
Qu'est-ce que la relativité générale ?

Petite conversation dialectique entre trois savants illustres

Yves De Rop, Université de Liège

Hiver 1921. Le bureau d'Einstein, chercheur invité à l'Observatoire de Cointe, sur les hauteurs de Liège. C'est la nuit. Dans le fond, un tableau noir et la fenêtre. Poêle à charbon, étagères, une table, deux chaises. Newton, un cartable sous le bras, et Galilée font leur entrée, en pleine discussion.

GALILÉE. — Il avait hâte de connaître notre avis sur sa nouvelle théorie de la gravitation. Entrons, il nous a permis de l'attendre dans son bureau s'il était en retard.

NEWTON, promenant un regard circulaire. — Ils disposent d'un certain confort, les physiciens du vingtième siècle.

GALILÉE. — En tout cas, ce ne sont pas les livres qui manquent. (*Il saisit un livre sur une étagère et le feuillette au hasard.*)

NEWTON, parcourant quelques articles disposés sur la table. — « Un point de vue heuristique concernant la conception et la transformation de la lumière », par Albert Einstein ; « Sur l'électrodynamique des corps en mouvement », Einstein ; « La théorie de Planck du rayonnement et la théorie des chaleurs spécifiques », Einstein. Diantre, quelle productivité !

GALILÉE, toujours dans son livre. — Écoutez ceci, M. Newton : « La géométrie euclidienne est-elle vraie ? Cette question n'a aucun sens. Autant demander si le système métrique est vrai et les anciennes mesures fausses. Une géométrie ne peut pas être plus vraie qu'une autre ; elle peut seulement être plus commode. » (*Il referme le livre.*) Henri Poincaré, *La science et l'hypothèse*. Pff, quel iconoclaste ! Sans doute encore un blanc-bec issu de la nouvelle vague. Vous verrez, ils en arriveront à nier le théorème de Pythagore. Et on claironnera partout que, dans un trian-

gle rectangle, le carré de la longueur de l'hypoténuse n'est plus nécessairement égal à la somme des carrés des longueurs des deux autres côtés. Ce Monsieur Einstein a de bien drôles lectures.

NEWTON, montrant une partition musicale. — C'est un artiste. Voyez : Mozart, Sonates pour piano et violon. N'êtes-vous pas musicien également, M. Galilée ?

GALILÉE. — Si fait, je joue du luth. Et mon père, Vincenzo Galilei, a composé des madrigaux. (*Il prend un autre livre.*) Spinoza, *L'Éthique*.

NEWTON, examinant une gravure au mur. — Il y a le portrait de l'auteur, ici : Baruch de Spinoza, 1632-1677, philosophe hollandais ; avec une légende : « Deus sive Natura », que je traduirais par « Dieu, autrement dit la Nature ». Somme toute, Spinoza est un panthéiste. Selon lui, Dieu ne se distingue pas de la Nature, et c'est pourquoi on peut l'étudier par la méthode scientifique.

GALILÉE. — Effectivement, ce livre est rédigé comme un traité de mathématique, avec des axiomes, des corollaires, des démonstrations... Quoi qu'il en soit, je suis d'accord pour soutenir que *la nature est un livre écrit en langage mathématique*. Tiens, qu'est-ce qu'on a griffonné, là, sur la page de garde ? « Le hasard, c'est Dieu qui se promène incongnito. »

NEWTON. — Ca sent la profession de foi envers le déterminisme. Monsieur Einstein semble fort peu disposé à remettre les clefs du futur entre des mains probabilistes.

GALILÉE. — Voilà en tout cas un beau sujet de méditation.

NEWTON. — Well, où en étions-nous, M. Galilée? Ah oui, nous abordions votre **Dialogue sur les deux grands systèmes du monde**. Un livre exceptionnel.

GALILÉE. — Merci, jeune homme, vous êtes bien urbain.

NEWTON. — Mais qui a dû susciter un sacré remue-ménage lors de sa publication en 1632.

GALILÉE. — C'est le mot, M. Newton, c'est le mot. Un bien triste épisode. J'ai déclenché le scandale.

NEWTON. — Rappelez-moi l'histoire.

GALILÉE. — J'ai proclamé la rotation de la Terre sur elle-même et autour du Soleil, contre l'opinion du grand Aristote.

NEWTON. — Aristote pensait que si la Terre tournait sur elle-même d'ouest en est, nous essuierions des vents d'est terribles; et que si un homme sautait en l'air verticalement, ne fût-ce que durant un bref instant, il retomberait alors à l'ouest de son point de départ.

GALILÉE. — Hélas, l'Église s'était ralliée à la position d'Aristote. Suspecté d'hérésie, convoqué à Rome, traîné devant les tribunaux, condamné par l'Inquisition, je dus abjurer publiquement mes théories. (*Soupir. Il s'agenouille pour ranimer le poète.*) La Congrégation de l'Index interdisait mon livre. L'héliocentrisme capitulait.

NEWTON. — Pourtant, vous aviez accumulé les indices en sa faveur.

GALILÉE. — Bien entendu. Pointant ma lunette vers le ciel, j'y découvris les phases de la planète Vénus : comment les expliquer autrement que par sa rotation autour du Soleil? Et vous décrirai-je mon émerveillement quand, par les nuits cristallines de janvier 1610, je surpris le ballet de quatre satellites autour de Jupiter? Il se trouvait donc bien des astres pour réfuter le géocentrisme!

NEWTON. — De plus, en découvrant de nouvelles lois mécaniques vous battiez en brèche les arguments d'Aristote.

GALILÉE. — Oh, vous savez, les scientifiques auraient eu la puce à l'oreille depuis

longtemps si, au lieu de s'enfermer dans leur tour d'ivoire, ils avaient pris la peine de frayer de temps à autre avec le petit peuple. Ainsi, ils auraient pu s'inquiéter davantage de certaines observations bien connues de tous les marins. (*Il se relève péniblement.*) Enfermez-vous dans une cabine couverte d'un navire immobile au port, et emportez avec vous des mouches, des papillons et autres bestioles ailées. Observez comment ces insectes volent à la même vitesse dans toutes les parties de la pièce. Suspendez aussi un seau qui laisse s'écouler goutte à goutte de l'eau dans un vase au col étroit situé juste en-dessous. Ensuite, faites avancer le navire à une vitesse quelconque, *pourvu que le mouvement soit uniforme, sans balancement dans un sens ou l'autre*. Vous ne remarquez aucun changement : les insectes continuent à voler avec la même aisance vers la proue ou vers la poupe, et l'eau continue à tomber dans le vase. Aucun phénomène ne vous permettra de détecter si le navire est en marche ou arrêté. Son mouvement est « comme nul ».

NEWTON. — Une formule frappante. Et la Terre joue le rôle du navire car, si l'on considère son mouvement durant une période de temps suffisamment courte, on peut admettre qu'il est rectiligne et uniforme.

GALILÉE. — Un corps abandonné à lui-même demeure dans son état de mouvement et cela, aussi longtemps qu'aucune cause extérieure n'intervient pour le perturber. En sortant du seau, les gouttes d'eau ont hérité de la vitesse du navire : elles continuent donc à avancer avec lui pendant leur chute. C'est pour cela qu'elles persistent à tomber dans le vase.

NEWTON. — Au fond, vous êtes à l'origine de la théorie de la relativité qui a rendu célèbre ce Monsieur Einstein (*il sort une montre de sa poche*) — décidément assez peu ponctuel. La vitesse est une notion relative au référentiel dans lequel on raisonne, c'est-à-dire au cadre de référence par rapport auquel on repère les positions des corps. Le rivage réalise un référentiel, le bateau un autre. Le bateau se déplace par rapport au rivage, mais on peut

dire aussi que le rivage se meut avec une certaine vitesse par rapport au bateau. Rappelez-vous le beau vers classique : « Prouehimur portu, terraeque urbesque recedunt ».

GALILÉE. — « Nous sortons du port, tandis que s'éloignent champs et cités ». Virgile, *Énéide*, livre III.

NEWTON. — Pour les Troyens, c'est le rivage qui s'éloigne. Ils peuvent se considérer au repos, puisqu'ils naviguent tous ensemble avec la même vitesse constante par rapport à l'espace absolu.

GALILÉE. — Excusez-moi, mais qu'entendez-vous par « espace absolu » ?

NEWTON. — Ah, ça c'est très important. L'espace absolu constitue le cadre de référence ultime des mouvements. C'est le référentiel immobile par excellence. Il demeure toujours pareil et ne subit pas l'influence de la matière. Si un référentiel est en mouvement rectiligne et uniforme par rapport à l'espace absolu, son mouvement est « comme nul ».

GALILÉE. — Je ne vous suis pas bien. D'une part, votre espace absolu est censé fournir le critère d'immobilité réelle ; et d'autre part, vous admettez que la vitesse est une notion relative. Aussi vous demanderai-je sans circonlocution : quelle distinction faites-vous entre un mouvement « comme nul » et un mouvement « nul » ?

NEWTON. — Je reconnais qu'il n'y a guère de différence effective. La notion de vitesse constante par rapport à l'espace absolu est un peu paradoxale. En fait, aucune expérience de physique n'a jamais pu caractériser le repos absolu.

GALILÉE. — Alors, pourquoi introduire cette notion ?

NEWTON. — Parce que l'affaire se corse dès que le mouvement est accéléré : c'est-à-dire, quand le mouvement change et n'est plus rectiligne et uniforme.

GALILÉE. — Comme pendant la chute d'un corps grave : la vitesse varie proportionnellement au temps.

NEWTON. — C'est cela. Eh bien, imaginez un train accélérant vers l'avant, par rapport au quai. Certes, il est tout aussi légitime de considérer que le quai accélère vers l'arrière, par rapport au train. Ils accélèrent l'un par rapport à l'autre. D'un point de vue cinématique, c'est-à-dire quand on se contente de décrire le mouvement pour lui-même, ces deux référentiels sont donc strictement sur un pied d'égalité. Mais ils s'avèrent fort dissemblables du point de vue physique : les passagers du train sont projetés vers l'arrière tandis que les piétons sur le quai ne remarquent évidemment rien de particulier. J'interprète les propriétés particulières du train en invoquant l'espace absolu. Le train accélère par rapport à l'espace absolu, mais pas le quai. Et je résume la situation en disant que le train est un référentiel « non galiléen », tandis que le quai est « galiléen ».

GALILÉE. — Hommage touchant, cher disciple. Mon bateau, tout à l'heure, était donc un référentiel galiléen.

NEWTON. — Correct. Les référentiels galiléens sont tous en translation rectiligne et uniforme par rapport à l'espace absolu. Cela leur confère leur propriété essentielle : leur mouvement est indécélable et la physique y est plus simple. D'autre part, l'accélération d'un corps est la même par rapport à n'importe quel référentiel galiléen. C'est une notion *absolue*, contrairement à la vitesse qui est relative.

GALILÉE. — Capisco. Si un corps accélère par rapport à un référentiel galiléen, alors il accélère *vraiment*, c'est-à-dire par rapport à l'espace absolu. C'est pourquoi les référentiels non galiléens se singularisent par leurs propriétés bizarres.

NEWTON. — Tout y est mirage. Le buffet de la gare accélère *par rapport au train*, mais il s'agit d'un effet de cinématique et pas d'une accélération réelle.

GALILÉE. — Brillant plaidoyer, mon cher. Avec un avocat comme vous, l'espace absolu peut reposer en paix. L'homme qui vous mouchera n'est pas encore né.

Einstein entre en se frottant les mains pour les réchauffer.

EINSTEIN. — Ah, Messieurs. Merci d'avoir répondu à mon invitation. Veuillez excuser mon retard : impossible de régler ma montre. (*Il les salue.*) Mais prenez donc un siège, M. Galilée. Vous préférez rester debout, M. Newton ? (*Galilée et Einstein s'asseyent. Newton reste debout près du tableau.*)

GALILÉE. — Nous bavardions de choses et d'autres en vous attendant, M. Einstein. M. Newton était en train...

NEWTON. — ... en train d'exposer à M. Galilée comment j'ai développé ses remarquables découvertes en mécanique. Mais vous vouliez nous parler gravitation, je crois.

EINSTEIN. — Rien ne presse. Continuez à votre aise, je vous prie, vous m'intéressez.

NEWTON. — J'ai publié le fruit de mes recherches en 1687, dans un livre intitulé **Philosophiæ naturalis principia mathematica**, Principes mathématiques de philosophie naturelle. Vous lisez le latin ?

EINSTEIN. — Jadis, j'y excellais. Cette œuvre vous a révélé comme l'immortel auteur de la théorie de la gravitation universelle.

GALILÉE. — De quoi s'agit-il ?

NEWTON. — J'ai montré que le mouvement de la Lune autour de la Terre était exactement de même nature que la chute d'une pomme sur la Terre.

GALILÉE. — La gravité s'étendrait donc jusqu'à la Lune ?

NEWTON. — Bien au-delà ! Par-dessus les cimes enneigées l'attraction terrestre se déploie sans bornes, perçant la fulgurante couverture des nuages jusqu'à des régions qu'aucun télescope ne peut scruter, s'affaiblissant certes en s'éloignant, mais s'étendant jusqu'à l'infini. La pomme tombe sur la Terre. La Lune tombe autour de la Terre.

GALILÉE. — En dépit des apparences, car la Lune parcourt indéfiniment un orbite circulaire ; et pas la pomme. Mais dites-moi : que font les pommes, en automne, sur la Lune ?

NEWTON. — Dame, elles y tombent.

GALILÉE. — L'attraction lunaire s'apparente donc à l'attraction terrestre.

NEWTON. — Entièrement.

GALILÉE. — Et si la force terrestre atteint la Lune, on doit s'attendre à ce que la force lunaire parvienne jusqu'à la Terre et nous tire régulièrement par les cheveux vers le ciel.

NEWTON, *riant*. — Certes, mais rassurez-vous, vous ne vous envolerez point de cette manière.

GALILÉE. — Dommage. J'aurais aimé sentir la caresse argentée de Séléné.

NEWTON. — Notre planète a plus de chance. D'un bras la Lune tient la Terre et de l'autre, elle attire les océans en-dessous d'elle, un peu plus vigoureusement car moins distants. Et la mer monte.

GALILÉE. — Les marées sont d'origine lunaire ? J'ai toujours cru qu'elles résultaient du mouvement de la Terre, telles les clapotements de l'eau dans une bassine lancée brutalement. C'est génial !

NEWTON. — Si j'ai vu plus loin que les autres, c'est parce que j'ai été porté par des épaules de géants. En observant des montagnes sur la Lune, en découvrant les satellites de Jupiter, en démenageant la Terre vers la banlieue solaire, vous avez gommé l'écart entre la physique terrestre et la physique céleste. Je suis votre débiteur, M. Galilée.

GALILÉE. — Ainsi donc, la Terre tombe autour du Soleil ?

NEWTON. — Comme Mercure, Vénus, Mars, Jupiter et Saturne. Et si, arrachant du sol terrestre quelque morceau de rocher et, s'étant élevé suffisamment au-dessus de l'atmosphère afin de ne point le gêner, on le lançait horizontalement avec une vitesse suffisante, il poursuivrait son mouvement pour l'éternité, tel une seconde lune, en décrivant une ellipse autour de notre planète.

GALILÉE. — Quant aux pommes joviennes, elles s'écrasent sur Jupiter.

NEWTON. — Voilà pourquoi je qualifie la gravitation d'« universelle ». C'est la seule force qui affecte tous les corps, du plus petit au plus grand. Atome, éléphant, comète, étoile, tous sont inéluctablement soumis à son joug et s'attirent mutuellement. Par contre, les corps ne sont pas tous aimantés, par exemple.

GALILÉE. — Ni tous électrisés, loin s'en faut. Cette table (*il la touche du doigt*) n'est pas chargée.

EINSTEIN. — Vous êtes également à l'origine d'une nouvelle théorie du mouvement. M. Newton. On peut sans ambages vous attribuer la paternité de la dynamique.

GALILÉE. — La dynamique ?

EINSTEIN. — C'est l'étude de la relation entre le mouvement et ses causes.

NEWTON. — J'ai compris le rôle central de l'accélération en mécanique. Un corps accélère si et seulement s'il est soumis à une force, et proportionnellement à celle-ci. (*Il sort de son cartable deux petits cylindres en apparence identiques et les pose sur la table.*) M. Galilée, serait-ce un effet de votre bonté de bien vouloir soulever simultanément ces deux cylindres, au moment qu'il vous plaira ? (*Galilée saisit un objet dans chaque main, se concentre et les soulève. A sa surprise, un des deux bras s'élève plus rapidement que l'autre.*)

GALILÉE. — M. Newton, ces deux corps ne sont pas identiques !

NEWTON. — Eh non. On dit qu'ils n'ont pas la même masse. Celui-ci (*il désigne le plus rapide*) est le moins massif des deux. Comme les deux cylindres ont la même apparence, vous avez spontanément appliqué la même force à chacun. Et une force donnée engendre une accélération d'autant plus petite que la masse est grande : c'est le contenu de ma deuxième loi, clef de voûte de la dynamique.

GALILÉE. — Que dit la première loi ?

NEWTON. — C'est le « principe d'inertie ». Je l'ai déduit de vos travaux, M. Galilée : un

corps libre se meut en mouvement rectiligne et uniforme dans l'espace absolu.

EINSTEIN. — Il conviendrait de nous accorder sur le vocabulaire. Voudriez-vous préciser votre notion de « corps libre » ?

NEWTON. — C'est très simple. J'appelle « libre » un corps qui n'est soumis à aucune force.

EINSTEIN. — Je n'ai pas la même conception d'un corps libre et je vais m'en expliquer par une analogie. En tant qu'individu je suis soumis à certaines contraintes inéluctables comme celle, par exemple, de devoir respirer. Mais je me juge libre, précisément parce que ces contraintes sont communes à tous les hommes. S'il existait des êtres humains qui ne doivent pas respirer, je pourrais avec une certaine pertinence me déclarer moins libre qu'eux.

NEWTON. — J'entends bien, mais où diable voulez-vous en venir ?

EINSTEIN. — Eh bien, puisque la gravitation, de votre aveu même, affecte tous les corps, j'appelle « libre » une particule abandonnée à l'état que, précisément, on dénomme communément « la chute libre ».

NEWTON. — Mais on peut s'apercevoir que ce corps n'est pas libre, puisqu'il accélère par rapport à l'espace absolu. Il est donc soumis à une force, conformément à ma deuxième loi. Votre définition est artificielle.

EINSTEIN. — C'est votre notion d'espace absolu préexistant à la gravitation qui est artificielle. La gravitation n'est pas un accessoire qui se greffe sur l'espace-temps. Vous le reconnaissez vous-même, elle est universelle. Et je donne à ce mot sa pleine valeur : l'espace-temps ne peut pas être conçu sans la gravitation, elle fait partie de son essence.

NEWTON. — Vous chicanez sur une nuance qui ne modifie pas fondamentalement ma philosophie. Veuillez reconnaître qu'un corps en chute libre accélère par rapport à un référentiel, et c'est celui-là que je persiste à qualifier d'absolu, même si vous en bradez quelque peu la prééminence.

EINSTEIN. — Vous ne m'avez pas bien saisi. Oubliez ce concept d'accélération gravifique ! Et dans la foulée, jetez aux oubliettes vos prémisses d'un espace absolu qui ne sert qu'à la justifier ! Notez que je vous comprends, la tentation fut toujours grande d'édifier la physique sur un socle inamovible. Au fil des âges ce leurre a été baptisé de noms divers : la Terre, l'espace absolu, l'éther... Mais permettez que je vous expose mon argumentation. Vous êtes d'accord avec M. Galilée pour soutenir que la vitesse est une notion relative.

NEWTON, *le coupant*. — La vitesse, oui. mais pas l'accélération. tout de même ! M. Einstein, vous m'inquiétez avec vos propos avant-gardistes.

EINSTEIN. — Pouvez-vous témoigner de la réalité physique de l'espace absolu ?

NEWTON. — Allez sur le champ de foire et vous sentirez vite s'il est lié aux montagnes russes ou à la baraque à frites ! Ce n'est pas assez concret pour vous ?

EINSTEIN. — Je ne mets pas en cause les phénomènes, mais l'interprétation que vous en donnez. Pouvez-vous me citer une seule expérience de physique mettant clairement en évidence votre référentiel absolu fantôme ?

NEWTON. — Non, je l'avoue. Jamais on n'a pu matérialiser l'espace absolu. Mais j'ai besoin de cette notion. L'accélération est une idée incontournable, sur laquelle j'ai fondé toute ma mécanique. Albert, vous n'allez quand même pas nier le caractère absolu de l'accélération ?

EINSTEIN. — En fait, je dis tout simplement qu'un corps en chute libre n'accélère pas ! Voici mon raisonnement. La gravitation, non seulement est universelle, c'est-à-dire affecte tous les corps, mais en plus elle les affecte identiquement.

GALILÉE. — Cela signifie que les corps légers tombent de la même façon que les corps pesants. Peu de gens s'en rendent compte parce que... Tenez, regardez. (*Il se lève, saisit une feuille de papier sur la table et une petite balle dans sa poche, puis les laisse tomber.*

La balle parvient au sol avant la feuille.) En fait, c'est la présence de l'air qui cause la différence entre les deux durées de chute.

NEWTON. — Dans le vide, une plume de duvet et une pièce d'or tomberaient pareillement.

GALILÉE. — Si je réduis la résistance de l'air, en diminuant la surface de la feuille, le résultat est tout autre. (*Il froisse la feuille en une boulette et refait l'expérience. Les deux corps parviennent au sol en même temps.*) L'influence de l'air est proportionnelle à la surface transversale du corps divisée par son poids. Si le poids d'un corps est le tiers d'un autre, identique par la matière et par la forme, mais qu'il présente à l'air une surface trois fois plus petite, alors ils toucheront le sol en même temps.

NEWTON, *sortant de son cartable une boule de pétanque et une balle de polystyrène*. — Voici une boule de pétanque; et voici une balle de même taille, mais constituée d'un matériau blanc très peu dense, et donc beaucoup plus légère. Comparativement à l'autre, elle possède un poids trop petit pour sa surface. L'air a donc davantage de prise sur elle. (*Il laisse tomber les deux objets. La boule de pétanque percute le sol avec une légère avance sur l'autre.*) En diminuant le diamètre de la balle blanche, sans changer sa nature, j'augmente l'influence de l'air. (*Il sort une toute petite bille de polystyrène et la laisse tomber en même temps que la balle. Celle-ci arrive au sol avant la bille.*)

EINSTEIN. — Ce ne fut pas le moindre de vos titres de gloire, M. Galilée, d'avoir compris que la résistance de l'air constitue un phénomène parasite, bien qu'inéluctable sur Terre.

NEWTON. — Tiens tiens... Je commence à subodorer que mon différend avec M. Einstein repose sur un malentendu. Nous n'avons pas la même définition de ce qui est fondamental ou accessoire. Pour moi, la gravitation est en quelque sorte anecdotique. Je peux imaginer l'espace absolu sans la gravitation, même si je la reconnais omniprésente; tout comme

M. Galilée peut imaginer une Terre idéale, sans air. Mais vous, M. Einstein, vous considérez que la gravitation est constitutive de la nature de l'espace.

EINSTEIN. — L'espace-temps.

GALILÉE, *se rasseyant*. — Évidemment, vu la petitesse des temps de chute, ces expériences sont médiocrement précises. Mais on peut augmenter artificiellement la durée de la chute, avec un pendule. Adolescent déjà, tout en assistant à l'office en la cathédrale de Pise, j'observais les oscillations d'une lampe suspendue à la voûte par une longue corde, lorsque quelqu'un par inadvertance l'avait mise en mouvement. Par la suite, j'ai remarqué qu'en un point donné de la Terre, la durée d'une oscillation ne dépend que de la longueur du fil.

NEWTON. — J'ai lu vos conclusions dans votre dernier traité, les *Discours et démonstrations mathématiques concernant deux sciences nouvelles*.

GALILÉE. — Publié à Leyde en Hollande, et non point à Florence, afin d'éviter les foudres de l'Inquisition.

NEWTON. — Deux pendules auront des mouvements rigoureusement identiques si leurs fils ont même longueur, pour autant que l'effet de la résistance de l'air soit le même.

GALILÉE. — Et ceci, quelle que soit la nature de la substance qui les compose. Entre le rythme d'un corps en plomb et celui d'un corps en liège, la coïncidence est telle que sur mille vibrations, le premier n'acquiert sur le second aucune avance, fût-ce la plus minime. La gravité ne distingue ni la quantité de matière, ni sa qualité.

NEWTON. — Voici comment je comprends l'affaire. Plus un corps est massif, plus il est inerte, c'est-à-dire résiste davantage à changer son mouvement. Mais, d'autre part, plus il est massif, plus il est attiré vers la Terre et plus il a tendance à accélérer vers celle-ci. Et ces deux inclinations antagonistes se compensent exactement : j'appelle cela l'« égalité de la masse inerte et de la masse

gravitationnelle ». C'est pourquoi l'accélération gravifique est indépendante du corps. Je l'ai vérifié expérimentalement moi-même avec des pendules, obtenant la précision relative de un pour mille.

EINSTEIN. — En utilisant une balance à torsion, le Baron von Eötvös et ses collaborateurs ont atteint une précision relative de une partie pour cent millions. Et je ne doute pas que la marge d'erreur diminue encore à l'avenir. Je souhaiterais d'ailleurs concentrer le débat sur ce point. L'expérience de M. Galilée nous dévoile une propriété *essentielle* de la nature.

NEWTON. — Pensez-vous ! C'est un phénomène accidentel qui ne remet pas en cause ma lecture du monde.

EINSTEIN. — Je poursuis mon idée. Tous les corps tombent identiquement, disions-nous. Eh bien, j'érige ce résultat en un principe fondamental de la physique, le principe d'équivalence. M. Galilée a découvert que « si on se déplace tous ensemble avec la même vitesse, c'est comme si on ne bougeait pas ». Je décrète en le paraphrasant que « puisqu'on tombe tous ensemble, c'est comme si on ne tombait pas ». C'est la pierre angulaire de ma théorie, la relativité générale. (*Il se dirige vers le tableau pour expliquer la suite. Newton le remplace à son siège.*) Si l'on sectionne le câble d'un ascenseur, celui-ci va tomber vers la Terre en même temps que tous les objets qui se trouvent à l'intérieur, n'est-ce pas ?

GALILÉE. — Nous en convenons.

EINSTEIN. — Donc, si un passager lâche un trousseau de clefs, par exemple, celles-ci continueront à flotter librement près de sa main. Plus généralement, s'il lance ses clefs avec une certaine vitesse initiale, il les verra se déplacer en mouvement rectiligne et uniforme. Dans tous les cas, il est donc en droit d'affirmer qu'il n'y a pas de champ de gravitation dans l'ascenseur.

NEWTON. — En droit d'affirmer qu'il n'y a pas de gravitation ? Êtes-vous juriste, prestidigitateur ou physicien ? Mais je ne me

berce pas d'illusions, moi. Les clefs sont bel et bien soumises à la gravitation. Cependant, l'ascenseur accélère vers le bas et donc *par rapport à lui* les clefs ont tendance à être projetées vers le haut. Et les deux effets se compensent exactement, comme je le disais il y a un instant.

EINSTEIN. — Mon raisonnement est plus simple que le vôtre. Vous vous obstinez à voir deux termes qui, systématiquement, s'annulent mutuellement. Moi, je ne vois que leur somme, zéro.

NEWTON. — Sophisme ! L'ascenseur constitue un référentiel accéléré, donc non galiléen, et la dynamique n'y est pas la même que dans les référentiels galiléens. Vous traduisez fort maladroitement la situation en suggérant que la gravitation s'y annule : vous mélangez tout ! Votre conclusion ne serait correcte que si l'ascenseur était galiléen.

EINSTEIN. — Sauf votre respect, vous me rappelez ces docteurs Diafoirus du Moyen Age, persuadés que les notions de « haut » et de « bas » possèdent un sens absolu.

NEWTON. — Parbleu, c'est qu'ils ignoraient la rondeur de la Terre.

GALILÉE. — Pour nous, modernes, les indigènes de Patagonie ont la tête en bas. Pourtant, ils se déplacent sur leurs jambes.

NEWTON. — Les vocables « haut » et « bas » ne signifient rien en eux-mêmes. Ils ne doivent leur utilité qu'à l'étroitesse de l'expérience quotidienne dont ils sont issus.

EINSTEIN. — Bien. Élargissons donc notre cadre de pensée. Imaginez que vous soyez né dans un ascenseur en chute libre, M. Newton. Donc, depuis votre enfance vous voyez les corps flotter paresseusement dans l'air autour de vous.

NEWTON. — Cela ne m'empêcherait pas d'expérimenter à bord de mon référentiel. Je pourrais ainsi découvrir les forces gravitationnelles en mesurant l'attraction réciproque de deux sphères proches, comme le fit Monsieur Cavendish ; ou bien étudier les forces électrostatiques, comme Monsieur de

Coulomb ; et par conséquent, appréhender le concept d'inertie et, peut-être, déduire la loi fondamentale de la mécanique.

EINSTEIN. — Peut-être. Mais vous viendrait-il à l'esprit de déclarer votre ascenseur soumis à une accélération gravitationnelle, miraculeusement compensée par la tendance à l'inertie ? Non, M. Newton. Vous le jugeriez au repos par rapport à l'espace absolu, et le qualifieriez de « galiléen ». Vous voyez bien que cet adjectif, aussi arbitraire que les notions de « haut » ou de « bas » tout à l'heure, ne recouvre aucune réalité physique.

GALILÉE, *à part*. — Quelle insolence !

NEWTON. — Selon votre théorie de la relativité, comment interpréterais-je la situation si, regardant sous mes pieds, je voyais mon ascenseur natal s'approcher de la Terre ?

EINSTEIN. — Vous pourriez vous dire : « Tiens, quel est cet énorme globe qui fonce vers moi en accélérant ? Il pousse devant lui quantité d'êtres humains qui, sans cela, demeureraient immobiles comme moi. Les pauvres, ils sont plaqués comme des mouches à la surface. Cela doit être extrêmement inconfortable. Gare, ce monstre va me happer à mon tour ! »

NEWTON. — Mais la pomme attachée à l'arbre, elle est attirée par la Terre, tout de même ?

EINSTEIN. — Pas du tout. Où voyez-vous de la gravitation ? La branche entraîne la pomme vers le haut, en la tirant par la queue. C'est pour cela que la pomme accélère vers le haut.

NEWTON, *un peu ironique*. — Et quand elle est mûre, et se détache ?

EINSTEIN. — Elle se meut alors librement, en mouvement rectiligne et uniforme, pendant une petite fraction de seconde. Mais elle sentira vite le mufle humide de la Terre, qui la poursuit sans relâche un peu plus bas.

GALILÉE, *se levant et gagnant le tableau*. — Vous déjantez complètement ! Admettons que la Terre entraîne les personnes situées juste en-dessous de l'ascenseur. Appelons cet endroit l'équateur. Soit. Mais comment

expliquez-vous que les habitants du pôle nord soient, eux aussi, cloués au sol ?

EINSTEIN. — Remarque sagace. Je n'ai jamais prétendu qu'il existait un ascenseur unique dans lequel s'annule toute la gravitation de l'univers. De même, je ne songe nullement à réduire l'action de la Terre à celle d'un camion-balai unique. Ce que j'affirme, c'est qu'à chaque endroit de l'espace-temps il se trouve un ascenseur en chute libre qui peut se prétendre au repos et dans lequel je peux tenir mon raisonnement. On dit que la relativité générale est une théorie *locale*.

NEWTON. — Vous vous réfugiez derrière un galimatias indigne du bon sens le plus élémentaire. Lorsque j'avale une gorgée de thé, j'ai peine à croire que mon œsophage monte à la rencontre d'un breuvage immobile.

EINSTEIN. — Bonne idée, le thé. (*Il pose une bouilloire sur le poêle.*) Laissez-moi vous expliquer les choses autrement. Il n'existe aucun critère d'immobilité absolue. Vous n'avez donc aucun argument pour décréter que votre œsophage est immobile.

GALILÉE, *se rasant*. — Donc, selon vous, l'action de déglutir posséderait la vertu mystérieuse de faire s'élever ce local, avec ses occupants et ses meubles ?

EINSTEIN. — Je n'ai pas dit cela, M. Galilée. Vous reconnaissez vous-même qu'un voilier en mouvement uniforme sur un lac possède un mouvement « comme nul ». Serez-vous cependant assez sot pour affirmer que le rivage s'éloigne sous l'action du vent ? Non, bien sûr. Pourtant, cela ne vous empêche pas d'admettre que le mouvement uniforme est une notion relative. J'ai repris votre magnifique idée en l'étendant à la chute des corps.

GALILÉE. — Tout de même, c'est un peu provocateur.

EINSTEIN. — Ca le serait si un avatar quelconque endossait le rôle de l'espace absolu. Ainsi, mon point de vue perdrait certainement de sa pertinence si, par exemple, la Terre était le seul astre dans l'univers. En effet, dans ces

conditions il ne serait sans doute pas stupide d'envisager notre planète comme un repère privilégié au repos.

GALILÉE. — Et pourtant, elle tourne.

EINSTEIN. — Je ne vous le fais pas dire. D'ailleurs, dans le firmament tous les corps se déplacent les uns par rapport aux autres. À tout prendre, il est alors plus naturel de considérer que le mouvement de chute libre est « comme nul ».

NEWTON. — Quoi qu'il en soit, dans votre interprétation aussi bien que dans la mienne, les référentiels se répartissent en deux catégories : ceux qui sont galiléens, et les autres. Je ne vois pas ce que vous y gagnez, à part le malin plaisir de brouiller les cartes.

EINSTEIN. — J'économise de la pensée, mon ami : plutôt que postuler deux classes différentes de référentiels et justifier ensuite ce choix par une chimère — l'espace absolu —, je décrète qu'il n'y a pas de différence. Considérez deux ascenseurs tombant vers la Terre, aux antipodes l'un de l'autre : ils accélèrent l'un par rapport à l'autre. Vais-je dès lors m'entêter à les nommer « galiléens », quand cette notion a germé sous le vent rectiligne et uniforme de votre espace absolu ? Non, M. Newton. Coupée de ses origines, votre distinction perd son sens et devient surannée. Tous les référentiels sont physiquement équivalents pour la description des lois de la gravitation.

NEWTON, *bondissant*. — Vous êtes gonflé ! Vous rendez-vous compte de ce que vous affirmez ? La Terre et le Soleil s'attirent mutuellement sous l'effet de la gravitation. Donc ils tombent en chute libre l'un autour de l'autre. Je n'en démords pas : ils tombent *vraiment*. Mais l'accélération du Soleil est beaucoup plus petite que celle de la Terre, parce que sa masse est beaucoup plus grande. C'est pourquoi j'affirme que la Terre accélère *vraiment* par rapport à l'espace absolu ; et quasiment pas le Soleil. Vous... vous êtes en train de placer sur un pied d'égalité le référentiel lié à la Terre et celui lié au Soleil ! (*Il s'assied à demi sur la table.*)

EINSTEIN. — Aures habent et non audient !
IL-N'Y-A-PAS-D'ESPACE-ABSOLU.

GALILÉE. — Attendez une minute, j'ai peur de comprendre. J'ai passé toute ma vie à lutter contre les géocentristes, ces pygmées mentaux, ces idiots stupides, à peine dignes du nom d'êtres humains. Je me suis coltiné un procès pour avoir défendu la rotation de la Terre autour du Soleil. Ce n'est pas une simple hypothèse, comme le hasardait craintivement Nicolas Copernic, C'EST-LA-VÉRITÉ (*coup de poing sur la table*) ! Et si je comprends bien M. Newton, l'espace absolu est le garant de cette vérité. Vous viendriez, mon petit Monsieur, alléguer le contraire ?

EINSTEIN. — Je ne défends pas le géocentrisme. Mais en quelque sorte, en relativité générale il équivaut à l'héliocentrisme. D'autre part, prenez garde à la formulation. Il ne s'agit plus tant d'exprimer une relation entre la Terre et le Soleil — ce qui constituerait une lecture newtonienne encore imprégnée du concept de force gravitationnelle — que d'exprimer la relation entre chacun de ces astres et l'espace-temps.

GALILÉE. — Espace-temps qui n'a plus rien à voir avec l'espace absolu de notre estimé collègue anglais, c'est bien cela ?

EINSTEIN. — Exactement. Dans l'espace-temps, je le répète, un corps en chute libre n'accélère pas. Et je pousse la logique jusqu'au bout : en supprimant l'accélération gravitationnelle, je balaye également le concept de force gravitationnelle.

NEWTON. — Mais enfin, les corps ont tendance à se rassembler sous l'effet de la gravitation. La matière influence la matière. Oseriez-vous nier cela ?

EINSTEIN. — Je dirais plutôt que c'est l'espace-temps qui est influencé par la matière. A l'intérieur de ce cadre spatio-temporel, les corps se meuvent à vitesse constante.

NEWTON. — Mais alors... leur mouvement est rectiligne et uniforme.

EINSTEIN. — Absolument. Si j'ose m'exprimer ainsi.

GALILÉE. — Vous devriez faire vérifier les verres de vos lunettes. (*Il se lève, retire la petite balle de sa poche et la lance en oblique.*) Ceci s'appelle une parabole. C'est la trajectoire empruntée par les particules qui tombent à la surface de la Terre. Vous trouvez que c'est une ligne droite ?

EINSTEIN. — D'abord, il faut raisonner dans l'espace-temps. L'espace est une notion relative.

GALILÉE. — Cessez d'ergoter, je vous prie, la trajectoire n'en est pas plus droite pour autant.

EINSTEIN. — Eh bien, j'affirme que si.

NEWTON. — Je crains, mon cher, qu'il faille réviser davantage que vos lentilles.

EINSTEIN. — Écoutez, je viens de vous dire que la matière conditionne l'espace-temps. Voici comment : *j'adopte un cadre spatio-temporel tel que les corps en chute libre s'y déplacent en mouvement rectiligne et uniforme.*

GALILÉE, *se rasseyant*. — Je vous soupçonne de jouer sur les mots. Vos lignes ne sont plus « droites », au sens intuitif du terme.

EINSTEIN. — Je vous le concède. Dans ce contexte, les lignes droites sont plus volontiers appelées *géodésiques*.

NEWTON, *se rasseyant*. — Comment définissez-vous les géodésiques ?

EINSTEIN. — Supposez qu'un mobile parte d'un point donné dans l'espace-temps, par exemple lundi sur la Lune, et se rende en un autre point donné, par exemple mardi sur la planète Mars. J'appelle « géodésique » la trajectoire de longueur optimale.

GALILÉE. — Vous voulez dire, minimale ?

EINSTEIN. — Euh, en fait non. Elle serait en général plutôt maximale, mais là n'est pas la question. L'important est d'avoir une définition opérationnelle précise, et je la tiens à votre disposition, vous deux qui aimez les mathématiques. Figurez-vous que cette longueur correspond très exactement au temps dont vieillit le mobile au cours de son voyage.

NEWTON. — Ca me gêne que le temps, notion physique, intervienne dans votre définition d'un concept géométrique.

EINSTEIN. — Mais *la géométrie est une science physique !* D'où provient le théorème de Pythagore, cet archétype de la démonstration mathématique incontestable ? Des arpenteurs antiques, égyptiens ou babyloniens, qui ont tracé des triangles sur le sol et constaté que cette formule était correcte en pratique. Dans la suite, le Grec Euclide a axiomatisé la géométrie. Mais qu'est-ce qui confère aux axiomes leur pertinence ? Leur adéquation au monde physique, évidemment. Ainsi, le théorème de Pythagore résulte d'un postulat central, si évident en apparence qu'il se drape des couleurs de l'innocence.

GALILÉE. — Lequel ?

EINSTEIN. — La somme des angles d'un triangle est égale à cent quatre-vingts degrés.

GALILÉE. — Eh bien quoi, ce n'est pas vrai ?

EINSTEIN. — Cela dépend de ce que vous entendez par « triangle ».

NEWTON. — Voyons, il s'agit de la figure déterminée par trois lignes droites sécantes deux à deux.

EINSTEIN. — Oui, mais pour pouvoir utiliser pratiquement les notions géométriques, vous devez les mettre en rapport avec des objets de l'expérience. Qu'est-ce qui matérialise les lignes droites ?

GALILÉE. — Le trajet d'un rayon lumineux, par exemple.

EINSTEIN. — Votre réponse est intéressante. Mais je vous rappelle que tous les corps sont pesants et voient leur trajectoire s'incurver sous l'effet de la gravitation. La lumière n'échappe pas à cette règle. Malgré cela, je peux *décider* que la lumière, et plus généralement toute particule en chute libre, se propage le long de « lignes droites », c'est-à-dire de géodésiques dans l'espace-temps. Ce faisant, j'impose à celui-ci certaines propriétés mathématiques, et la somme des angles d'un triangle ne vaudra plus nécessairement

cent quatre-vingts degrés. Le théorème de Pythagore s'en trouvera invalidé. Vous ne contournerez pas cet écueil : une géométrie n'est *vraie a priori* que détachée du monde sensible. Pour pouvoir l'utiliser concrètement, il faut se donner des hypothèses supplémentaires en faisant correspondre aux schèmes conceptuels vides de la géométrie axiomatique des objets de la réalité sensible. Cette géométrie pratique peut être rangée parmi les sciences expérimentales.

GALILÉE. — Au fond, vous soulevez la question passionnante du rapport entre les mathématiques et la physique.

EINSTEIN. — Il n'existe pas de chemin menant de façon obligée depuis l'expérience vécue par nos sens jusqu'aux concepts. (*Il prend la bouilloire sur le poêle et sert le thé.*) En d'autres termes, les théoriciens de la physique disposent d'une certaine marge de manœuvre pour décrire la nature. La science doit beaucoup à la démarche créative et, à ce titre, peut revendiquer le statut d'œuvre d'art.

NEWTON. — Revenons à votre coup d'état contre l'espace absolu. (*Emphatique, tasse en main.*) Quand on immole l'empereur, Monsieur, quand on dilapide les lambeaux du pouvoir central sur une clique de hobereaux arrogants persuadés chacun de trôner sur le nombril du monde, alors, Monsieur, alors l'anarchie menace.

EINSTEIN, *amusé*. — Vous auriez dû faire du théâtre. Vous faites allusion à l'équivalence de tous les référentiels, je présume.

NEWTON. — Votre thèse ne tient pas la route et je le prouve. Vous dites que dans l'ascenseur en chute libre il n'y a pas de champ de gravitation. Mais attaquons le problème par l'autre bout et réenvisageons, si vous le voulez bien, l'exemple du train accélérant vers l'avant. (*Il se dirige vers le tableau, qu'il efface. Einstein se rassied à sa place initiale.*) À vous en croire, les passagers ont le droit de déclarer que leur train est au repos.

EINSTEIN. — Si vous voulez.

NEWTON. — Or, ils sont projetés vers l'arrière.

EINSTEIN. — Assurément.

NEWTON. — Pourquoi ?

EINSTEIN. — Parce que, dans le référentiel du train, il règne un champ de gravitation dirigé vers l'arrière ; et remarquez qu'effectivement, les voyageurs tombent tous de la même façon.

NEWTON. — Mais s'ils regardent défiler le paysage, ils verront bien que le clocher du village, près de la voie ferrée, ne s'effondre pas sous l'effet de votre soi-disant gravitation !

EINSTEIN. — Bien sûr, puisque l'église est en chute libre. C'est totalement inoffensif. Lorsque, à la piscine, vous sautez du tremplin, ressentez-vous quelque chose tant que vous êtes en l'air ? Moi pas. Le danger vous guette peut-être à l'atterrissage, mais la chute en elle-même est indolore.

NEWTON. — Mais enfin, il n'y a pas d'énorme masse attirante à l'arrière du train !

EINSTEIN. — En effet.

NEWTON. — Donc il ne s'agit pas d'un *vrai* champ de gravitation, cette accélération ne fait que traduire l'inertie de la matière. Les passagers ont tout simplement tendance à rester immobiles par rapport au quai, et donc à reculer par rapport au train lorsque celui-ci bondit vers l'avant.

EINSTEIN. — D'accord.

GALILÉE. — « Oui, en effet, d'accord »... Vous n'êtes guère contrariant.

NEWTON, *outré*. — C'est du relativisme !

GALILÉE. — Le gamin a raison. Le moment est venu de choisir votre camp, mon gaillard. Alors, inertie ou gravitation ?

EINSTEIN. — Votre terminologie est inappropriée — quoique je l'ai empruntée, je vous le confesse, un peu par provocation. L'inertie et la gravitation, au sens où vous les entendez, ne sont pas des « concepts vrais », ou « absolus », pour reprendre le vocabulaire que vous affectionnez. Comme vous l'épin-

glez fort justement, ils sont *relatifs* et tout discours les concernant prête à confusion.

Mais on peut transcender ces points de vue partiels et réducteurs en utilisant une notion qui les englobe tous les deux, en quelque sorte « l'inertie-tiret-gravitation ». Il s'agit d'un objet géométrique — absolu ou vrai, si ce jargon vous rassure — sur l'existence duquel tout le monde peut se mettre d'accord mais dont chacun, néanmoins, a une perception différente.

GALILÉE. — Vous êtes un mystique.

EINSTEIN. — Non, ce sont des mathématiques. Cet objet s'appelle le *tenseur métrique*.

NEWTON. — Vous pourriez nous en fournir une image mentale ?

EINSTEIN. — Il s'agit d'un concept assez abstrait. (*Il rejoint Newton au tableau.*)

Imaginez, dans l'espace intersidéral, une multitude de personnes toutes entassées au même endroit. Supposons que chacune d'entre elles souhaite décrire la position d'une étoile donnée en utilisant son tronc et ses deux bras, orientés dans des directions arbitraires propres à chaque individu.

GALILÉE, *à part*. — Ouf ! Quelle promiscuité !

EINSTEIN. — Ainsi, un premier observateur repérera l'étoile, par exemple à trente « tailles » juste au-dessus de sa tête. Un deuxième l'observera à quatre-vingts « bras droits » dans le prolongement de son bras droit. Un troisième, à cent « bras gauches » selon son bras gauche. Et ainsi de suite, avec d'autres cas de figure plus compliqués : toutes les déclarations varient. Or, chaque description en vaut bien une autre, je veux dire par là qu'elle permet de situer l'étoile sans ambiguïté.

GALILÉE, *à part*. — Quel amphigouri !

NEWTON. — Tous ces gens parlent de la même chose, mais s'expriment selon leurs propres conventions.

EINSTEIN. — Oui, on dit que chacun utilise son propre système de coordonnées.

GALILÉE. — Hum. Et le tenseur métrique, là-dedans ?

EINSTEIN. — C'est une machine extraordinaire : il convertit chaque déclaration en une information unique, toujours la même. Par exemple, « l'étoile se situe à cinquante mètres ». En d'autres termes, il met tout le monde d'accord. Mieux encore, si vous introduisez dans le tenseur métrique les données relatives à une deuxième étoile, il vous calculera l'angle entre sa direction et la direction de la première étoile. Il constitue en somme l'équivalent mathématique de la règle et du rapporteur.

NEWTON, *s'asseyant*. — Je comprends, mais je ne vois pas le rapport avec la gravitation.

EINSTEIN. — Si je connais le tenseur métrique, je peux déterminer objectivement les longueurs ; donc les lignes géodésiques ; donc les trajectoires des particules dans le champ de gravitation.

GALILÉE. — Je crois que je perds un peu le fil de la conversation. Vous ne pourriez pas résumer votre théorie de la relativité générale ?

EINSTEIN. — Bien volontiers. Voici. Principe d'inertie : un corps qui n'est soumis à aucune force se déplace en mouvement rectiligne et uniforme.

NEWTON. — Vous plaisantez ? C'est exactement ce que je martèle depuis le début de notre entretien.

EINSTEIN, *avec un sourire entendu*. — La formulation est la même mais le sens des mots a changé. Je vais tâcher de m'exprimer dans votre langage, M. Newton, ce qui n'est pas facile parce que, franchement, nos approches divergent complètement. Par « aucune force », vous devez comprendre « aucune force autre que la gravitation » : comme tous les corps réagissent identiquement à l'interaction gravitationnelle, je loge celle-ci dans la structure de l'espace-temps. Aussi mes « lignes droites » sont-elles définies dans un cadre plus large que l'espace euclidien

des Anciens Grecs. J'utilise en fait la géométrie des espaces courbes, développée au dix-neuvième siècle par le mathématicien Bernhard Riemann, et dans laquelle la notion de parallélisme est plus riche qu'en géométrie élémentaire.

GALILÉE. — Bon sang, mais c'est bien sûr ! La Terre et le Soleil se déplacent chacun en mouvement rectiligne et uniforme dans l'espace-temps de Riemann. Se demander lequel des deux tourne autour de l'autre est une question sans objet.

EINSTEIN. — Le mouvement orbital de la Terre est « comme nul ». Je suis votre débiteur, M. Galilée.

NEWTON. — Eurêka ! En supprimant la force de gravitation, vous pouvez étendre mon principe d'inertie à la chute des corps.

EINSTEIN. — En mécanique newtonienne, les planètes décrivent des trajectoires courbes dans l'espace absolu. Cet espace est « droit ». Cela signifie que la géométrie d'Euclide y règne en maître, et que le plus court chemin entre deux points est la ligne droite intuitive. En mécanique relativiste, les planètes décrivent des trajectoires « droites », entendez par là : « géodésiques », dans un espace-temps courbe. L'espace-temps courbe est un diamant taillé à myriades de facettes minuscules. Sur chacune d'elles glissent des ascenseurs en chute libre, et dans chaque cabine transparait le reflet lointain de l'espace absolu. Je suis votre débiteur, M. Newton.

NEWTON. — En quelque sorte, les ascenseurs accélèrent en passant d'une facette à l'autre. Mais aucune ne peut prétendre au rang de référence absolue.

EINSTEIN. — Et si bien poli est mon joyau, que la transition entre facettes s'effectue sans le moindre heurt.

GALILÉE. — Dans ces conditions, il serait inconvenant de continuer à décrire la chute libre comme un mouvement accéléré.

EINSTEIN. — L'espace-temps riemannien se caractérise par la donnée, en tout point, du tenseur métrique, concept géométrique qui

intègre les anciennes notions de gravitation et d'inertie. Lorsqu'un train accélère vers la droite, il a le droit de considérer que le buffet de la gare tombe vers la gauche. L'ouvrier tombant du toit estimera, en toute légitimité, que le buffet est poussé par la Terre vers le haut. Ces observateurs peuvent s'exprimer ainsi car il n'existe pas de repère privilégié pour juger leurs propos selon des critères absolus. On ne peut avoir du monde qu'une vision relative. Cependant — et c'est là que réside toute l'astuce de la théorie — en un point donné de l'espace-temps, chacun décrypte à sa façon le *même* tenseur métrique.

NEWTON. — En raisonnant ainsi, vous abolissez la distinction entre dynamique gravitationnelle et cinématique.

EINSTEIN. — On peut le dire comme cela. Mais attention, cet énoncé n'est valable que *localement*.

NEWTON. — Comment établissez-vous le lien entre la matière et le tenseur métrique ?

EINSTEIN. — En résolvant les « équations du champ de gravitation relativiste », qu'après bien des atermoiements j'ai publiées le 25 novembre 1915. Elles s'expriment de la même façon dans tous les systèmes de coordonnées, conformément à l'exigence d'équivalence physique de tous les référentiels.

NEWTON. — Ainsi donc, vous êtes parvenu à écrire des équations qui ne changent pas de forme quand on passe des montagnes russes à la baraque à frites.

EINSTEIN. — Oui. Ce fut peut-être mon plus grand exploit intellectuel.

GALILÉE. — La relativité générale semble une théorie naturelle et conceptuellement très simple.

EINSTEIN. — Mais ce qui importe, ce n'est pas tant d'obtenir le maximum de simplicité pour la géométrie que d'obtenir le maximum de simplicité pour *la physique, y compris la géométrie*.

GALILÉE. — Vous m'avez convaincu, M. Einstein : il serait incommode de s'acharner à conserver la géométrie d'Euclide. En

définitive, vous allez plus loin encore que ce Monsieur Henri Poincaré. (*Il désigne le livre évoqué au début de l'entretien.*) C'était un immense précurseur.

EINSTEIN. — Un savant à l'esprit pénétrant et perspicace.

NEWTON. — J'admets également que votre point de vue est cohérent. Disons même... esthétique. Mais le mien a ses avantages : il est intuitif, commode et pratique. Et jamais un critère esthétique ne pourra nous départager.

EINSTEIN. — Vous avez raison. Ca, c'est le rôle de l'expérience. Et je puis vous dire que les observations prêchent en ma faveur. Ainsi, le mouvement de la planète Mercure autour du Soleil n'est pas tout à fait conforme à vos prédictions, M. Newton. Le décalage est ténu, moins d'une minute d'arc par siècle, mais il est inexplicable dans le cadre de votre théorie. Il s'avère que la relativité générale fournit la position correcte. Je ne cesserai jamais de m'éblouir qu'un résultat aussi précis puisse découler de principes généraux : j'y vois le signe que la pensée rationnelle peut contribuer à percer les mystères de la nature. L'esprit humain n'est pas étranger à l'harmonie du monde.

GALILÉE. — Affaire à suivre, Messieurs. (*Il se lève.*) À propos de géométrie, on m'a signalé l'existence, dans cette charmante petite cité provinciale, d'un « Carré » fort intéressant à visiter. J'ai soif d'en savoir davantage.

NEWTON, *se levant*. — Oh, oh. Dépêchons-nous, alors. Je suis impatient de tester le champ de gravitation dans le tramway.

EINSTEIN. — Voilà ce qui s'appelle... une belle chute, chers collègues. On est partis !

Noir.