

La généralis des lois phy

2ème Partie
De l'expansion de l'Univers
aux quanta

ation de la sique

RÉMI SAUMONT

Existe-t-il une réalité objective, susceptible d'être reconnue comme telle par tout observateur, une réalité indépendante de lui ? L'affirmer serait satisfaire au rêve d'absolu caressé par des générations de philosophes et de scientifiques depuis Aristote dont on cite encore aujourd'hui la phrase célèbre : « Il n'est de science que du général ». Qu'en est-il de la façon dont nous concevons les choses ?

Les premières sensations qu'éprouve un fœtus sont d'ordre mécanique, c'est-à-dire tactiles, proprioceptives et auditives, ce qui fait de nous, et avant tout, des êtres spatiaux, des êtres géométriques. Toute notre vie reste marquée de cette empreinte et, ainsi que l'a noté si judicieusement René Thom, nous ne comprenons vraiment que ce qui a une traduction spatiale : « Comprendre, c'est avant tout géométriser ».

C'est grâce à la géométrie que nous avons appris à compter. Pendant longtemps, ce fut grâce à la géométrie des hiéroglyphes, ou des idéogrammes que nous avons pu communiquer à distance et nous le faisons maintenant grâce à l'image télévisuelle ; enfin, c'est grâce à la géométrie de la science antique que nous avons pu mesurer le temps et pour une grande part, développer ensuite nos connaissances.

Un tel comportement a suscité des réactions, bien sûr, dont la plus connue est celle de Pascal opposant l'esprit de finesse à cet esprit de géométrie. Et les mathématiciens eux-mêmes ont tenté de renier ce qui était à la source de leurs connaissances (peut-être parce que pendant trop longtemps on les a traités de « géomètres »). Ce fut entre autres le développement de l'algèbre linéaire, qui n'en demeure pas moins une géométrie... sans figures... Ou celui de la théorie des groupes qui, à certains égards, peut être considérée comme une généralisation de la géométrie projective. Et tout ceci au nom d'une abstraction qui se voulait résolument généralisatrice. La théorie des groupes est un puissant outil de généralisation mathématique qui a apporté une justification à la théorie des similitudes physiques, une théorie physique, générale par excellence, mais dont on ne peut nier, non plus, l'essence géométrique. Associée à l'analyse dimensionnelle, cette théorie permet d'analyser les fondements des lois physiques.

Dans cette deuxième partie, il sera montré que la quantification dépend de la géométrie des phénomènes, de telle sorte que, contrairement à ce qui a été souvent affirmé jusqu'ici, la relativité générale paraît compatible avec les théories quantiques. Par contre, elle l'est beaucoup moins, avec certaines constatations cosmologiques comme l'expansion de l'univers, ce qui conduit, en restreignant sa généralité astronomique, à remettre en cause, en ce qui concerne la gravitation, la notion de vitesse limite. Serions-nous alors enfin libres d'aller jusqu'aux confins de l'univers ?

Dans la première partie de cet article, publiée dans le précédent numéro de *Fusion*, il a été question des relations d'échelle rendant compte des forces agissant à grande distance : la force de gravitation, la force d'inertie et la force électromagnétique. Ces relations ont été obtenues par réduction de la base du système dimensionnel qui permet d'en donner l'expression (**Tableau 1**).

La réduction de base dimensionnelle mène à une extension intéressante du domaine d'application des lois fondamentales. Cependant, elle peut, si on n'y prend pas garde, aboutir à une généralisation abusive qui risque d'en restreindre le contenu informationnel.

En l'occurrence, c'est en prenant en compte une relation propre à l'électromagnétisme, mais négligée jus-

qu'ici, que la dite réduction a pu être effectuée. Celle-ci montre que les données de base de la relativité générale découlent directement de faits précédemment connus mais mal ou insuffisamment interprétés. On savait, en particulier depuis Galilée et Newton, que les « causes mécaniques » (en réalité les forces électriques) croissent comme le carré de la longueur (la grandeur des superficies), mais il manquait dans la relation d'échelle qui permet d'en rendre compte, $\varphi_e = \delta \lambda^2$, le facteur δ , l'échelle pour la densité (masse volumique) du milieu. Pourtant, dès que l'existence du phénomène d'écran, caractéristique de l'électromagnétisme a été connue, il devenait possible d'obtenir la relation en question (au chapitre 4 de mon livre¹) et de dégager, ainsi que je l'ai dit, les données fondamentales de la relativité générale

et ceci à partir des trois relations d'échelle élémentaires : celle qui vient d'être citée, celle pour l'équation fondamentale de la dynamique et celle pour la loi d'attraction de Newton (**Tableau 1**).

La base dimensionnelle est de la sorte réduite à une seule grandeur primaire, la longueur ; il y a donc géométrisation complète.

Fait caractéristique de l'intérêt que peut présenter une telle réduction de base, l'expression dimensionnelle de la densité $D = L^{-2}$ indique alors que la géométrisation obtenue ne peut se satisfaire sans approximations d'un (unique) espace euclidien. Le choix d'une géométrie basée sur les travaux de Gauss et de Riemann paraissait alors aller de soi.

En fait, il se pourrait que Gauss et Riemann aient joué, sans pouvoir le prévoir, un mauvais tour à Einstein.

Tableau 1 - Principaux systèmes dimensionnels et leurs relations de similitude

		Systèmes traditionnels		Systèmes à base réduite			
		CGS, MKS, etc	Electromagnétisme et Inertie	Inertie et Pesanteur	Inertie et Gravitation	Electromagnétisme Inertie Gravitation	
			RELATIVITE RESTREINTE	RELATIONS DE FROUDE	SYSTEME ASTRONOMIQUE	RELATIVITE GENERALE	
Base dimensionnelle		Longueur Masse Temps	Longueur Masse volumique	Longueur Masse volumique	Longueur Masse volumique	Longueur	
Echelles de ...							
Longueur	λ	λ	λ	λ	λ	λ	
Force	φ	$\mu \lambda \tau^{-2}$	$\delta \lambda^2$	$\delta \lambda^3$	$\delta^2 \lambda^4$	1	
Temps	τ	τ	λ	$\lambda^{1/2}$	$\delta^{-1/2}$	λ	
Masse	μ	μ	$\delta \lambda^3$	$\delta \lambda^3$	$\delta \lambda^3$	λ	
Masse volumique	δ	$\mu \lambda^{-3}$	δ	δ	δ	λ^{-2}	
Vitesse	β	$\lambda \tau^{-1}$	1	$\lambda^{1/2}$	$\delta^{1/2} \lambda$	1	
Accélération	γ	$\lambda \tau^{-2}$	λ^{-1}	1	$\delta \lambda$	λ^{-1}	
Impulsion	χ	$\mu \lambda \tau^{-1}$	$\delta \lambda^3$	$\delta \lambda^{7/2}$	$\delta^{3/2} \lambda^4$	λ	
Energie	ε	$\mu \lambda^2 \tau^{-2}$	$\delta \lambda^3$	$\delta \lambda^4$	$\delta^2 \lambda^5$	λ	

En effet, les coordonnées de Gauss (des coordonnées curvilignes) et les espaces à courbure positive de Riemann offraient à Einstein l'occasion de développer un formalisme mathématique séduisant au premier abord, mais ceci dans la mesure où il paraissait évident que tous les référentiels

pouvant être pris en compte avaient tous nécessairement un même nombre entier de dimensions.

Cette condition restrictive n'était pas formulée, tant elle paraissait naturelle. Mais était-elle aussi évidente ?

C'est là l'inconvénient d'une ma-

thématisation qui n'a peut-être pas suffisamment tenu compte de toutes les données physiques du problème posé, une mathématisation qui n'a pas suffisamment tenu compte de l'enseignement de Leibniz.

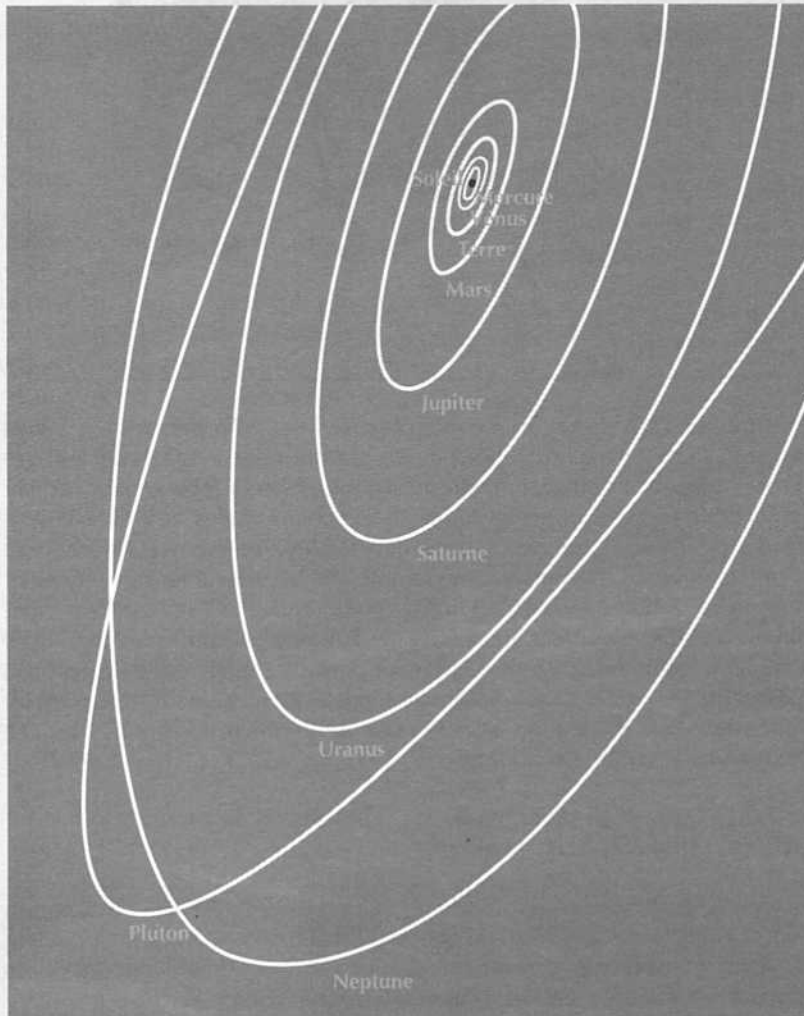
La relativité générale, bien que complexe, est une construction d'une grande élégance mathématique. Elle rend compte d'une part importante de la réalité physique de l'univers car elle a fait l'objet d'un certain nombre de vérifications expérimentales. Toutefois, elle a semblé jusqu'ici demeurer étrangère à l'aspect quantique des phénomènes et il apparaissait même qu'elle n'intègre l'électromagnétisme qu'à titre phénoménologique et non pas causal² (**Figure 1**).

Einstein connaissait ces reproches, c'est la raison de ses tentatives infructueuses pour établir une véritable théorie unitaire. N'a-t-il pas écrit ces phrases citées par John D. Barrow : « *Quelque soit la manière de sélectionner un ensemble de phénomènes de la Nature en utilisant le critère de simplicité, sa description théorique n'apparaîtra jamais complètement appropriée (...). Mais je ne doute pas que viendra le jour où cette description [la théorie de la relativité générale], aussi cédera le pas à une autre, pour des raisons qu'à présent nous ne soupçonnons pas encore. Je crois ce processus d'approfondissement de la théorie sans limites.* »³

J'ai montré dans la première partie de cet article que, malgré l'utilisation d'un espace de représentation quadridimensionnel, l'électromagnétisme devait être considéré comme un phénomène strictement limité à trois dimensions d'espace, alors que l'inertie et la gravitation au contraire avaient peut-être une extension selon des espaces physiques à plus grand nombre de dimensions (d'où l'importance de la notion de dimension spatiale dont une définition est donnée par la **figure 2**).

Vouloir représenter des phénomènes aussi disparates à partir d'un même référentiel (à nombre de dimensions donné) conduit soit à envisager des approximations, des distorsions ou des fractionnements spatiaux (espaces fractals) plus ou moins justifiés physiquement, soit, et c'est ce qui va être montré, à la nécessité de faire entrer dans le mode de représentation tridimensionnel des considérations d'une nature cinématique qui pourront paraître artificielles, mais qui n'en sont pas moins véri-

Figure 1 : Le système solaire



Les planètes du système solaire, dont la Terre, tournent autour d'une étoile, le Soleil pour la plupart dans un même plan, le plan de l'écliptique. Leur mouvement est défini par les lois de Kepler utilisées par Newton pour énoncer sa loi d'attraction gravitationnelle. Ces diverses lois ont essentiellement un caractère descriptif. Elles ne donnent pas de renseignements sur la formation du système. Elles ne font que décrire et expliquer le mécanisme d'un mouvement entretenu, dont certains éléments ont été précisés plus récemment par Einstein (avance du périhélie de Mercure, par exemple), mais il faudra faire appel à d'autres phénomènes que la gravitation et l'inertie — fussent-ils intégrés dans la relativité générale — pour rendre compte des mécanismes de formation d'un tel système et en particulier pour définir les causes initiales productrices du mouvement des planètes. C'est en cela que l'électromagnétisme, auquel il faut avoir recours pour tenter de donner une telle explication, a un caractère initiateur, un caractère causal, dont ne rend pas suffisamment compte la théorie actuelle.

