

Le Temps et la Géométrie Physique

Par Hilary Putnam¹

Je pense que si nous tentions d'énoncer l'opinion de « l'homme de la rue » sur la nature du temps, nous découvririons que le principe majeur à la racine de ses convictions en la matière pourrait être exprimé comme suit :

(1) Toutes les choses (et seulement elles) qui existent *maintenant* sont réelles.

Les choses futures (qui n'existent pas encore) ne sont pas réelles (selon ce point de vue) ; même si elles *seront* bien entendu réelles lorsque le temps approprié sera devenu le temps présent. De manière similaire, les choses passées (qui ont cessé d'exister) ne sont pas réelles, même si elles *furent* réelles dans le passé.

Il nous faudra manifestement faire des hypothèses concernant le concept de *réel* si nous voulons pouvoir discuter le point de vue de l' « homme de la rue ». Voici celles que je ferai :

I. Je-maintenant suis réel. (Cette hypothèse change bien sûr à chaque fois que je l'énonce, puisque « je-maintenant » se réfère à un « moi » instantané différent.)

II. Au moins un autre observateur est réel, et il est possible pour cet autre observateur d'être en mouvement par rapport à moi.

Enfin, l'hypothèse la plus importante, à laquelle il sera fait référence (lorsqu'elle sera correctement comprise) par le principe selon lequel il n'y a pas d'observateur privilégié.

III. S'il est vrai que toutes les choses, et seulement elles, qui sont dans une certaine relation R avec moi-maintenant sont réelles, et que toi-maintenant est réel aussi, alors il est également vrai que toutes les choses, et seulement elles, qui sont en relation R avec toi-maintenant sont réelles.

Si l'hypothèse III est pertinente, il est nécessaire d'entendre l'expression « les choses » comme désignant non seulement les choses présentes, mais aussi toutes les choses passées, présentes, et futures, et ce, que l'on considère toutes ces choses comme « réelles » ou non. (Ainsi, l'hypothèse

¹ Cette communication a été lue lors d'une réunion de l'*American Physical Society* à New York, le 27 janvier 1966. Elle a été publiée dans *The Journal of Philosophy*, volume 64, numéro 8 (27 avril 1967), pp. 240-247. Traduit de l'anglais par Thomas Duzer (© Octobre 2010)

III doit-elle être comprise comme étant exprimée dans un langage « intemporel », sauf pour les termes indexicaux « moi-maintenant » et « toi-maintenant ».) Deuxièmement, R doit être réservée aux relations physiques qui sont supposées être indépendantes du choix du système de coordonnées (ainsi que l'était la simultanéité dans la physique *classique*) et être définissable d'une manière « intemporelle » en termes de notion fondamentale de la physique. Et enfin, il ne doit dépendre de rien d'*accidentel* (physiquement parlant) que toutes les choses, et seulement elles, qui sont en relation R avec moi-maintenant, soient réelles.

Nous remarquons que si nous supposons vraie la physique classique et considérons la relation R comme étant la relation de simultanéité, alors, selon (1), il est vrai que toutes choses, et seulement elles, qui sont en relation R avec moi-maintenant sont réelles, et le principe III est satisfait car la relation de simultanéité est transitive.

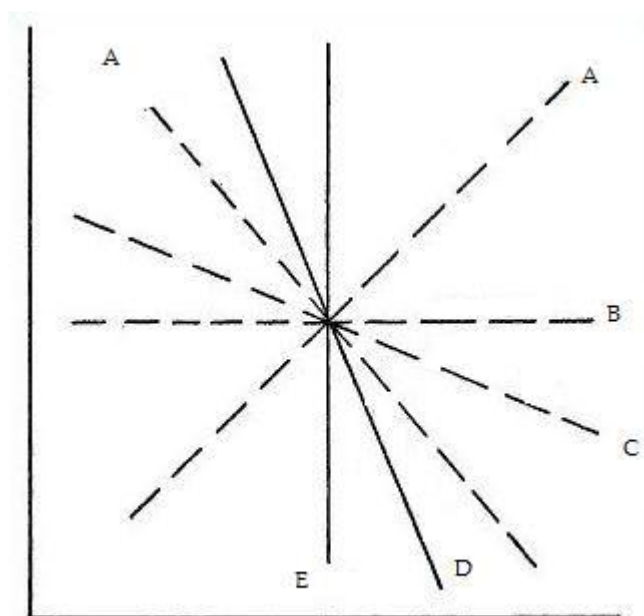


FIGURE 1

A. Rayon de lumière

B. Mon « maintenant »

C. Ton « maintenant »

D. Ta ligne d'univers

E. Ma ligne d'univers

Finalement, je supposerai que la relativité restreinte est vraie.

On découvre alors quelque chose de vraiment remarquable. A savoir que pour chacun des choix naturels de la relation R , il s'avère que les choses *futures* (ou les événements) sont déjà réels ! Par exemple, supposons que je considère la relation R comme étant la relation de simultanéité (ainsi que suggéré par (1)). Pour le reste de cette communication, je supposerai réelle la situation physique (parfaitement possible) suivante : toi-maintenant et je-maintenant sommes actuellement au même endroit, mais nous nous déplaçons à des vitesses relatives très grandes (par rapport à la vitesse de la lumière, que je considérerai être = 1). Par conséquent, nos lignes d'univers sont telles que montrées dans la figure 1 (j'ai également dessiné notre « cône de lumière » en vue d'une discussion ultérieure) :

Ainsi, ne pouvons-nous maintenant considérer la relation de simultanéité-dans-mon-système-de-coordonnées comme étant R sans violer la manière dont le principe selon lequel il n'y a pas d'observateur privilégié doit être compris. Nous devons plutôt considérer R comme étant la relation de simultanéité-dans-le-système-de-coordonnées-de-*l'observateur*. Alors, si nous supposons vrai que toutes les choses, et seulement elles, qui sont dans *cette* relation R à moi-maintenant sont réelles, je découvre que toi-maintenant est aussi réel (puisque je-maintenant et toi-maintenant sommes simultanés-en-un-point et, donc, simultanés dans *tout* système de coordonnées). Par conséquent, tout ce qui est dans la relation R avec toi – tout ce qui est simultané à toi-maintenant dans *ton* système de coordonnées – est également réel. Cependant, il est bien connu que, comme conséquence de la relativité restreinte, il existe des événements qui sont dans « le futur » selon *mon* système de coordonnées et qui se trouvent dans le « présent » de toi-maintenant selon *ton* système de coordonnées. Puisque ces choses sont dans une relation R à toi-maintenant, et que toi-maintenant est réel, et qu'il était tenu pour vrai que toutes les choses, et elles seulement, qui sont dans une relation R à moi-maintenant sont réelles, le principe III exige que je qualifie ces choses et événements futurs de réels ! (Mais, en fait, je me trouve maintenant face à une contradiction : ces choses futures ne sont pas dans la relation R à moi-maintenant, et mon hypothèse selon laquelle toutes les choses, et elles seulement, qui sont dans *cette* relation R à moi-maintenant sont réelles était déjà en contradiction avec le principe selon lequel il n'y a pas d'observateur privilégié.)

La difficulté est évidente : ce que le principe selon lequel il n'y a pas d'observateur privilégié exige c'est simplement que la relation R soit *transitive* ; c'est-à-dire qu'elle ait la propriété que de xRy et yRz suive que xRz . La simultanéité-dans-*mon*-système-de-coordonnées possède cette propriété, puisque si x est simultané à y dans mon système de coordonnées, et y est simultané à

z dans mon système de coordonnées, alors x est également simultané à z dans mon système de coordonnées ; la simultanéité-dans-*mon*-système-de-coordonnées n'est toutefois pas admissible comme choix de R , parce qu'elle dépend du système de coordonnées. Et la relation « x est simultanée avec y dans le système de coordonnées de x » (qui est essentiellement la relation que nous venons de considérer), quoiqu'admissible, n'est pas transitive, puisque, si je-maintenant suis simultané avec toi-maintenant dans le système de coordonnées de moi-maintenant, et toi-maintenant es simultané avec un événement X , il *ne s'ensuit pas* que je-maintenant sois simultané avec un événement X dans le système de coordonnées de moi-maintenant.

Et si nous combinons le fait que, selon III, la relation R doit être transitive avec notre désir de préserver le principe suivant, qui est une moitié de (1) :

(2) Toutes les choses qui existent maintenant sont réelles. – nous voyons alors rapidement que les choses futures doivent être réelles.

Si la relation R satisfait (2) – et je considère (2) comme signifiant (au moins quand *je* l'affirme) que toutes les choses qui existent *maintenant* selon *mon* système de coordonnées sont réelles – et toi-maintenant es tel que dans la figure 1, alors toi-maintenant dois être dans la relation R avec moi-maintenant, puisque tu existes à la fois *ici* et *maintenant*. Néanmoins, si la relation R existe toujours entre tous les événements qui se trouvent sur une certaine « ligne de simultanéité » dans mon système de coordonnées et cet-observateur-au-temps-approprié, alors (puisque les lois de la nature sont invariantes sous la transformation de Lorentz, en vertu du principe de relativité restreinte), la relation R doit aussi exister entre tous les événements sur une certaine « ligne de simultanéité » dans le système de coordonnées de *tout* observateur et cet-observateur-au-temps-approprié. Par conséquent, tous les événements qui sont simultanés avec toi-maintenant dans *ton* système de coordonnées doivent *aussi* être en relation R avec toi-maintenant. Soit l'événement X un tel événement se trouvant « dans le futur » selon *mon* système de coordonnées (si nos vitesses sont telles que montrées dans la figure 1, alors un tel événement doit toujours exister). Alors, puisque l'événement X est en relation R avec toi-maintenant, et que tu-maintenant es en relation R avec moi-maintenant, l'événement X est en relation R avec moi-maintenant. Mais nous avons choisi R telle que tous les événements, et eux seulement, qui sont en relation R avec moi-maintenant sont réels. L'événement X , qui est un événement *futur* selon mon système de coordonnées, est déjà réel !

La bataille spatiale demain. Un problème différent relatif au temps a été étudié par Aristote. Aristote était ce que nous appellerions de nos jours un « indéterministe ». Il ne pensait pas que le résultat de certains événements futurs – son exemple était : qui va gagner la bataille navale demain ? – était déterminé à l'instant présent. Etant donné cette hypothèse, il trouvait difficile

de croire que l'énoncé « les A gagneront la bataille navale » avait déjà une valeur de vérité, c'est-à-dire qu'il était déjà vrai ou déjà faux. Il suggérerait plutôt que de tels énoncés au sujet des «futurs contingents» *n'*avaient *pas* de valeur de vérité.

Certains philosophes diraient que cette croyance repose sur une simple *erreur* de la part d'Aristote, que « est vrai » et « est faux » sont des prédicats *intemporels*, et que les énoncés sont «vrais» et «faux» *simpliciter*, pas « déjà vrai » ou « vrai maintenant » ou « allant être vrais », etc. Mais c'est commettre un raisonnement circulaire. Si tout énoncé qui est vrai à un certain instant est vrai à chaque instant, alors il est en effet pertinent de se débarrasser de cette manière de parler et de rendre « vrai » et « faux » intemporels (ce qu'ils *ne* sont d'ailleurs manifestement *pas* dans le langage ordinaire). Mais c'est la justesse de cette opinion – que vous l'exprimiez en disant que la vérité est éternelle ou en disant que la vérité est « intemporelle » n'a pas d'importance – qu'Aristote mettait en question. Il est déloyal de postuler une forme de langage qui présuppose qu'Aristote avait tort et ensuite d'utiliser la correction présumée de ce formalisme linguistique comme un argument à l'encontre d'Aristote.

Il serait aisé d'écrire une liste de prédicats P1, ..., Pn tels que, selon le point de vue d'Aristote, l'énoncé selon lequel tout événement passé ou présent (accompli) possède les propriétés P1, ..., Pn a toujours une valeur de vérité. Le point de vue d'Aristote est donc une sorte de supplément à ce que nous avons appelé l'opinion de « l'homme de la rue » sur le temps. Le principe (1) affirme l'existence d'une différence fondamentale entre le présent d'une part, et le passé et le futur d'autre part ; mais il ne soutient pas qu'il y ait une différence entre le passé et le futur ; ni les choses passées ni les futures ne peuvent maintenant être dites réelles. Aristote aurait peut-être accepté ce point de vue, mais il aurait toutefois ajouté qu'il existe une différence fondamentale entre le passé et le futur, à savoir que les événements passés sont maintenant déterminés, les énoncés pertinents à leur sujet ont désormais acquis une valeur de vérité qui y restera « accolée » pour toujours ; mais les événements futurs sont indéterminés et au moins certains des énoncés les concernant ne sont pas encore vrais ou faux. (Le fait que vous puissiez changer le futur mais pas le passé aurait été expliqué par Aristote dans les termes de cette asymétrie fondamentale entre eux.)

Aristote avait tort. Au moins avait-il tort si la relativité est vraie ; et il y a aujourd'hui de meilleures raisons de croire la relativité plutôt que de croire Aristote, du moins sur ce point. Pour le comprendre, retournons à la situation illustrée par la figure 1, et supposons une bataille spatiale qui se trouve « dans le futur » dans mon système de coordonnées (c'est-à-dire, au dessus du « maintenant » de « moi-maintenant ») mais qui se situe dans le passé dans ton «système de coordonnées (c'est-à-dire en dessous de « maintenant » de « toi-maintenant »). Alors, puisque la bataille spatiale est « dans le futur » (pour moi), je dois déclarer que l'énoncé

«les A gagneront ou ont déjà gagné » n'a pas de valeur de vérité. Mais si vous dites que ce même énoncé *a* une valeur de vérité – ainsi que vous devez le faire, si Aristote a raison, puisqu'il est « dans le passé » pour vous – alors vous et moi ne pouvons pas avoir raison tous les deux. Ni même seulement l'un d'entre nous ne le peut, sans devenir un observateur privilégié².

La question s'éclaircit encore lorsqu'elle est considérée d'une manière un peu plus abstraite. Supposons qu'Aristote avait raison. Je montrerai alors que nous pouvons définir une relation de Simultanéité Absolue, qui contredit la relativité. En effet, je définis un événement comme étant Absolument Futur si l'énoncé selon lequel il possède la propriété *Pi* (où *Pi* est l'une des propriétés dans la liste à laquelle il a été fait allusion plus haut) n'a pas de valeur de vérité. Je définis un événement comme étant Absolument Présent s'il n'est *pas* Absolument Futur et si tout événement qui se trouve dans son futur propre (c'est-à-dire qui se produit plus tard dans sa ligne d'univers – ceci est invariant de manière relativiste) est Absolument Futur. Deux événements sont alors Absolument Simultanés si et seulement si il existe un temps (dans le système de coordonnées de *n'importe quel* observateur) dans lequel ils sont tous deux Absolument Présents. (On peut également définir *cet* observateur comme étant en Repos Absolu.)

² On ne peut non plus éviter la difficulté en abandonnant l'objectivité de la vérité, et en parlant de « vérité-pour-moi » et « vérité-pour-toi ». En effet, s'il est même vrai-pour-moi que l'énoncé en question *a une valeur de vérité-pour-toi* alors soit il est vrai-pour-moi que l'énoncé en question est vrai-pour-toi, soit il est vrai-pour-moi que l'énoncé en question est faux-pour-toi (puisque « vrai-pour-toi » et « faux-pour-toi » sont les deux seules valeurs-de-vérité-pour-toi). Mais s'il est vrai-pour-moi que « les A ont gagné ou gagneront la bataille spatiale » est vrai-pour-toi, alors, à tous égards, « les A ont gagné ou gagneront la bataille spatiale » est vrai-pour-moi aussi, puisque les deux faits – le résultat de la bataille spatiale et la valeur-de-vérité-pour-vous de cet énoncé – ont exactement le même statut relativement à moi ; et, de la même manière, s'il est vrai-pour-moi que « les A ont gagné ou gagneront la bataille spatiale » est faux-pour-toi, alors, à tous égards, « les A ont gagné ou gagneront la bataille spatiale » est faux-pour-moi aussi. Je ne dois donc pas considérer comme vrai que « les A ont gagné ou gagneront la bataille spatiale » est soit vrai-pour-toi soit faux-pour-toi, si je souhaite soutenir que ce futur contingent n'a pas de valeur de vérité. Et par conséquent, s'il est vrai que:

Pour chaque énoncé contingent *S* et chaque observateur *O*, (*S* est vrai-pour-*O* ou *S* est faux-pour-*O*) si et seulement *S* désigne un événement dans la moitié inférieure du cône de lumière de *O* – alors cette « vérité » ne peut elle-même être affirmée par aucun observateur sous peine de contradiction ! (Je ne suppose ici quant à la logique du « vrai-pour-moi » que : si $p \vee q$ est vrai-pour-moi, alors soit p est vrai pour moi soit q est vrai-pour-moi. Bien entendu, nous pourrions toujours tenter des modifications plus radicales de la logique. Mais il semble nettement préférable – en ce qui me concerne, du moins – de *ne pas* le faire, et de concéder plutôt l'objectivité des futurs contingents.)

Ce n'est pas critiquer le talent d'Aristote que de dire qu'il s'est trompé, pas plus que ce n'est une critique de Newton que de constater qu'il n'a pas réussi à anticiper la relativité. Le monde aurait-il été différent de ce qu'il est, ces sortes d'objections n'auraient pas pu être faites contre le point de vue d'Aristote. Mais il est important de saisir que le point de vue d'Aristote dépend d'une « passéité » et d'une « futurité » *absolues*, tout comme en dépend la physique newtonienne qui est obsolète pour la même raison.

Je pourrais essayer de sauver le point de vue selon lequel les « futurs contingents » n'ont pas de valeur de vérité en disant que même les énoncés au *présent* n'ont pas de valeur de vérité s'ils désignent le résultat d'événements qui sont si éloignés qu'un signal causal m'informant du résultat ne pourrait pas m'avoir atteint, moi-maintenant, sans voyager plus vite que la lumière. En d'autres mots, je pourrais essayer d'affirmer que ces énoncés concernant les événements qui ne sont ni dans la moitié supérieure ni dans la partie inférieure de mon cône de lumière n'ont pas de valeur de vérité. De plus, des énoncés au sujet d'événements dans la moitié supérieure de mon cône de lumière n'ont pas de valeur de vérité, puisqu'ils se trouvent dans mon futur selon tout système de coordonnées. Seuls donc des énoncés à propos d'événements situés dans la moitié inférieure de mon cône de lumière ont une valeur de vérité ; seuls sont déterminés des événements qui se trouvent dans « mon passé », selon *tous* les observateurs.

Toutefois, ceci viole de manière flagrante l'idée selon laquelle il n'existe pas d'observateurs privilégiés. Pourquoi un énoncé ayant ou non une valeur de vérité devrait-il dépendre de la relation des événements auxquels on fait référence dans l'énoncé avec un seul être humain spécial, *moi* ? En outre, la conséquence suivante, hautement indésirable, découle de ce point de vue : soit Oscar un individu dont toute la ligne d'univers est à l'extérieur du cône de lumière de moi-maintenant. Soit moi-futur une de mes « phases » futures telle qu'Oscar est dans la moitié inférieure du cône de lumière de moi-futur. Alors, lorsque ce futur devient présent, il deviendra vrai qu'Oscar *a existé*, bien qu'il n'y aura jamais eu de valeur de vérité à la déclaration au présent que « Oscar existe maintenant ». Les choses pourraient *avoir été*, sans qu'il n'ait jamais été vrai de dire qu'elles *sont* !

Moralités et conclusions. Quelle morale devrait être tirée de tout ceci ? Dans la première partie de cette communication j'ai montré que, si nous apparions l'hypothèse III avec le principe (2), nous devons affirmer que les choses futures sont réelles, même si elles n'existent pas encore. Strictement parlant, j'ai seulement montré que *certaines* choses futures sont réelles, et seulement sous l'hypothèse de la situation illustrée par la figure 1. Cependant, l'argument peut évidemment être étendu (en introduisant certaines hypothèses supplémentaires que virtuellement personne ne contesterait) pour montrer que *toutes* les choses futures sont réelles (les « choses » incluent ici les « événements »), et, de la même manière, que toutes les choses

passées sont réelles, même si elles n'existent pas *maintenant*. Pour l'expliquer clairement : si j'accepte (2), alors je dois déclarer que toutes ces choses sont réelles (mais pas *seulement* ces choses, comme nous l'avons vu) qui ont avec moi la relation suivante : la relation de y avec x seulement dans le cas où y est simultanée à x dans le système de coordonnées de x . Je dois décrire la relation de cette manière, et non comme « la relation de y avec x seulement dans le cas où y est simultanée à x dans le système de coordonnées de moi-maintenant », parce que sinon je soutiendrais le point de vue selon lequel les choses réelles ont avec moi-maintenant une relation qui n'est pas invariante selon la transformation de Lorentz et, par conséquent, qu'elles définissent une simultanéité absolue. Mais le principe III exige alors que je considère aussi comme réelle chaque chose et événement qui est dans une relation de *fermeture transitive* de R avec moi (c'est-à-dire qui relie R à moi, ou qui relie R à quelque chose qui relie R à moi, ou ...) Mais chaque chose et événement dans l'espace-temps se trouve dans une relation de fermeture transitive de la relation susmentionnée à moi, du moins s'il y a suffisamment d'observateurs. Et, si nous considérons tous les systèmes physiques (même les champs électromagnétiques, etc.) comme des « observateurs » (et pourquoi ne pas le faire ?) et autorisons les observateurs à utiliser des systèmes de coordonnées dans lesquels ils ne sont pas au repos, alors il y a certainement « suffisamment d'observateurs ».

Dans la deuxième partie de cette communication j'ai montré que les énoncés contingents au sujet des événements futurs ont déjà une valeur de vérité. En conséquence, la notion «intemporelle» d'existence (c'est-à-dire qui équivaut à « existera, ou a existé, ou existe maintenant ») est parfaitement bien définie. Ceci est heureux, car le résultat de la première partie de cette communication aurait pu aussi être énoncé en disant que la notion « être réel » se trouve être coextensive à la notion *intemporelle* d'existence.

J'en conclus que le problème de la réalité et du caractère déterminé des événements futurs est désormais résolu. De plus, il est résolu par la physique et non par la philosophie. Nous avons appris que nous vivons dans un monde non pas tridimensionnel mais quadridimensionnel, et que l'espace et le temps – ou, mieux, des intervalles de genre espace et des intervalles de genre temps – sont seulement deux aspects d'un unique continuum quadridimensionnel avec une métrique particulière qui parfois autorise la distance $(y,x)=0$ même lorsque $x \neq y$. En effet, je ne pense pas qu'il y ait encore des problèmes *philosophiques* au sujet du Temps ; il y a seulement le problème physique consistant à déterminer la géométrie physique exacte du continuum quadridimensionnel que nous habitons.

Dans cette communication je n'ai parlé que des aspects relativistes du problème du temps physique : il y a aussi, bien entendu, le problème de la thermodynamique, et de savoir si la deuxième loi explique ou non l'existence de processus « irréversibles » (le soi-disant « problème

de la flèche du temps »), et le problème de l'existence ou de la non-existence de vraies irréversibilités en mécanique quantique, qui est fiévreusement débattu. Je n'ai pas parlé de ces problèmes.

Traduit par Thomas Duzer