6

Lettre à Mioara Mugur-Schächter

PIERGIORGIO QUADRANTI [a]

St. Jean sur Reyssouze
juin 2024

Chère Mioara,

Je voudrais te soumettre une construction des relativités restreinte et générale dans un cadre correspondant à ce que tu appelles la méthode MRC (méthode de relativisation conceptuelle). Je ne reprends pas la reconstruction de la théorie de la mesure en mécanique quantique dans le détail. Toutefois, je considère que cette théorie englobe la relativité restreinte comme un de ses chapitres et que la relativité générale est l'insertion de la relativité restreinte dans un cadre plus générale. Ainsi je présente une esquisse de toute la construction jusqu'à la théorie de la mesure quantique, pour pouvoir reprendre la construction de la relativité restreindre, comme préalable à la relativité générale. J'ai déjà présenté une reconstruction de la théorie de la relativité restreinte, ici j'en propose une simplification avec quelques corrections.

Mon cadre épistémologique a en commun avec le tien le fait que la construction comporte toujours deux niveaux, qui, en suivant l'école de Munich, seront appelés l'un *empirique* et l'autre *théorique*. Le couple qu'ils forment sera appelé un *palier*. Le passage du niveau empirique au niveau théorique n'est ni une relation causale ni une implication. Le théoricien, par l'introduction d'un terme théorique, se risque à construire (créer) un terme nouveau en le rattachant à ce qui, présupposé sur le niveau empirique, sera

[a]Piergiorgio Quadranti, C.R.E.A.L.P.
Courriel :

son indice. Le paradigme pour cette activité est la construction d'un sens à partir d'un texte. Le problème épistémologique est alors de trouver des règles pour de telles créations. Elles ne peuvent être identifiées qu'en effectuant des constructions.

À la page 4 de ce texte, je souligne ce que j'ajoute à ta décision D4 (Synthetic exposition of : A SECOND QUANTUM MECHANICS *(1.2.3.4, p. 39)*).

Les théories de relativité sont formulées à un niveau élevé de la construction des connaissances, ainsi, elles présupposent les règles fondamentales qui régissent toute construction de termes théorique, en proposant des règles (dites de transformation), qui permettent à un (premier) *sujet* de reconstruire, en partant du monde duquel il est *solidaire*, la construction qu'un autre sujet (*observateur*) effectue dans le monde duquel il est solidaire (que ce monde soit au immobile ou non pour le premier *sujet*). Ainsi les théories de relativité considèrent deux observateurs, c'est à dire deux *interprètes* (ou constructeurs de niveau théoriques), chacun effectuant une construction dans son monde. Le cadre épistémologique pour ces théories n'est plus celui de deux observateurs qui ont des points de vue différents sur la (même) réalité. À la place, il s'agit de trouver comment un *sujet* peut justifier la *re*construction, qu'il effectue dans son monde, de celles qu'un autre *observateur* peut effectuer dans son propre monde. Même la base, sur laquelle l'*observateur* effectue ses constructions, doit être reconstruite par le *sujet*, dans son propre monde. Ce qui peut leur être commun ce ne sont pas les bases, mais certines constructions.

1. CADRE SYNOPTIQUE DE LA RECONSTRUCTION PAR UN *sujet* DE LA CONSTRUCTION EFFECTUÉE PAR UN AUTRE (*observateur*)

Ce cadre ne constitue pas un point de départ d'où les règles, qui dirigent l'activité du sujet, dériveraient. Ces règles ne résultent ni d'une déduction ni d'une constatation de liens causaux, leur introduction est celles des limites qu'une création doit respecter. Il s'agit ici de trouver les règles qui délimitent une construction particulière. Pour le *sujet*, l'*observateur* et son monde sont sur un niveau théorique, qu'il (le *sujet*) construit à partir de ce qu'il a déjà construit par avant et indépendamment de cette nouvelle construction. Cela constitue le niveau empirique pour cette dernière. L'admission de ce niveau empirique est elle-même justifiée, si ce niveau résulte d'une construction elle-même acceptée. En revanche les règles de construction, à partir de ce nouveau niveau empirique, seront acceptée si les prévisions, qu'elles permettent, sont confirmées.

Ces différentes constructions concernent les mouvements d'objets, dans le monde du sujet et dans celui de l'observateur.

Il y a ainsi au moins deux paliers, un dans le monde du sujet et l'autre dans le monde de l'observateur, chaque palier étant constitué par un niveau empirique et le niveau théorique, construit sur lui. Ces paliers sont ceux de la construction d'objets.

Les objets se trouvent sur un niveau théorique et ils sont construits à partir de traces (ce que le sujet *perçoit* ou *constate* ou *présuppose*), constituées par des empreintes successives. L'objet se meut, les empreintes d'une trace ne se meuvent pas. Les objets se déplacent, tandis que sur les traces il n'y a que des propagations. [On peut considérer ce qui se passe sur un écran sur lequel on *voit* des *mouvements* d'objets.] Le sujet ne reconstitue pas le niveau empirique du sujet. Cela n'est pas impossible, mais cette construction n'est pas un chapitre de la construction (physique) visée. Un tel niveau est seulement présupposé ici. Ainsi le sujet ne considère que les objets de l'observateur, qu'en premier lieu, il doit identifier.

Le sujet ne peut identifier et connaître les objets de l'observateur que s'il en existe une trace dans son propre monde. Cela a comme conséquence que les objets de l'observateur sont des objets aussi pour le sujet. L'affirmation inverse n'est pas forcément vraie, mais est possible.

Cependant, s'il y a correspondance, voire identité, entre objets, comment peut-il y avoir une différence de construction entre sujet et observateur ? Pour répondre il faut considérer les différents paliers de la construction de ce qui vient d'être supposé.

La première étape est celle de la construction du temps et ensuite celle d'une structure spatiale, constituée seulement des relations de contiguïté (dans un ensemble non seulement discret mais fini). Il s'agit d'une structure topologique sans mesure. Les objets sont constructibles comme termes théoriques, à partir d'empreintes qui se succèdent en formant une trace dans la structure spatiale ainsi construite.

Dans chaque palier, le niveau empirique et le niveau théorique sont disjoints. Il s'ensuit que chaque objet est disjoint de sa trace. Ils sont seulement en relation. Il y a ainsi deux structures spatiales, celle des traces et celles solidaires des objets. Ainsi, à partir de l'espace des traces, sont construites autant de structures spatiales qu'il y a d'objets. La structure spatiale de chaque objet peut être prolongée, sans que les limites en soient fixées a priori.

Un observateur est d'abord un objet pour le sujet. Cet objet est le corps propre de l'observateur. Ainsi chaque observateur est solidaire d'une structure spatiale, celle que le sujet peut construire à partir de son corps propre. L'observateur est lui-même un sujet qui peut effectuer sa propre construction d'un monde. En particulier, il peut construire un temps et une structure spatiale (par contiguïté), dans lesquels il peut identifier des empreintes et des traces et pour finir des objets. Cette activité de construction, effectuée par l'observateur, n'est pas accessible *directement* pour le sujet. Pour ce dernier, elle ne peut être connue que comme reconstruction théorique. Cette reconstruction est effectuée par le sujet à partir des objets qui existent dans son propre monde. Ces objets sont le corps propre de l'observateur, ses conduites (mouvement du corps propre) et les objets, existant pour le sujet, avec lesquels les conduites de l'observateur sont en relation. C'est la situation dans laquelle se trouve un psychologue (Piaget) lorsqu'il veut construire une connaissance du monde de l'enfant. Cette situation est la même que pour un éthologue. Elle est constituée par des niveaux théoriques successifs, insérés dans autant de paliers.

À remarquer que les objets permettent d'affirmer la stabilité des structures des espace, car leur chiralité est stable ainsi que leur connexion par contiguïté.

Ce qui est supposé ici est, en premier lieu, que le sujet et l'observateur aient déjà effectuée une construction d'objets et que le sujet individualise les objets de l'observateurs par des traces dans son propre monde.

La réponse à la question posée est qu'en premier lieu, l'existence (par construction) d'objets pour le sujet n'implique pas que des objets existent pour l'observateur. En revanche, la construction qui permet au sujet d'affirmer que des objets existent pour un observateur, implique l'affirmation de l'existence d'une structure temporelle et spatiale pour l'observateur. Le sujet et l'observateur peuvent construire une description de leur structure spatiale en partant d'objets dont les relations réciproques de contiguïté ne changent pas (pendant un certain intervalle de temps). Ces objets seront appelés *cardinaux*. Et le corps propre est toujours un objet cardinal pour chaque sujet constructeur. Les objets cardinaux permettent de construire un référentiel cartésien. Il y a ainsi autant de référentiels cartésiens qu'il y a de sujets constructeurs.

Mais une telle construction peut n'être que topologique, c'est-à-dire construite en ne considérant que la structure de contiguïté, sans la construction de mesures.

A. Localisation et emplacements

La localisation est construite à l'intérieur d'une structure spatiale, d'abord par ses relations de contiguïté (localisation topologique) et ensuite par les mesures organisées par un référentiel (Localisation métrique). Elle peut être considérée en oubliant les objets et le temps qui ont permis sa construction. En revanche, un objet a une localisation à un moment donnée. La combinaison de la localisation avec le moment de la présence de l'objet, constitue l'emplacement de l'objet.

Je peux ainsi supposer que le sujet et l'observateur aient construits des objets, que le sujet identifie au moyen de traces dans son monde. Mais, même s'ils identifient les objets de l'observateur comme étant des objets pour lui (sujet), cela n'implique pas que sa propre construction soit celle effectuée par l'observateur, ni n'impose que les mesures qu'ils construisent soient les mêmes. Cette divergence est possible car leurs niveaux empiriques ne peuvent être identifiés, ce qui n'empêche pas l'identification des objets, ces derniers n'appartenant pas à ces niveaux empiriques. Il est possible de construire des objets en commun bien que le sujet et l'observateur effectuent cette construction en partant de niveaux empirique disjoints et obtiennent des mesures différentes. Ces affirmations risquent l'incohérence avec l'hypothèse qu'il n'y ait qu'un espace et un temps, la différence n'étant alors celles des *points de vue sur eux*. Le risque d'incohérence persiste si les mesures sont construites en partant de la cardinalité de l'ensemble de points des segments ou de l'ensemble de moments dans un intervalle de temps. Cette incohérence disparaît si, autant pour le sujet que pour l'observateur, les mesure sont construites par comparaison entre les déroulements des processus et comparaison entre segments. Ces comparaisons peuvent rester inchangées même si la cardinalité, des moments dans les processus et des points dans les segments, change. Ces nouvelles mesures présupposent la construction d'horloges et d'étalons. [Une construction des horloges a été proposée dans *Après Einstein...*] Ainsi ces mesures ne sont pas déterminées par la construction des objets et des structures (par contiguïté) du temps et des espaces.

2.

Le problème à résoudre est celui de la correspondance entre les mesures du sujet et celles de l'observateur, les objets, de l'observateur, étant tous des objets aussi pour le sujet.

A. La correspondance galiléenne

Cette correspondance est construite en supposant que le sujet identifie les objets de l'observateur par des traces dans son monde. Ainsi tous les objets de l'observateur sont des objets du sujet, et ils se déplacent dans son monde.

Cela permet la composition des segments qui constituent la propagation sur les traces et des segments dans les horaires des déplacements des objets. Le sujet identifie les changements, concernant les objets dans le monde de l'observateur par des changements concernant ces mêmes objets dans son monde. Il s'ensuit que le sujet décrit le temps de l'observateur avec son propre temps, en identifiant les changements. Les changements de l'observateur sont tous identifiés par des changements dans le monde du sujet. Il s'ensuit que si un objet se meut dans le référentiel de l'observateur, le sujet peut décomposer les deux déplacements comme étant la succession du déplacement l_r du référentiel (ou monde) de l'observateur et du déplacement $l_{o/r}$ dans le référentiel de l'observateur. L'intervalle de temps Δt est le même, ainsi il peut construire deux mesures de vitesse : $v^r = l_r/\Delta t$ et $v_{o/r} = l_{o/r}/\Delta t$. Le déplacement l_o dans le référentiel du sujet sera : $l_o = \Delta t v_r + \Delta t v_{o/r} = l_r + l_{o/r}$. Il s'ensuit $v_o = v_r + v_{o/r}$.

Une telle correspondance ne peut être refusée sans refuser la construction elle-même des deux mondes et des mouvements. Toutefois, s'il y a une construction supplémentaire et différente, celle d'un niveau théorique, il n'est plus justifié de transposer, sans autres, la correspondance galiléenne dans la nouvelle construction. En outre, cette nouvelle construction pourrait permettre d'identifier une ou plusieurs affirmations cachées, que la correspondance galiléenne suppose.

La construction d'un palier supplémentaire, peut ainsi fournir des critères qui non seulement interdisent d'appliquer la correspondance galiléenne sur lui, mais mettent en évidence des affirmations cachées. Ce qui peut demander une correction de la correspondance galiléenne.

3. PALIER QUANTIQUE

Le niveau empirique du palier quantique est constitué par des changements sur les objets. Ces derniers se trouvent sur le niveau théorique du palier précédant, sur le niveau empirique duquel les empreintes (d'une trace) d'un objet sont aussi reconnues par des changements. Le fait qu'une trace soit constituée de changements n'est donc pas spécifique du palier quantique. Au contraire, toute construction dans le réel, quantique ou non, doit être justifiée par des critères indépendants (autonomes) de la construction elle-même, sinon il ne s'agirait que d'une construction seulement formelle. L'autonomie du réel ne se manifeste que dans les changements. Il s'ensuit la nécessité de faire dépendre les constructions réelles des changements, qui ne sont connus que par constatation. D'où leur rôle dans l'identification des empreintes et des traces.

Les changements qui constituent une trace quantique ne permettent pas de dire qu'il y a un objet qui se déplace. En outre, les empreintes qui constituent une trace se réduisent aux points sur lesquels les changements ont lieu. Comme pour toute construction d'un niveau théorique, la structure du niveau théorique quantique n'est pas obtenue par simple transposition des structures du niveau empirique. Sa structure doit être reconstruite *ab ovo*. Un changement ne permet d'affirmer que l'existence d'une entité sur le niveau théorique, sans aucune autre spécification. Pour construire des spécifications, et en premier les structures de temps et d'espace, il faut considérer plus qu'un changement. Il en faut au moins deux. Ainsi les constituants les plus petits d'une trace quantique sera constitué par un couple de changements qui seront appelés *test*. Il ne suffit pas de considérer l'appareillage dont on pourrait affirmer (par abus) qu'il produit l'entité quantique. S'il faut au moins deux changements, il faut alors un critère pour dire que deux changements [rendus possibles par des constructions préalable mais qui n'en dérivent pas par implication ou par lien causal] constituent une trace, ce qui revient à rattacher aux deux changements une même entité théorique (*quantique*). Le critère fondamental est celui de la stabilité des tests dont les premiers changements ont une description commune. Sur un intervalle de temps T_ω il est possible de compter tous les tests, dont les premiers changements sont du même type, ensuite de compter les nombres de tests dont les deuxièmes changements sont du même type. Cela permet de construire des fréquences et de construire des critères permettant de dire que l'ensemble de ces tests est stable. (La stabilité est construite comme une distribution homogène.) La stabilité permet de construire la mesure appelée probabilité, dont la valeur joue le rôle de prévision pour les intervalles T_ω futurs. [Il ne s'agit ici que d'une allusion à la construction des notions citées.]

La correspondance fondamentale entre les structure spatiales et temporelles du niveau empirique et théorique quantiques est celle entre les changements eux-mêmes, qui permettent la construction. Les indices, sur le niveau empirique, sont constitués par des changements. Il leur correspond un changement sur le niveau théorique. Si les appareils sont au repos dans le laboratoire, on transpose non seulement la structure de contiguïté entre points de l'espace mais aussi les mesures. Il est alors possible de considérer une telle correspondance comme une identité d'espace et de temps. Cette condition est aussi celle pour la correspondance galiléenne. Mais est-ce que la correspondance dans le cas quantique (entre niveau empirique et niveau théorique) reste la correspondance galiléenne, lorsque l'appareillage est en mouvement ? En première approximation, on peut supposer que la correspondance entre objets reste galiléenne au niveau empirique. Mais qu'en est-il du niveau théorique ? La réponse ne peut pas être connue à priori, sinon on affirmerait que la description, qui permet de reconnaître les indices, est par elle-même pertinente. Ce qui s'opposerait à l'affirmation d'indétermination initiale de la construction du niveau théorique. Le critère est donc a posteriori, c'est-à-dire constaté. S'il n'y en a pas (si on n'en trouve pas), on peut effacer la différence entre les paliers. Il ne s'agirait plus d'un nouveau niveau théorique. Il ne s'agirait que de l'élargissement du premier niveau empirique.

[À remarquer que même la probabilité ne peut être transposée telle quelle, comme le montre l'expérience des fentes de Young. Sa transposition exige la construction de la fonction appelée densité de probabilité et celle de la notion de superposition.]

Il y a deux exigences. La première est celle de trouver un critère pour renoncer à ou corriger la correspondance galiléenne et la deuxième est celle de la construction de la correspondance elle-même.

A. Vitesses empiriques et théoriques

La construction qui fait apparaître un critère pour corriger la correspondance galiléenne est celle de la construction de la *vitesse* (sur le niveau) *théorique*. Il faut remarquer que rien ne se déplace dans les appareillages, il n'y a que des propagations (successions de changements) qui constituent les tests. Les emplacements des deux changements qui constituent un test permettent la mesure d'un segment et celle d'un intervalle de temps, et donc la construction d'une vitesse. Mais il faut remarquer que le premier changement n'est pas celui de l'émission. Il s'agit en revanche d'un changement qui *déclenche* l'émission (ce qui ne revient pas à dire que l'entité quantique soit *produite*). Mais l'émission n'est pas *vue,* ou *constatée* d'une autre façon. Si tel était le cas, il s'agirait non d'une émission mais d'une absorption. En revanche on peut admettre que l'absorption soit *vue*, c'est-à-dire qu'il s'agit d'une donnée. Il s'ensuit que la connaissance de l'emplacement de l'émission doit être construit. Cela dit aussi que la vitesse sur le niveau empirique doit être construite et ne coïncide pas avec celle déterminée par le changement (constaté) relié à l'émission et celui de l'absorption. La vitesse, qui sert d'indice pour construire la vitesse théorique, se trouve sur le niveau empirique, mais ne résulte pas directement des constatations des changements reliés à l'émission et de ceux qui constituent les absorptions. Elle exige une construction. En comparant les vitesses déterminées directement par les emplacements des changements constatés, et en variant les distance entre la source et l'écran, il est possible de déterminer la localisation (qui n'est pas une donnée) des émissions et de construire une vitesse, que l'on peut appeler *vitesse empirique*, les emplacements appartenant à l'espace empirique (car identifiables dans l'espace et le temps du niveau empirique). La vitesse empirique justifie l'attribution d'une vitesse théorique pour l'entité théorique. La construction de la vitesse empirique est plus complexe que celle d'un objet, mais ne fournit pas des critères pour dire qu'elle ne serait pas soumise à la correspondance galiléenne. En revanche, une telle soumission ne peut être transférée sans autre à la *vitesse* (au niveau) *théorique*. La connaissance du niveau théorique n'est pas la transposition de celle du niveau empirique, mais une nouvelle construction, justifiée par ce que l'on constate sur le niveau empirique.

Or l'expérience de Michelson-Morley montre que les constatations sur le niveau empirique, en l'occurrence le non-déplacement de franges d'interférence, justifient l'affirmation que la vitesse (théorique) d'un photon ne change pas, quelque soit la vitesse du laboratoire dans le référentiel solaire et quelle que soit sa position dans le laboratoire (terrestre). À remarquer que cette expérience n'est pas celle qui permet de mesure la vitesse théorique, elle ne permet que de constater son invariance. Ainsi nous n'avons pas une construction incohérente, mais une construction qui demande une autre procédure que celle de la transposition de la vitesse empirique sur le niveau théorique. L'existence d'une vitesse théorique est justifiée par celle d'une vitesse empirique, mais les mesure de cette dernière ne peuvent être transférées sans autre à la première. Il faut ainsi à la fois construire les relations entre les mesures sur le niveau empirique avec celles construite sur le niveau théorique qui lui correspond et en décrire la reconstruction par sujet, dans un autre monde (référentiel). C'est ce que propose la théorie de relativité.

B. Le principe de relativité est l'affirmation de l'invariances des stabilités

On suppose la construction des horloges, qui sont de appareillages, dont les processus présentent entre eux une correspondance stable.

Les mesures que l'étalons permet dans un laboratoire ne varient pas, quelle que soient la vitesse du laboratoire.

C'est la permanence de cette stabilité qui constitue le principe dit de relativité. La stabilité est constatée à l'intérieur d'un monde (laboratoire), sans tenir compte des relations de ce monde avec d'autres. Le principe de relativité est une sorte d'affirmation d'inertie de cette stabilité. Admettre une rupture de la stabilité, c'est admettre une variation imprévue du laboratoire ou du monde qui l'entoure é l'instar de la vitesse d'un objet *libre* qui ne varie que s'il y a un changement non prévue par cette vitesse.

Dans chaque laboratoire, la mesure de la vitesse théorique des photons, construites sur les constatations es objets solidaires du laboratoire, est toujours la même quelle que soit la vitesse du laboratoire.

La tâche est double :

1. Il faut construire la correspondance entre les mesures empiriques et les mesures théoriques à l'intérieur d'un laboratoire *Lm* et
2. Construire la description d'une telle construction dans *Lm*, mais à partir d'un laboratoire *Ls*, dans lequel le laboratoire *Lm* est en mouvement.

Dans *Ls*, la correspondance entre niveau empirique et niveau théorique comporte aussi l'identité des mesures. Si on ne considère que le laboratoire *Lm*, c'est-à-dire que toutes les mesures sont effectuées en lui, il n'y a pas une situation qui exigerait de ne pas recourir à la correspondance galiléenne. Cette exigence n'apparaît que pour un sujet, autre que l'observateur.

Qu'en est-il si un laboratoire est en mouvement dans mon espace, dans mon laboratoire *Ls* ? Un photon est identifié par deux changements, l'émission et l'absorption. Le changement qui est relié à l'émission a lieu sur un appareillage que j'identifie comme étant un de mes objets. Mais les deux changements, sont indépendants du déplacement des objets, qui constituent le laboratoire (monde) d'un observateur. Ainsi leurs emplacements ne se déplacent pas. Tel est le cas aussi pour l'observateur, mais les objets qui lui permettent de construire son référentiel, dans lequel il ne se déplace pas, sont en mouvement dans mon monde. On est induit à parler de déplacement des changements car les objets, sur lesquels ils ont lieu, se déplacent. Mais ce n'est que la construction de l'emplacement des changements qui change. Je dispose ainsi de deux constructions d'emplacements mais d'un seul couple de changements

À ces deux constructions d'emplacements, je peux faire correspondre deux photons. Mais je peux affirmer plus que la correspondance. Le fait que les deux photons ne soient des objets ni dans *Ls* ni dans *Lm* me permet de considérer qu'il s'agit d'un seule et même photon, comme il ne s'agit que d'un seul couple de changements. Il faut remarquer que ni pour moi ni pour l'observateur, les deux changements se meuvent. Ainsi, l'affirmation de l'unicité du photon est compatible avec l'affirmation qu'il existe, pour moi, deux descriptions différentes, qui permettent l'affirmation de l'existence d'un même (et unique) photon. Mon couple de changements ne dépend pas du laboratoire, mais exige seulement deux objets, sur le premier à lieu le premier changement sur le deuxième, l'autre des deux changements qui constituent un test. Leurs emplacements ne se meuvent pas. L'exigence est la même aussi pour le laboratoire *Lm*. Mais dans *Lm* il faut exiger l'immobilité des appareillages pour que l'on puisse dire qu'il s'agit d'un photon. Mais il reste toujours possible, pour le sujet, de ne considérer que les deux descriptions des emplacements. Il faut seulement que chaque description d'un couple de changements permette d'affirmer l'existence d'un photon. Ce qui se déplace ce sont les objets et ce que l'on cherche à construire ce sont les deux prévisions de l'emplacement de l'absorption. Ces constructions sont faites dans chaque laboratoire en partant des emplacements construit en lui. Elles sont ainsi différentes, et peuvent être considérée l'une indépendamment de l'autre.

J'ai ainsi l'identifications d'un photon dont l'existence est affirmée par deux constructions différentes, et la constatation que la mesure de la vitesse des photons ne change pas d'un laboratoire à l'autre, quelle que soit la vitesse de *Lm* en relations à *Ls*. Il me manque la correspondance entre les deux constructions.

Ce n'est qu'en réalisant cette correspondance, que je peux connaître ce qui doit être changé dans la correspondance galiléenne.

La construction concerne la construction de mesures. Il faut ainsi commencer pour préciser ce qu'une mesure présuppose.

C. Pondérations

Les mesures dont il faut considérer les constructions dans les deux laboratoires présupposent une horloge et un étalon dans chacun d'eux. Leur construction est fondée sur la stabilité dans la correspondance entre processus. Cette correspondance persiste dans *Lm*, quelque soit sa vitesse. Mais lorsque *Lm* est au repos dans *Lm*, il y a correspondance aussi entre les horloges et les étalons des deux laboratoires. Si *Lm* se meut, la correspondance entre les processus qui constituent l'horloge et l'activité de mesure avec un étalon persistent. Cette correspondance persiste dans un laboratoire, quel que soit son mouvement par rapport à un autre. Alors qu'est-ce qui peut changer entre les deux laboratoires en fonction de leur vitesse réciproque ? C'est la valeur de la mesure attribuée aux saccades de l'horloge et à l'étalon de l'autre. Les valeurs (de la mesure) attribuées aux saccades de l'horloge et à l'étalon seront appelées de *pondérations*. Ainsi, les pondérations de l'horloge et de l'étalon solidaires d'un laboratoire, qui permettent les mesures effectuées en lui, sont invariantes. Autant en *Ls* qu'en *Lm*. Ce qui change ce sont les pondérations que le *sujet* doit attribuer aux saccades et à l'étalon du laboratoire *Lm* de l'*observateur*, bien que ces pondérations soient invariantes pour l'observateur en *Lm*.

Dans mon laboratoire, mes pondérations sont arbitraires. Par commodité je donne la valeur 1 à la mesure de l'étalon, quelle que soit sa position, et aussi la valeur 1 à la mesure de chaque saccade de l'horloge. C'est à partir de ces pondérations que je dois construire les pondérations que j'attribue au laboratoire *Lm*.

D. Aspect discret des mesures

De tout temps il a été admis que toute mesure à une 'limite' de précision. Elle était conçue comme une limitation pour l'homme dans son approche des déroulements réels qui étaient censés être continus : natura non facit saltus. Dans le constructivisme, la thèse d'une continuité dans les processus de la réalité *en soi*, au-delà de nos limites est considérée comme non justifiée. La construction commence avec un niveau empirique initial qui est discret, voire fini. Les notions d'infini et de continu sont des constructions formelles. Elles ne peuvent être des données. En revanche leur utilisation dans la construction des connaissance réelles peut être justifiée surtout si elle permet la prévision. Tel est particulièrement le cas du calcul intégral. Mais cette utilisation peut devenir non pertinente et être refusée si un critère surgit, comme lors de la catastrophe de l'ultraviolet (M. Planck). La construction proposée ici, ne recours pas à la notion de continuité.

E. Fixation de la nouvelle correspondance

Les deux paramètres sont la distance d (mesurée au repos de *Lm* dans *Ls*) entre la source (émission) et l'écran (absorption) et la vitesse v_r du laboratoire *Lm* dans *Ls*. En fixant la distance d (au repos), la prévision galiléenne de l'emplacement de l'absorption ne dépend plus que de la vitesse v_r. Que la construction soit galiléenne ou non, elle est construite en *Ls* en mesurant le temps avec l'horloge et l'étalon qui lui sont solidaires. Quelle que soit la mesure l d'un segment, si un intervalle de temps t lui est associé, on peut construire, d'une façon univoque une vitesse $v = l/t$. Si l est fixée, la variation de v_r détermine celle de t, et vice-versa. Ainsi, si la valeur du paramètre t est fixée, à la place de considérer les variations du paramètre v_r, il est possible de considérer celles du paramètre t. Toutefois, il faut remarquer qu'il y a le mouvement de deux objets, et la correspondance galiléenne est faites en admettant l'invariance de d dans le laboratoire *Ls*. Or la correspondance galiléenne est construite en ne considérant que le mouvement d'un seul et même objet, qui peut être considéré comme ponctuel. Ainsi elle ne détermine pas ce qui se passe pour cette distance, car on ne peut rendre ponctuel un laboratoire, la distinction entre émetteur et écran ne pouvant pas être effacée.

Je ne peux connaître les saccades de l'horloge solidaire de *Lm* qu'avec des changements dans mon monde et donc avec mon horloge. Pour moi, il n'y a qu'en temps, des processus dans un laboratoire sont des horloges dans un laboratoire, si et seulement si leurs saccades sont synchrones. Mais des processus peuvent garder cette synchronie entre eux, tout en la perdant avec d'autres processus. Ainsi, si les horloges d'un laboratoire restent synchrones, cela n'implique pas que cette synchronie persiste avec les horloges de mon laboratoire, si la vitesse relative change.

Dans *Ls* il n'y a qu'un temps.

La mesure d'un intervalle de temps, lorsqu'elle est effectuée avec l'horloge (que j'identifie) dans *Lm*, sera symbolisée par τ, et par t lorsqu'elle est effectuée par mon horloge (dans *Ls*). De même la mesure d'un segment, sera symbolisée par d lorsqu'elle est effectuée avec mon étalon et pas δ lorsqu'elle est effectuée dans *Lm* avec son étalon. Ce qu'il faut déterminer est la mesure de $\mu_\tau(\varDelta t) = \tau$, en partant de la mesure $\mu_t(\varDelta t) = t$, effectuée dans *Ls*. Dans chacun des deux laboratoires, cette mesure est aussi celle du niveau théorique, car le niveau théorique est solidaire (au repos) avec chacun des laboratoires. Mais ici il s'agit de construire la relation entre les deux constructions. La correspondance est construite d'abord pour les mesures de temps, car une fois construite, on peut construire les mesure spatiales correspondante à d et à δ en utilisant l'invariance de la mesure c de la vitesse (théorique) des photons. On aura ainsi $d = ct$ et $\delta = c\tau$. Cela permet de restreindre la construction à celle entre les mesures t et τ.

$\mu_\tau(\varDelta t) = \tau = f_3(d\,; t)$ où t est le moment d'absorption du photon et d sa localisation (distance entre émission et absorption).

Cette application (fonction) doit valoir aussi lorsque *Lm* est au repos dans *Ls*. Cela implique que $f_3(d\,; t)$ doit être linéaire car les mesures sont identiques dans ce cas. La linéarité de f_3 peut s'exprimer comme suit :

$\mu_\tau(\Delta t) = f_3(d\,;t_1) = f_1(d) + f_2(t_1)$les deux fonctions $_1(d)$ et $f_2(t_1)$ étant aussi linéaires. Ce qui permet d'écrire :

Règle RIST (Règle d'Interprétation Spatiale et Temporelle)

$$\mu_\tau(\Delta t) = \tau = f_3(d\,;t) = f_1(d) + f_2(t) = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t$$

Si d est fixé, les deux facteurs $\chi_{\tau e}$ et $\chi_{\tau t}$ ne varient plus qu'avec v_r. On a ainsi deux applications (fonctions) $\chi_{\tau e}(v_r)$ et $\chi_{\tau t}(v_r)$.

Le problème devient celui de la détermination de ces deux facteurs de linéarité. Il y a deux cas fondamentaux :

1. $v_r = 0$ *Lm* est au repos dans *Ls*. Dans ce cas il y a correspondance entre les mesures des deux niveaux empiriques et des deux niveaux théoriques. Cela impose de poser :
   $\chi_{\tau e} = 0$
   $\chi_{\tau t} = 1$
   $\mu_\tau(\tau_1) = f_3(d\,;t_1) =$
   $f_1(d) + f_2(t_1) = 0d + 1t_1 = t_1$
2. $v_r \neq 0$
   $\mu_\tau(\tau_1) = f_3(d\,;t_1) = f_1(d) + f_2(t_1) = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t_1$

Le problème est de déterminer les deux facteurs $\chi_{\tau e}$ et $\chi_{\tau t}$. Un seul déroulement ne permet pas de construire suffisamment d'équations pour les déterminer. En exigeant l'identification des photons (entre *Ls* et *Lm*) on obtient des contraintes que l'on peut exprimer par des équations. On considère ainsi plusieurs photons.

Un premier émis selon la direction de v_r, et un deuxième qui peut être considéré comme la réflexion du premier par un miroir qui remplace l'écran (placé pour le premier photon). S'il est justifié de considérer que le deuxième est la réflexion du premier, il s'agit alors d'un seul (un troisième) photon dont l'émission et l'absorptions ont la même localisation dans *Lm*, mais pas dans *Ls*. Nous avons ainsi que dans *Lm* la distance entre émission et absorption est nulle dans le cas de la réflexion d'un seul photon. Nous avons ainsi trois photons, la description du troisième étant obtenue au moyen de la description du premier et du deuxième.

Une situation similaire comporte un miroir, placé sur une droite perpendiculaire à la direction de la vitesse v_r. Ici aussi nous avons trois photons, la description du photon réfléchi étant construite à partir de celles des photons correspondant aux deux trajets (aller-retour).

Il est alors possible d'exprimer une contrainte supplémentaire, en imposant que les deux distances soient identiques.

Photon émis selon la direction et le sens de v_r

La mesure de la distance entre émetteur et détecteur, solidaire du laboratoire *Lm*, est de d lorsqu'il est au repos dans *Ls*. L'émetteur et l'écran ont ainsi la même vitesse v_r que *Lm*.

L'emplacement de l'émission est choisi comme origine des mesures à la fois pour *Ls* que pour *Lm*. S'agissant d'un changement, l'emplacement en *Lm* est identifié par celui en *Ls* (connu par constatation), avec valeur (0 ;0 ;0 ;0) pour les deux référentiels.

À l'origine nous avons :

$$\tau_0 = f_3(0\,;0) = f_1(0) + f_2(0) = \chi_{\tau e}0 + \chi_{\tau t}0 = 0.$$

Quelle que soi l'emplacement de l'absorption, il s'agira d'un changement, celui dans *Ls* permettant d'identifier celui en *Lm*. Lorsque *Lm* est au repos dans *Ls*, j'ai $d = \delta$.

En utilisant la correspondance galiléenne et en admettant d invariant, je peux calculer le moment t_1 de l'absorption. La valeur de τ_1 est établie par RIST.

$$\tau_1 = f_3(d\,;t_1) = f_1(d) + f_2(t_1) = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t_1 = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}\frac{d}{(c - v_r)}.$$

Le deuxième photon est émis de la même source, mais dans le sens opposé, la vitesse v_r étant la même. Par commodité dans l'écriture, nous admettons que les emplacements de l'émission du deuxième photon soient respectivement $(0\,;0\,;0\,;t_1)$ et $(0\,;0\,;0\,;\tau_1)$, où τ_1 est identifié par t_1.

$$c(t_2 - t_1) = d - v_r(t_2 - t_1)$$
$$d = c(t_2 - t_1) + v_r(t_2 - t_1)$$
$$(t_2 - t_1) = \frac{d}{(c + v_r)}$$

Nous pouvons considérer un troisième photon, dont le processus d'aller est celui du premier photon et le parcours de retour est celui du deuxième photon. Ainsi l'écran joue le rôle de miroir. Cela est justifié s'il n'y a qu'un photon émis et que l'on constate l'invariance de c sur le *trajet* du troisième photon. Dans ce cas $t_2 = t_1 + (t_2 - t_1)$, d'où :

$$t_2 = \frac{d}{(c - v_r)} + \frac{d}{(c + v_r)}$$
$$t_2 = \frac{d}{(c - v_r)} + \frac{d}{(c + v_r)}$$

Nous obtenons alors :

$$\tau_2 = f_3(d\,;t_2) = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t_2$$

Mais pour ce troisième photon $d = 0$, car l'absorption à lieu sur l'appareil qui joue le rôle de source. Cette affirmation ne va pas de soi. En effet dans *Ls* l'émetteur change de localisation. Alors que signifie la distance d et sa mesure. Si d exprimait la distance entre les localisations d'émission et d'absorption, sa mesure dépendrait du laboratoire. Ainsi d est une mesure admise comme celle qui sépare deux objets, qu'ils soient au repos ou en mouvement. Ainsi, elle vaut 0 pour les deux laboratoires.

$$\begin{aligned}\mu_\tau(\tau_2) = f_3(d\,;t_2) = &\\ &\chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t_2 = \\ &\chi_{\tau e}0 + \chi_{\tau t}\left[\frac{d}{(c-v_r)} + \frac{d}{(c+v_r)}\right] \\ &= \chi_{\tau t}\left[\frac{d}{(c-v_r)} + \frac{d}{(c+v_r)}\right].\end{aligned}$$

Dans *Lm*, on $\tau_2 = 2\tau_1$ et donc :

$$\begin{aligned}2\left[\chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}\frac{d}{(c-v_r)}\right] &= \chi_{\tau t}\left[\frac{d}{(c-v_r)} + \frac{d}{(c+v_r)}\right] \\ 2\left[\chi_{\tau e} + \chi_{\tau t}\frac{d}{(c-v_r)}\right] &= \chi_{\tau t}\left[\frac{1}{(c-v_r)} + \frac{1}{(c+v_r)}\right] \\ 2\chi_{\tau e} &= \chi_{\tau t}\left[\frac{1}{(c-v_r)} + \frac{1}{(c+v_r)}\right] - \frac{2\chi_{\tau t}}{(c-v_r)} \\ 2\chi_{\tau e} &= \chi_{\tau t}\left[\frac{1}{(c-v_r)} + \frac{1}{(c+v_r)}\right] \\ 2\chi_{\tau e} &= \chi_{\tau t}\frac{(c+v_r)+(c-v_r)-2(c+v_r)}{(c^2-v_r^2)} \\ 2\chi_{\tau e} &= \chi_{\tau t}\frac{(-2v_r)}{(c^2-v_r^2)} \\ \chi_{\tau e} &= \chi_{\tau t}\frac{(v_r)}{(v_r^2-c^2)}\end{aligned}$$

Cette équation restreint la recherche au seul facteur $\chi_{\tau t}(v_r)$. Nous obtenons une première détermination de τ_1 :

$$\tau_1 = \chi_{\tau e} d + \chi_{\tau t} t_1 = \chi_{\tau t} d \left[\frac{(v_r)}{(v_r^2 - c^2)} \right] + \chi_{\tau t} t_1$$

$$\tau_1 = \chi_{\tau t} \left[\frac{(v_r d)}{(v_r^2 - c^2)} + t_1 \right]$$

[1]

$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r) \left[t_1 - \frac{(v_r d)}{(c^2 - v_r^2)} \right]$$

Cette expression est la même que chez Einstein. Il écrit : $a\frac{t - vx'}{(c^2 - v_r^2)}$ où $x' = d$ et $a = \chi_{\tau t}(v_r)$.

Il nous reste à calculer la mesure δ.

Dans *Lm*, on doit avoir :

1. $\delta = c\tau_1$ et donc

2. $\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\left[t_1 - \frac{(v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}\right]$

Mais nous voulons exprimer δ en fonction de d seulement, lorsque la valeur de v_r est fixée. J'ai $t_1 = \frac{d}{(c-v_r)}$

$$\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\frac{t_1(c^2 - v_r^2) - (v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}$$

$$\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\frac{\frac{d(c^2-v_r^2)}{(c-v_r)} - (v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}$$

$$\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\frac{d(c + v_r) - (v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}$$

$$\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\frac{d(c + v_r - v_r)}{(c^2 - v_r^2)}$$

$$\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\frac{d(c + v - v)}{(c^2 - v^2)}$$

$$\delta = c\chi_{\tau t}(v_r)\frac{dc}{(c^2 - v_r^2)}$$

[2]

$$\delta = \chi_{\tau t}(v_r)\frac{c^2}{(c^2 - v_r^2)}d = \chi_{\tau t}(v_r)\frac{c^2}{c^2(1 - \frac{v_r^2}{c^2})}d = \chi_{\tau t}(v_r)\frac{1}{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}d$$

$$\delta = \chi_{\tau t}(v_r)\frac{1}{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}d$$

Si l'on change d'écriture en posant :

$$\beta = \frac{1}{\sqrt{(1 - \frac{v_r^2}{c^2}}}, \text{ et donc :}$$

$$\beta^2 = \frac{1}{\frac{1-v_r^2}{c^2}}, \text{ on obtient :}$$

$$\delta = \chi_{\tau t}(v_r)\beta^2 d$$

Il reste à déterminer le facteur $\chi_{\tau t}$, dépendant de v_r. On peut le déterminer en l'exprimant dans une autre construction que l'on peut comparer à celle-ci.

F. Émission non parallèle à la direction de v_r

Pour l'émission de ce quatrième photon on place le récepteur sur une droite perpendiculaire à la direction de v_r. Le tout est solidaire de *Lm* et donc le récepteur se meut avec la même vitesse que l'émetteur et en gardant son orthogonalité et sa distance dans *Lm*. Dans *Ls*, le quatrième photon est émis de façon à atteindre ce récepteur (cible mobile). La vitesse v_r est supposée connue ainsi que la distance z entre émetteur et récepteur. Dans *Lm*, le photon est émis selon une direction orthogonale à la direction de v_r.

La procédure galiléenne construit sa prévision en considérant un triangle rectangle, dont l'hypoténuse h est le segment (droit) dont une extrémité est la localisation de l'émission et l'autre, la localisation de l'impact avec la cible en mouvement. À ce segment est relié un temps t_y avec la contrainte $h = ct_y$. La longueur b du cathète gisant sur la direction de v_r sera $b = v_r t_y$. La mesure du cathète orthogonale à la direction de v_r sera z. La prévision du moment t_y est construite par l'équation $(ct_y)^2 = (v_r t_y)^2 + d^2$. Elle détermine t_y ainsi que l'angle sous lequel le photon doit être émis. Les valeurs $(v_r t_y\ ; d)$ déterminent la localisation de la prévision de cet absorption.

Si le premier et le quatrième photons sont émis simultanément par la même source (même localisation et donc même emplacement), et si $d \geq z$, on a $t_y < t_1$, où t_1 est la mesure (en *Ls*) du moment d'absorption du premier photon. Si $d = z$ on a encore $t_y < t_1$, tandis que dans *Lm* on a $\tau_y = \tau_1$. Mais au photon dans *Ls* correspond un photon dans *Lm*, et pour ce photon on a $\tau_y = \tau_1$, c'est-à-dire $t_y < t_1$ et $\tau_y = \tau_1$. C'est le paradoxe dit des jumeaux. Mais ce paradoxe fournit un critère pour corriger la prévision galiléenne, ce qui permet de le résoudre. Dans la construction galiléenne on a :

$$t_y = \frac{z}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}}$$

Comment construire τ_y ?

Je peux imposer $z = d$. Toutefois, dans la construction avec des photons parallèles à la direction de v_r, pour appliquer la règle RIST nous avons dû obtenir le cas où $d = 0$. Cela a été possible, comme pour les émissions parallèles à v_r, en considérant les deux processus d'aller et retour, réunis dans un seul processus de réflexion.

Considérons alors le processus de retour. Nous avons $(ct_r)^2 = (v_r t_r)^2 + z^2$. Il s'ensuit $t_r = \frac{z}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}}$. On a bien que dans *Ls* aussi les intervalles de temps pour l'aller et le retour sont identiques : $ty = t_r$.

On a, pour le temps d'aller et retour t_{ar}, $t_{ar} = 2t_y = \frac{2z}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}}$ avec $z = d$. Mais pour le processus d'aller-retour nous avons $d = 0$.

Ainsi la règle RIST devient :

$\tau_{y/ar} = 0 + \chi_{\tau t}\frac{2y}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}} = \chi_{\tau t}\frac{2y}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}}$, ce qui donne :
$\tau_y = \chi_{\tau t}\frac{y}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}}$, c'est-à-dire
$\tau_y = \chi_{\tau t}\frac{y}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}} = \chi_{\tau t}t$.

Selon RIST, il faut écrire :

$$\mu_\tau(\tau) = f_3(d\,; t) = f_1(d) + f_2(t) = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t$$

Mais pour l'aller $d = z \neq 0$. Il s'ensuit :

$$\chi_{\tau t}t = \chi_{\tau e}d + \chi_{\tau t}t$$
$$\chi_{\tau e}d = 0$$
$$\chi_{\tau e} = 0$$

Cela permet de calculer la mesure η, correspondante à z :

$$\zeta = c\tau_y = c\chi_{\tau t}\frac{z}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}}.$$

Nous pouvons reprendre les écritures :

$$\frac{1}{1 - \frac{v_r^2}{c^2}} = \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}}\,\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}} \text{ et}$$
$$\beta \text{ à la place de } \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}} \text{ et}$$
$$\varphi(v_r) \text{ à la place de } \chi_{\tau t}(v_r)\frac{1}{\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}}$$

On obtient :

$$\zeta = c\chi_{\tau t}\frac{z}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}} = c\chi_{\tau t}\frac{z}{c\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}} = \chi_{\tau t}\frac{z}{\sqrt{1 - \frac{v_r^2}{c^2}}} = \varphi(v_r)z$$
$$\zeta = \varphi(v_r)z \text{ (la même expression que chez Einstein).}$$

Et donc :

[4]

$$\zeta = \varphi(v_r)y = \varphi(v_r)d$$

Détermination du facteur $\varphi(v_r) = \frac{\chi_{\tau t}}{\sqrt{\frac{1-v_r^2}{c^2}}}$

Le facteur $\varphi(v_r)$ dépend de v_r, car v_r figure dans son expression, mais aussi parce que $\chi_{\tau t}$ dépend de v_r. Fixons $v_r = 0$. On a :

$$\varphi(v_r) = \frac{\chi_{\tau t}}{\sqrt{1-\frac{v_r^2}{c^2}}} = \frac{\chi_{\tau t}}{\sqrt{\frac{1-0}{c^2}}} =$$
$$\frac{\chi_{\tau t}}{\sqrt{1}} = \chi_{\tau t} \text{ et } \tau_1 = \frac{\chi_{\tau t} z}{\sqrt{(c^2 - v_r^2)}} = \chi_{\tau t} z.$$

Nous pouvons aussi considérer le cas $d = z = 0$. La règle RIST fixe : $\tau_1 = f_3(d\,;t_1) = f_1(d)+f_2(t_1) = \chi_{\tau e}d+\chi_{\tau t}t_1 = \chi_{\tau e}0+\chi_{\tau t}t_1 = \chi_{\tau t}t_1$.

Or, pour la valeur $v_r = 0$, la jauge fixe $\tau_1 = f_3(0\,;t_1) = t_1$. Il s'en suit $\chi_{\tau t}t_1 = t_1$ et finalement $\chi_{\tau t} = 1$ et finalement $\varphi(v) = 1$.

Mais ce résultat ne vaut que pour le cas $v_r = 0$.

4. GÉNÉRALISATION

Considérons deux valeurs z et z' quelconque avec $z' = kz$:

$$z' = kz \longrightarrow \zeta' = k\zeta \quad \text{et donc} \quad \frac{z'}{z} = k = \frac{\zeta'}{\zeta}.$$

Il faut un lien entre z et z' d'une part et v_r et v_r' d'autre part. Le lien est établi en fixant que le temps est le même. Dans ce cas, les variations des vitesses ne dépendent que de celles de $d(= z)$ et vice-versa.

$$\zeta' = \varphi(v_r')y' \text{et} \zeta = \varphi(v_r)y$$

Il en dérive :

$$k = \frac{\zeta'}{\zeta} = \frac{\varphi(v_r')z}{\varphi(v_r)z} = \frac{\varphi(v_r')kz}{\varphi(v_r)z} = \frac{\varphi(v_r')k}{\varphi(v_r)}, \text{ d'où :}$$

$1 = \frac{\varphi(v_r)'}{\varphi(v_r)}$ et $\varphi(v_r)' = \varphi(v_r)$. On a ainsi : $\varphi(v_r = 0) = 1 \longrightarrow \varphi(v_r) = 1$ quelle que soit la vitesse $v_r \neq 0$. Nous pouvons finalement écrire : $1 = \varphi(v_r) = \chi_{\tau e}(v_r)\frac{1}{\sqrt{1-\frac{v_r^2}{c^2}}}$ d'où : $\chi_{\tau t}(v_r = \sqrt{\frac{1-v_r^2}{c^2}} = \frac{1}{\beta}$.

Nous obtenons ainsi :

$$[3]\zeta = \varphi(v_r)y = \varphi(v_r)d = z$$
$$\delta = \chi_{\tau t}(v_r)\beta^2 d = \frac{1}{\beta}\beta^2 d = \beta d$$

J'ai raisonné en considérant la distance entre émetteur et écran. Et c'est elle qui compte. Maintenant cette distance, je peux l'exprimer comme $d = X - vt$. Mais les deux expressions donnent la même valeur de mesure spatiale. Je peux ainsi effectuer la substitution.

Pour τ, on obtient :

$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[t_1 - \frac{(v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}\right]$$
$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[\frac{(c^2 - v_r^2)t_1 - (v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}\right]$$
$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[\frac{1}{(c^2 - v_r^2)}\right]\left[(c^2 - v_r^2)t_1 - (v_r d)\right]$$
$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[\frac{1}{(c^2 - v_r^2)}\right]\left[(c^2 t_1) - v_r^2 t_1 - (v_r(X - v_r t_1))\right]$$
$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[\frac{1}{(c^2 - v_r^2)}\right]\left[c^2 t_1 - v_r^2 t_1 - v_r X + v_r^2 t_1\right]$$
$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[\frac{1}{(c^2 - v_r^2)}\right]\left[c^2 t_1 - v_r X\right]$$
$$\tau_1 = \chi_{\tau t}(v_r)\left[\frac{c^2}{(c^2 - v_r^2)}\right]\left[t_1 - v_r \frac{X}{c^2}\right]$$
$$\tau_1 = (\frac{1}{\beta})(\beta^2)\left[t_1 - v_r \frac{X}{c^2}\right]$$
$$\tau_1 = \beta\left[t_1 - v_r \frac{X}{c^2}\right]$$

C'est dans *Ls* que la distance vaut δ, dans *Lm* elle reste invariante et identique à celle construite au repos et continue de valoir d, pour l'observateur solidaire de *Lm*. Il en va de même pour le temps. C'est dans *Ls* que sa mesure vaut τ.

Dans *Ls* on a ainsi :

$$\zeta = \varphi(v_r)y = \varphi(v_r)d = z$$
$$\delta = \beta d = \beta(X - vt)$$
$$\tau_1 = (\frac{1}{\beta})\left[t_1 - \frac{(v_r d)}{(c^2 - v_r^2)}\right] = \beta\left[t_1 - v_r\frac{X}{c^2}\right]$$

Dans *Lm* on a d invariant et $t_m = d/c$.

Reste la correction à apporter à la correspondance galiléenne. Où cela apparaît ?

Le paradoxe est constitué par les deux affirmations $t_y < t_1$ et $\tau_y = \tau_1$. Or $\tau_y = \tau_1$ implique $t_y = t_1$, ce qui ne correspond pas la construction galiléenne. La présupposition suspecte dans de la correspondance galiléenne est celle de l'invariance des mesures des objets. Cette invariance ne dérive pas de la correspondance galiléenne.

La correspondance par RIST, nous donne les mesures que le sujet doit attribuer au niveau théorique construit dans *Lm*. Nous avons pourtant, d'une part, que les mesures du niveau empirique en *Lm* sont les même que celles construites pour son niveau théorique. D'autre part, en restant sur son niveau empirique, c'est-à-dire sans considérer le niveau où se trouve le photon, la correspondance galiléenne reste valable et c'est avec elle que la description du niveau empirique de *Lm* a été construite. Il y a correspondance sur ce niveau. Mais le niveau empirique de *Lm* change avec la vitesse. Il changera aussi pour *Ls*. La distance d est contracté dès le début. Ainsi la construction n'est pas à effectuer avec $vt + d$ mais avec $vt + \beta d$. On a ainsi avoir $\frac{(vt+\beta d)}{t} = c$ et donc $vt + \beta d = ct$. Mais $ct =$ hypoténuse. Il y a ainsi simultanéité aussi dans *Ls*. Cette correction ne peut être faite avant d'avoir construit la correspondance entre niveaux empirique et niveau théoriques. Il faut commencer avec la correspondance galiléenne, pour l'établir, ce qui permettra de corriger la supposition admise tacitement.

5. CAS PARTICULIERS DE SIMULTANÉITÉ ET RELATIVITÉ GÉNÉRALE

Pour décrire ces cas, je peux considérer une cage comme celle considérée par Einstein pour sa construction de la relativité générale. Si deux rayons sont admis à partir d'un angle selon les deux côtés qui y arrivent. Quel que soit la vitesse de la cage, leurs absorptions seront simultanées. Tel est aussi le cas si les deux rayons sont émis selon la diagonale. S'ils sont émis avec le même angle, par rapport à la diagonale, leurs absorptions seront aussi simultanées. C'est dire que l'argumentation d'Einstein est déjà pertinente pour la relativité restreinte. Pour joindre les deux relativités, il faut montrer comment la situation admise pour la relativité restreinte se retrouve dans la relativité générale. Or cela est rendu possible par l'aspect quantique (discret) de la construction de la relativité restreinte, comme chapitre de la théorie de la mesure quantique.

La connexion est fondée sur le fait que dans un quantum d'espace et un quantum de temps, on ne peut mesurer qu'une vitesse (dite) moyenne. C'est dire que la vitesse est constante dans un quantum spatial et un quantum temporel. Ainsi la relativité restreinte s'applique pour tous les quanta de temps ou d'espace. Il faut ainsi construire une structure spatio-temporelle en partant des quanta, pour obtenir le cas général dans lequel d'un quantum à un autre il y a changement de vitesse (accélération). C'est ce que je te propose dans la prochaine lettre.

6. REFORMULATION DI PRINCIPE DE RELATIVITÉ

La construction comporte une incohérence car d'un côté je dis que le sujet reconstruit les mesures effectuées par l'observateur, ce qui abouti à la mesure δ pour la distance entre source et écran. Or je dis aussi que cette mesure reste d, si elle est effectuée en *Lm*. Je dois ainsi chercher ce que je dois changer dans la formulation de ce principe.

De tout cœur
Giorgio