

Une hypothèse cinématique comme base d'une théorie unitaire

par
Jean-François LABOPIN

Résumé. Les connaissances actuelles suggèrent une remise en question de la notion de repérage physique et une définition quanta-gravitationnelle (i.e. unitaire) de l'espace-temps. Cet espace-temps unitaire contient l'espace-temps de la relativité restreinte comme cas limite. Un élément sous-jacent de cette définition unitaire est le produit hG , où h est la constante de Planck et G la constante de la gravitation. Formellement, on peut passer de la définition unitaire à la définition relativiste en faisant $hG \rightarrow 0$. L'approximation $hG = 0$ cache un espace-temps inversement homogène à l'espace-temps de la relativité restreinte : l'espace-temps relativiste est seulement la moitié de l'espace-temps unitaire. Cette conception unitaire de l'espace-temps est en accord avec l'ensemble des observations faites jusqu'ici et elle explique comment la moitié de l'espace-temps a pu être jusqu'ici négligé.

Introduction

Avec la relativité restreinte, la mécanique classique est apparue comme un cas limite et l'on peut passer formellement de celle-là à celle-ci en faisant $c \rightarrow \infty$, où c est la vitesse de la lumière [1]. Brièvement dit, avant la relativité restreinte on faisait implicitement l'approximation $c = \infty$. Cette approximation est possible dans certaines circonstances mais elle n'est vraiment légitime qu'à condition qu'elle soit faite en toute connaissance de cause. Ceci n'a pas été le cas durant plus de deux siècles, notamment du fait d'un pouvoir d'investigation expérimental insuffisant. Nous allons montrer que l'on peut être actuellement dans une situation tout à fait analogue.

Induction et énoncé d'une hypothèse cinématique unitaire

Une recherche actuelle importante en physique fondamentale est celle d'une unification « simple, natu-

relle et précise » de la mécanique quantique et de la relativité générale [2]. Ces deux théories sont respectivement associées aux constantes fondamentales dynamiques h , constante de Planck, et G , constante de la gravitation [3-1]. Ces deux constantes ne sont pas fondamentalement présentes en relativité restreinte [1-4]. Dans la recherche d'une union la plus fondamentale possible des notions quantique et gravitationnelle, nous sommes partis de l'hypothèse générale, suggérée en particulier par le caractère cinématique du produit hG , que ces notions sont d'emblée présentes dans l'espace-temps, c'est-à-dire présentes dès les fondements de la cinématique et d'une mécanique restreinte aux référentiels galiléens. Cette hypothèse générale nous a conduit à la préciser de la façon suivante.

La cinématique, faisant appel aux deux notions d'espace et de temps, suggère de lui associer par hypothèse A' non la seule constante fondamen-

tale cinématique c mais deux constantes fondamentales cinématiques indépendantes, ou, plus généralement, deux combinaisons indépendantes de ces deux constantes. Soit b et c ces deux constantes ou combinaisons fondamentales cinématiques. Posons $c = X/Y$ et $b = X^*Y^*$ ($y \neq -x$) où X et Y sont deux constantes fondamentales, respectivement une longueur et un temps. Cette hypothèse doit alors être précisée de façon à expliquer la transparence expérimentale actuelle de la non validité ainsi supposée de la cinématique relativiste. On peut remarquer alors d'une part que des doubles approximations telles que $X = \infty$ et $Y = \infty$ ou bien $X = 0$ et $Y = 0$ n'affectent pas nécessairement c , et d'autre part que les longueurs et durées mesurées jusqu'ici restent très supérieures à

$$L_p = \sqrt{\frac{hG}{c^3}} = 1,6 \cdot 10^{-35} \text{ m et}$$

$$T_p = \sqrt{\frac{hG}{c^5}} = 5,4 \cdot 10^{-44} \text{ s [5]}$$

D'où l'hypothèse A'' précisant A' : $X = L_p$, $Y = T_p$ (ou, plus généralement, $X = K \cdot L_p$, $Y = K \cdot T_p$ avec $0 < K \leq 1$ mais nous admettons ici $K = 1$), où la cinématique relativiste est considérée comme fautive d'une façon analogue à la cinématique classique, son aspect limite échappant jusqu'ici à l'observation, la double approximation $L_p = 0$ et $T_p = 0$ n'affectant pas $c = L_p/T_p$ mais seulement b , dont la valeur doit être soit très grande soit très petite, en particulier différente de 1 : $b \neq 1$ (I) ;

$$L_p \rightarrow 0 \text{ et } T_p \rightarrow 0 \Rightarrow c = L_p/T_p \rightarrow c \text{ et } b \rightarrow \infty \text{ ou } b \rightarrow 0.$$

Pour déterminer b notons que, en cinématique relativiste, c joue le rôle de constante d'homogénéisation du quadrivecteur position (t, r) , où t est le temps et r le vecteur position spatiale : $[r/t] = [c]$, où $[Z] = \ll \text{dimension de l'expression cinématique } Z \gg = L^n T^m$. L'analogie posée par A'' induit alors que b devrait avoir, comme c , un rôle de constante d'homogénéisation. Mais c suffit à l'homogénéisation de (t, r) . D'où, en suivant A'', la suggestion de l'hypothèse clé qu'il manque des variables dans les conceptions classique et relativiste du référentiel et que, en cinématique, r et t ne suffisent pas pour complètement repérer. L'existence de quatre types de grandeur en mécanique classique (vrai et pseudo scalaires, vrai et pseudo vecteurs), où t et r sont un vrai vecteur, étaye cette hypothèse et en suggère une précision en stipulant que la conception du référentiel, y compris du référentiel galiléen, doit faire jouer non deux mais quatre variables : au couple (t, r) serait associé un couple analogue (q, s) [dont l'interprétation est un des premiers problèmes posés] et les constantes fondamentales cinématiques L_p et T_p , ou leurs combinaisons b et c , joueraient le rôle de constantes d'homogénéisation de l'ensemble $((t, r), (q, s))$. Le plus immédiat est alors de considérer (q, s) comme une forme de l'espace-temps homogène à (t, r) via la constante b ; on aurait :

$$\begin{aligned} \text{d'une part } [q] &= T^Q, [s] = T^S \\ \text{avec } [q/s] &= [c]^u, \\ \text{où } u \text{ vaut } +1 \text{ ou } -1, \\ \text{soit : } Q &= S = -u, \end{aligned}$$

d'autre part ou bien $[bq] = [t]$ et $[bs] = [r]$ qui impliquent $x = y = 0$ soit $b = 1$, contraire à (I),

ou bien $[bq] = [r]$ et $[bs] = [t]$ et alors $x = y = u = 1$ et $Q = S = -1$ soit :

$$\begin{aligned} [q] &= T^{-1}, [s] = L^{-1} \\ \text{et } b &= L_p \cdot T_p = \frac{\hbar G}{c^4} = 8,6 \cdot 10^{-79} \text{ m.s.} \end{aligned}$$

Dans ces conditions, on peut noter en particulier que (t, r) et (q, s) , où q serait un pseudo-vecteur et s un pseudo-scalaire, sont inversement homogènes et que (t, r, q, s) , où les rangs tensoriels respectifs seraient 0, 1, 2, 3, est homogénéisable sous une forme numérique (i.e. adimensionnée) et symétrique :

$$((t \cdot T_p^{-1}, r \cdot L_p^{-1}), (q \cdot T_p^+1, s \cdot L_p^+1)) ;$$

en multipliant cette expression par L_p on obtient une expression homogénéisée avec b et c : $((ct, r), b(q, cs))$, contenant (ct, r) , l'une des deux définitions homogénéisées usuelles de (t, r) en relativité restreinte ; en multipliant par T_p on obtient : $((t, r/c), b(q/c, s))$, contenant $(t, r/c)$. Dans les deux cas, l'approximation $b = 0$ élimine le deuxième couple de la définition considérée.

Cette définition de l'espace-temps a pour propriété d'expliquer en elle-même la transparence expérimentale de la non validité de la théorie cinématique jusqu'ici utilisée : on est jusqu'ici dans les conditions expérimentales de la double approximation cinématique $L_p = 0$ et $T_p = 0$ qui affecte nécessairement le produit $b = L_p \cdot T_p$ mais non nécessairement le rapport $c = L_p/T_p$.

En définitive, les considérations précédentes suggèrent l'hypothèse cinématique suivante, dite unitaire car faisant jouer la combinaison cinématique quanto-gravitationnelle $\hbar G$: un événement n'est pas complètement repéré par (r, ct) mais par $((r, bq), c(t, bs))$ où q et s sont des variables inversement homogènes respectivement à t et r et où

$$b = \frac{\hbar G}{c^4} = 8,6 \cdot 10^{-79} \text{ m.s.}$$

est une constante cinématique fondamentale de valeur petite mais non nulle.

Autrement et moins précisément dit, si en cinématique classique on commet les erreurs $c = \infty$ et $b = 0$, en cinématique relativiste on ne commet pas l'erreur $c = \infty$ mais on commet l'erreur $b = 0$; en cinématique doit être présente, au moins implicitement via b ou (L_p, T_p) , la combinaison cinématique quanto-gravitationnelle $\hbar G = 7 \cdot 10^{-45} \text{ m}^5 \text{s}^{-3}$, petite mais non nulle ; en cinématique relativiste $b = 0 \Leftrightarrow \hbar G = 0$: la cinématique relativiste n'est pas quanto-gravitationnelle et n'a pas en toute rigueur de sens physique. Plus globalement encore, cette hypothèse stipule que les notions dynamiques quantique et gravitationnelle sont déjà présentes en cinématique ainsi qu'en mécanique restreinte aux référentiels galiléens.

Avec quelques précisions supplémentaires, une autre formulation de cette hypothèse cinématique unitaire est :

c n'est pas en fait une constante fondamentale mais une combinaison naturellement privilégiée, le rapport, de deux constantes fondamentales cinématiques indépendantes porteuses des notions quantique et gravitationnelle, une longueur L_p et un temps T_p , dont il existe une autre combinaison privilégiée, le produit b ; les valeurs, et non les définitions, de L_p et T_p peuvent être obtenues selon

$$L_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^3}} \text{ et } T_p = \sqrt{\frac{\hbar G}{c^5}} ;$$

ces deux constantes d'homogénéisation de l'espace-temps, qui est quanto-gravitationnel, numérique et composé de quatre sous-espaces à 1, 3, 3, 1 dimensions que décrivent respectivement les quatre variables t, r, q, s telles que $[tq] = [rs] = 1 : (t/T_p, r/L_p, q \cdot T_p, s \cdot L_p)$.

Remarques

Cette hypothèse cinématique unitaire reste à préciser. Mais nous ne proposons pas cette hypothèse com-

me un principe d'une théorie mais comme le point de départ de la recherche de la théorie : adopter cette hypothèse doit conduire à rechercher les principes physiques qui l'impliquent et la précisent. Cette hypothèse cinématique unitaire est une hypothèse de recherche d'une théorie unitaire, théorie qui doit indiquer comment soumettre cette hypothèse à l'épreuve expérimentale et si ce test est possible avec les moyens expérimentaux actuels, sans passer par l'observation directe du domaine des distances et durées de l'ordre de L_p et T_p . Mais cette théorie devrait aussi indiquer les moyens d'accès direct à ce domaine d'observation, inaccessible actuellement. Cette théorie unitaire semble devoir être élaborée, au moins pour commencer, à partir des données expérimentales actuelles qui ne la suggèrent qu'indirectement. Mais cette élaboration doit pouvoir s'effectuer, sachant en particulier que, conséquence de cette hypothèse cinématique, les théories quantique et gravitationnelle actuelles doivent y apparaître comme deux cas limites. Ce caractère limite de la mécanique quantique et de la relativité générale explique la difficulté actuelle (c'est-à-dire avec la définition relativiste de l'espace-temps) d'unifier ces deux théories de façon simple et fondamentale. Et la conception relativiste actuelle du cadre spatio-temporel de ces deux théories est encore plus approximative pour la conception unitaire que la conception classique l'est pour la conception relativiste, car l'approximation $c = \infty$ désolidarise espace et temps mais ne cache aucune variable, contrairement à l'approximation $b = 0$. Cette hypothèse cinématique unitaire peut alors sembler à première vue trop spéculative ; mais une spéculation doit trouver sa justification dans son application, alors que l'espace-temps unitaire ici proposé se justifie par lui-même, sa définition même expliquant pourquoi la moitié (q, s) de l'espace-temps reste jusqu'ici non observée. En ce sens, l'hypothèse cinématique unitaire ici proposée n'est pas une spéculation, contrairement, par exemple, à une hypothèse postulant le caractère complexe de l'espace-temps sous la forme $[c(t+it'), (r+ir')]$, où t' et r' sont des variables [6], cette définition

de l'espace-temps n'expliquant pas elle-même la non observation des variables t' et r' . L'hypothèse cinématique unitaire ci-dessus peut suggérer d'envisager l'espace-temps sous cette forme complexe ; mais alors t' et r' ne sont pas des variables mais des produits de variables par une constante fondamentale (et cette constante n'étant pas numérique, les variables introduites ne sont pas homogènes à t et r). Notons que l'espace-temps unitaire semble a priori beaucoup plus intéressant que l'espace-temps relativiste à formaliser à l'aide d'outils mathématiques tels que quaternions, octonions, algèbre de Clifford [7],..., formalisme qui devra donner un rôle fondamental à la constante b [ou au couple (L_p, T_p)]. Enfin, nous voudrions insister ici sur le fait que le caractère approximatif de la relativité restreinte postulé avec cette hypothèse cinématique unitaire n'est pas de même nature que celui qu'on lui reconnaît en d'autres circonstances, par exemple en relativité générale lorsqu'on se place loin des sources des champs gravitationnels où ce sont des variables qui sont admises comme nulles ; ici l'approximation concerne, comme c en mécanique classique, des constantes fondamentales cinématiques.

Problèmes posés

Parmi les premiers problèmes posés par cette hypothèse cinématique unitaire sont la généralisation de la transformation de Lorentz et l'interprétation des variables q et s . Ceci semble devoir nécessiter une remise en question du sens physique du concept de point matériel ou particule utilisé en mécanique classique et en relativité restreinte [4] [8] [9]. Cette hypothèse cinématique unitaire se présente comme apte à préciser le débat entre conception probabiliste (N. Bohr) et déterministe (L. de Broglie) de la mécanique quantique actuelle [9] [10] [11] [12]. Elle suggère que, à l'instar de celle de Newton sous l'approximation $c = \infty$, la conception de Bohr est valable sous l'approximation $b = 0$ [13]. Peut alors se poser la question de la limite du sens de la conception déterministe.

On peut noter ici que :

- $b = \frac{h}{\frac{c^3}{G}}$ avec :

$(h/c) [r^1, t^1] = [\text{masse, impulsion}]$
(cf relations de Heisenberg relativistes [14]) et
 $(c^3/G) [q^1, s^1] = [\text{masse, impulsion}]$,

- une relation comme

$$\frac{\partial^n b q}{\partial (bs)^n} = \frac{\partial^n r}{\partial t^n}$$

est indépendante de b pour $n = 1$ (cf les problèmes du privilège du mouvement rectiligne uniforme et de la nature des forces d'inertie [5] [1]),

- les données que sont les constantes c , h , G et de Hubble H [15] permettent de construire une longueur très inférieure à L_p :

$$\frac{hGH}{c^3} = bH = (2,1 \pm 0,7) \cdot 10^{-96} \text{ m} = L_p \cdot (HT_p) \text{ où } HT_p = (1,3 \pm 0,4) \cdot 10^{-61}$$

est un nombre (cf [17]).

Nos recherches actuelles, sur la base de cette hypothèse cinématique unitaire, nous amènent à comprendre en quoi cette conception unitaire (t, r, q, s) de l'espace-temps est nécessaire et suffisante (la raison se trouve dans les mathématiques et la logique).

Conclusion

L'hypothèse cinématique unitaire proposée ici n'est pas un principe physique d'une théorie mais n'est pas non plus une spéculation ou une hypothèse ad hoc [16]. Nous la proposons en tant qu'hypothèse de recherche d'une théorie, en tant que « noyau dur » d'un programme de recherche dont les modèles actuels jouent le rôle d'heuristique positive [16]. Cette hypothèse cinématique unitaire est suggérée par les données expérimentales et théoriques actuelles qui suggèrent par là l'existence d'une théorie unitaire utilisant l'espace-temps unitaire et indiquant des processus expérimentaux permettant l'observation du domaine des distances et durées inférieures à L_p et T_p .

