à cet aplatissement, afin de ne pas modifier leur surface globale, les ondes vont se gonfler, s'allonger dans la direction opposée. L'important, pour l'IRM, est que cette déformation d'adaptation des ondes, selon le sens de leur spin, aura un effet différent sur les particules qui se trouvent dans ce champ magnétique. Cette différence proviendra du fait que, selon leur spin, les unes sont des particules en expansion et les autres sont des particules en contraction au moment de leur reconstitution par les ondes d'espace. En revanche, le fait qu'elles soient ou non des charges électriques n'aura pas de conséquence, l'IRM fonctionnant aussi bien avec des neutrons qu'avec des protons.

Si les particules sont portées par des ondes d'espace en expansion au moment où elles les régénèrent (par convention, on dira ici qu'elles ont un spin $+ \frac{1}{2}$), elles vont être aplaties comme les ondes dans la direction du champ magnétique que l'on a pris en exemple, et elles vont se gonfler, en compensation, vers la direction inverse.

Si l'on considère maintenant les particules de spin $- \frac{1}{2}$, portées par des ondes d'espace qui se contractent au moment où elles les régénèrent, la même déformation d'aplatissement dans la direction du champ magnétique principal et d'étirement excessif de l'autre côté va avoir pour conséquence de l'aplatir du côté inverse aux particules de spin $+ \frac{1}{2}$.

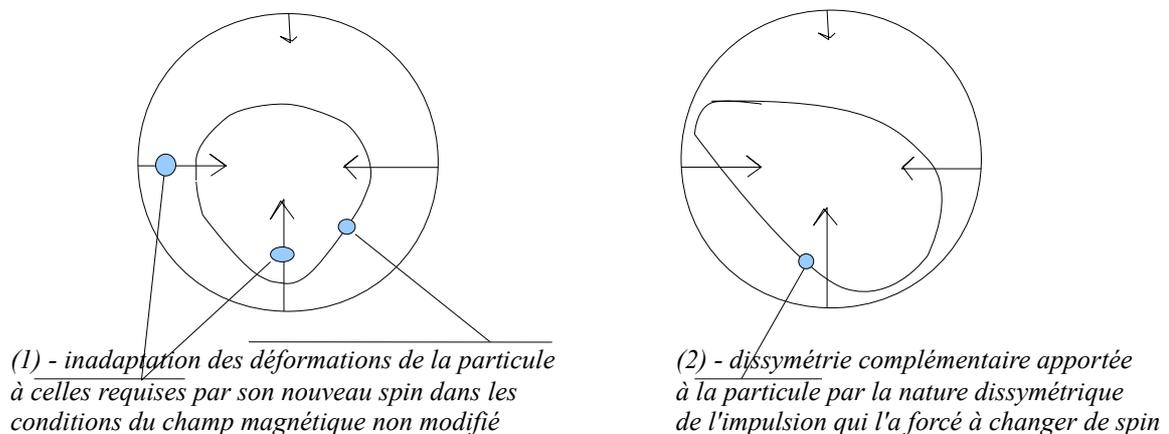


Lorsque le champ magnétique principal est mis en route, les quelques particules en surnombre, celles dont les spins ne vont pas se compenser mutuellement et que l'on supposera ici de spin $+ \frac{1}{2}$, seront donc aplaties dans la direction du champ magnétique et gonflées de l'autre côté.

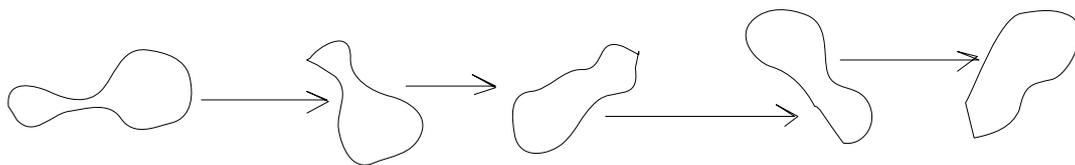
Chaque impulsion radiofréquence aura pour conséquence de changer le spin d'une partie de ces particules, cela en les faisant basculer de force sur les ondes d'espace jumelées à celles qui les portent. Les particules s'y trouveront alors mal à l'aise, puisqu'elles seront aplaties là où elles devraient être gonflées pour bien s'adapter au champ magnétique, et puisqu'elles seront gonflées là où elles devraient être aplaties.

Cette inadaptation, liée à la déformation qu'elles avaient acquise avant d'être obligées de changer de spin, est ce qui les forcera à regagner progressivement leur spin initial.

De plus, comme l'impulsion qui les a fait changer de spin est donnée de façon dissymétrique par un champ tournant, leur déformation sera non seulement inadaptée à l'allure du champ magnétique (croquis 1), mais, en outre, elle sera très dissymétrique (croquis 2).

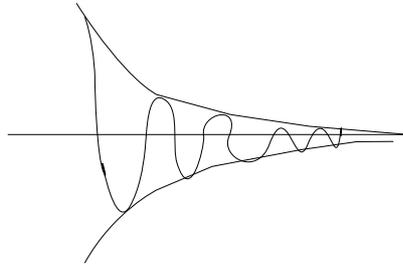


De son côté le plus prononcé, le renflement dissymétrique des particules va correspondre à un excès de surface pour les ondes d'espace, et il va donc générer, de ce côté-là, une déformation de type électrique. Par ailleurs, ébranlée par l'impulsion qui l'a ainsi déformée, la particule va onduler en faisant tourner cette déformation, un peu comme une bulle de savon qui vibre sous l'effet d'un choc ou d'un courant d'air qui agite sa déformation d'un endroit à l'autre de sa surface.



la déformation électrique tourne dans l'espace en circulant dans la particule et en s'atténuant progressivement

Qui dit déformation électrique qui se déplace, dit champ magnétique généré en compensation, lequel sera récupéré par les capteurs de l'IRM. Le champ électrique induit par ce champ magnétique va régulièrement changer de sens, chaque fois que la déformation dissymétrique causée par l'impulsion radiofréquence va avoir fait un tour de la particule, et la sinusoïde ainsi dessinée va progressivement s'amortir, au fur et à mesure que la particule perdra cette déformation pour rebasculer de plus en plus complètement sur les ondes d'espace jumelles, regagnant progressivement son spin d'origine et sa forme symétrique par rapport au champ magnétique principal.

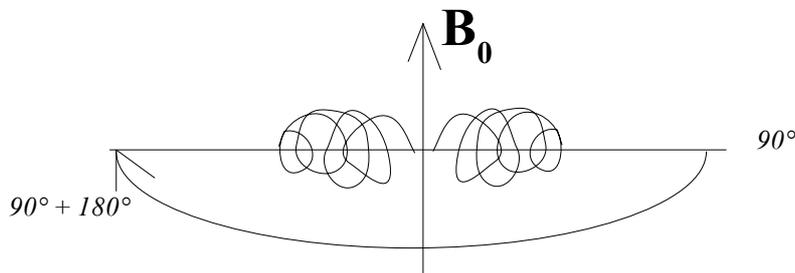


l'intensité du champ magnétique qu'engendre le déplacement de la particule est récupérée par l'appareil d'IRM qui la montre oscillant avec l'allure d'une sinusoïde qui s'amortit progressivement

Venons-en à l'effet des relances périodiques par des impulsions à 180° dont l'effet d'écho de spin est destiné à annuler les irrégularités du champ magnétique principal, cela en soumettant les spins, pendant leur relaxation, à deux influences inversées de ces irrégularités.

Si une impulsion à 90° a pour effet d'inverser les spins, très normalement, une impulsion à 180° , c'est-à-dire double, doit avoir pour effet de les inverser deux fois, donc de ne rien changer du tout à l'état des spins qui avait déjà été inversé par la première impulsion à 90° . Par contre, comme on va le voir, cette impulsion aura un effet sur la façon dont la déformation électrique qui tourne dans la particule va se comporter.

On suppose que l'ondulation de déformation qui anime la particule en tournant autour d'elle le fait autour d'un axe de précession, lequel, après l'impulsion initiale à 90° , serait donc d'abord à 90° de la direction du champ magnétique principal. Lorsqu'une impulsion à 180° est ensuite donnée, cet axe de précession fait alors un angle de $270^\circ (= 90^\circ + 180^\circ)$ par rapport à la direction du champ, c'est-à-dire qu'il est venu se mettre en symétrie par rapport à l'axe de précession initial. Depuis cette situation symétrique, la déformation ondule désormais en faisant une expérience symétrique des irrégularités du champ magnétique principal, expérience qui va donc annuler progressivement l'effet des irrégularités précédemment causées à son évolution. Encore une impulsion à 180° et, à nouveau, on inverse en symétrie l'effet des irrégularités du champ magnétique principal, et etc.



On voit donc que l'explication que l'on propose pour le spin s'accorde, là encore, à ses manifestations telles qu'elles sont récupérées par les appareils d'IRM.

Au passage, on remarque qu'il n'y a aucune impossibilité à ce qu'une particule ait provisoirement un spin mixte, c'est-à-dire qu'elle recommence par parties, de plus en plus nombreuses, à déformer les ondes d'espace qui la portaient initialement. Ce retour très progressif au spin initial est par contre incompatible, du moins a priori, avec la théorie quantique usuelle qui veut qu'une particule n'ait un spin qu'entier ou demi-entier, jamais intermédiaire entre la valeur positive et la valeur négative de ce spin.

Nota : il doit être bien compris que les croquis donnés pour illustrer le fonctionnement de l'IRM ne prétendent pas représenter la forme des particules en cause, mais seulement le type de déformation qu'elles subissent. En outre, ces déformations sont représentées de façon très excessive quant à leur ampleur. Dans la réalité, elles ne correspondent probablement qu'à de très légères courbures dans un sens ou dans l'autre, mais il faut avoir en tête le fait que ces très légères déformations s'exercent à chaque pulsation des ondes d'espace, de telle sorte que leur conséquence est ainsi considérablement amplifiée par cette répétition rapide et incessante de leur effet.

3-3-3- sur la cause de la GMR (Giant Magneto Resistance) :

La magnétorésistance dite géante (présentation de cet effet par Albert Fert à l'adresse <http://www2.cnrs.fr/presse/communique/420.htm>) apparaît lorsqu'un courant électrique circule entre deux couches ferromagnétiques qui sont si fines qu'il y a, dans ces couches, une forte interaction entre leur aimantation ferromagnétique et le spin des électrons qui y circulent. Ainsi, une couche dont l'aimantation est dirigée vers le haut peut facilement laisser passer un courant d'électrons dont le spin est également orienté vers le haut, et simultanément arrêter, ou presque arrêter, les électrons dont la direction du spin est opposée. Si ces deux couches ont des aimantations opposées, l'une arrête les électrons d'une certaine orientation de spin, l'autre arrête les autres, et l'effet global de ces deux couches est, par conséquent, que le courant ne passe pas, ou presque pas. Si l'on plonge cet empilement des deux couches dans un champ magnétique, elles alignent toutes les deux leur aimantation dans la direction de ce champ, tous les électrons dont le spin est dans cette direction traversent alors sans problème les deux couches, et un courant électrique passe.

Voilà pour le principe.

L'hypothèse proposée est que cet effet ne serait pas seulement d'origine magnétique, mais qu'il serait d'abord lié au fonctionnement même des ondes d'espace jumelles.

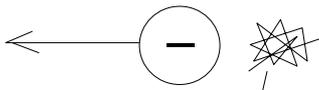
Au chapitre 3-1-1, nous avons supposé que les spins différents correspondent au fait que les particules déforment des trains d'ondes jumelés qui pulsent l'un dans l'autre en opposition de phase, ce qui implique qu'ils rebondissent l'un sur l'autre à chaque extrémité de leur pulsation, au moment de leur contraction et au moment de leur expansion. Si donc, l'un de ces deux trains d'ondes est déformé par la présence, sur lui, d'une particule, ses déformations vont affecter le train d'ondes jumeau et lui occasionner des déformations lors de chacun des rebonds que ces deux trains d'ondes vont faire l'un sur l'autre. Ces déformations n'iront pas jusqu'à imprimer la particule en négatif sur le train d'ondes inverse, car il manquera à leur empreinte sur les ondes jumelles d'être organisée comme le sont les déformations d'une particule, mais cette empreinte n'en constituera pas moins un amas de déformations qui va affecter le fonctionnement de ces ondes jumelles (voir la 2ème remarque à la fin du chapitre 3-1-1).

Par ailleurs, en présence d'un champ magnétique, soit celui inhérent à une couche ferromagnétique, soit un champ imposé de l'extérieur, les ondes d'espace sont aplaties dans un sens et gonflées dans l'autre.

Ceci posé, d'une part, donc, la déformation du train d'ondes jumelles par la présence d'une particule, et, d'autre part, la déformation du même train d'ondes par un champ magnétique, on suppose, si le sens de la déformation correspondant au spin de la particule est le même que celui de la déformation correspondant au champ magnétique, que ces deux déformations se boostent mutuellement, qu'elles s'amplifient mutuellement, et que cette déformation ainsi boostée est suffisamment importante pour que les électrons libres du spin dominant d'une couche ferromagnétique créent de fortes empreintes de leurs déformations sur les ondes jumelées de leur voisinage. Habituellement, ces empreintes, limitées donc au voisinage des électrons concernés, n'auraient pas de conséquence sensible, mais elles seraient suffisamment importantes pour que, dans le cas des couches minces ferromagnétiques utilisées dans la GMR, elles se fassent sentir jusque dans la couche ferromagnétique toute voisine. Si, par exemple, les électrons dont l'empreinte est ainsi boostée par le champ magnétique sont de spin up, de telles empreintes amplifiées ne seront d'aucune gêne pour les électrons de spin up qui circulent dans la couche voisine, puisque, par définition, ils sont up et ne fonctionnent donc pas sur les ondes down. Par contre, elles auront une influence sur les électrons de spin down qui cherchent à passer par là. En effet, un courant électrique, tel qu'on l'a supposé (chapitre 3-2-4), résulte d'un différentiel de déformation des ondes

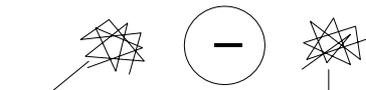
d'espace : entre des charges de signes contraires, les ondes sont moins déformées qu'au large de ces charges, ce qui facilite leur reconstruction de plus en plus proches les unes des autres et qui occasionne une dérive progressive de leurs positions et les rapproche de plus en plus l'une de l'autre. Lorsqu'un tel différentiel de déformation des ondes d'espace existe entre les charges, le courant passe, mais, si des déformations parasites viennent s'intercaler entre elles, par exemple sous forme d'empreinte des déformations venues des charges de spin inverse, alors ce différentiel se réduit, voire s'annule complètement, et la dérive des particules s'interrompt, ce qui une autre façon pour dire que le courant électrique cesse de circuler.

*cas d'une particule du spin dominant
dans une couche*



déformation des ondes d'espace répartie de façon dissymétrique et occasionnant, de ce fait, une reconstruction sans cesse déplacée de la particule chargée, donc sa dérive progressive sous la forme d'un courant électrique

*cas d'une particule de l'autre spin
dans la couche voisine*



déformation parasite, occasionnée par l'empreinte des particules de spin opposé sur les ondes d'espace qui la portent, et qui neutralise, par sa présence, l'effet de dissymétrie qui serait utile pour générer une dérive de la particule et donc un courant électrique

déformation électrique dissymétrique qui occasionnerait, en l'absence de la déformation parasite, un courant électrique comme sur le croquis de gauche

Voilà la proposition que l'on fait pour expliquer l'effet de la GMR. Le reste s'en déduit facilement : si les couches ferromagnétiques ont des directions d'aimantation inverses, les empreintes des déformations causées par leurs électrons sur leurs ondes jumelées dégradent le passage des électrons des deux spins, et, si elles ont une même direction, le passage des électrons du spin dominant est rétabli, car aucune couche n'occasionne plus d'empreintes de déformations annulant le différentiel de déformations qui est nécessaire à leur circulation.

Dernière mise à jour de ce texte : 27 décembre 2009

[\(lien vers la suite de la 3ème partie\)](#)

[\(lien de retour vers le plan du texte complet de présentation de l'hypothèse\)](#)

[\(lien vers la 1ère partie de l'hypothèse\)](#)

[\(lien vers la 2ème partie de l'hypothèse\)](#)