



Contradições no pensar o espaço, o tempo e o movimento

Bernard Guy

École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne

guy@emse.fr

Tradução: Marly Segreto

Um discurso sobre o espaço e o tempo, sua construção conjunta

Nosso ponto de partida será fornecido pela opinião da maioria dos físicos, e corroborada pelo senso comum. Podemos resumi-la da seguinte maneira: existem duas "substâncias", distintas e dadas de antemão: o espaço de um lado e o tempo de outro, que fornecem um quadro para a nossa descrição do mundo. Atribuimos a elas (descrevemos por meio de) duas séries de variáveis: x, y, z de um lado, t do outro. Consideramos que pode ser difícil chegar aos valores dessas variáveis, mas trata-se de uma questão de paciência, de utilização de instrumentos sempre mais performantes, de cálculos sempre mais avançados que devem permitir uma precisão continuamente melhor. As discussões e as contradições eventuais não se apóiam, geralmente, nesse ponto de partida.

Neste artigo nosso objetivo é, ao contrário, mostrar que espaço e tempo não são dados de antemão, nem distintos, mas *construídos*, e *construídos conjuntamente em oposição um ao outro*. Se a elaboração dos conceitos de espaço e de tempo já foi discutida por diversos autores, nós insistiremos – e este é o ponto importante e, em nossa opinião, novo – sobre sua construção *conjunta*. Nós evocaremos algumas consequências desse ponto de vista sobre a compreensão da teoria da relatividade e dos problemas que podem se apresentar, assim como sobre a questão do tempo de maneira mais geral. No quadro dos presentes ateliês, mostraremos mais particularmente que o discurso sobre o espaço e o tempo assim construído faz intervir certas formas de contradição, e que outras propriedades são encontradas nos discursos desse tipo, o que quer dizer que elas mostram contradições fecundas ("pensamento complexo" no sentido de Morin, discurso de "razão antagonica" no sentido de Léonhardt...):

- propriedade de incompletude: necessidade que há num discurso de se reportar a algo exterior a ele, de depender de escolhas exteriores a ele; o discurso não pode englobar tudo;
- propriedade de incerteza: limite em relação à precisão das grandezas (nós não estamos "seguros" em relação aos valores numéricos que lhes são atribuídos); ou de maneira mais ou menos equivalente: não correspondência estrita entre as palavras e as coisas;
- tomadas de decisões arbitrárias (deixadas ao livre arbítrio);
- presença de circuitos de recursividade, de círculos epistemológicos (situação de autorreferência: "giramos em círculo").

Não comentaremos detalhadamente essas propriedades que, para alguns, já foram encontradas na mecânica quântica (ver as análises de d'Espagnat, por exemplo, além dos

autores já citados), ainda que elas não tenham sido identificadas nos discursos sobre o espaço e o tempo e a teoria da relatividade. Essas propriedades estão ligadas e constituem outras tantas entradas no cerne desses discursos. Mostraremos de passagem como elas intervêm no discurso sobre o espaço e o tempo.

O tempo de Newton, o tempo de Einstein

Para tornar mais compreensível a nossa démarche sobre o espaço e o tempo será proveitoso voltar a Newton e Einstein. Com Newton, nós consideramos num dado momento que existem, ao menos como instrumentos de pensamento, de um lado o espaço, que podemos definir e medir com a ajuda de réguas, e de um outro lado o tempo, que podemos definir e medir com a ajuda de relógios. O importante é ver que há uma separação estanque entre os dois conceitos. Com Einstein e a relatividade, tempo e espaço vão agora de mãos dadas: não há separação estanque entre eles. Isso se traduz pelo fato de que as leituras que nós fazemos sobre as réguas e os relógios estão ligadas. Mas insistiremos em dizer que há sempre dois conceitos distintos. Há sempre duas séries de variáveis: sempre distinguimos, de antemão, t de x , y , z . Falamos sempre de réguas e de relógios. A relatividade não contesta essa distinção. O "espaço-tempo" da relatividade propõe uma espécie de ligação entre dois conceitos que permanecem distintos.

E é essa visão que nós desejaríamos criticar com bastante intensidade, pois ela não corresponde à realidade, para nós ela não corresponde suficientemente à realidade. Efetivamente, quando nos deparamos com o mundo, não há réguas dadas de antemão, independentes do mundo, que nos permitam definir e medir o espaço; não há relógios dados de antemão, independentes do mundo, que nos permitam definir e medir o tempo¹. Nós diremos que não há senão fenômenos. E nós não podemos senão comparar fenômenos com outros fenômenos. Para definir o espaço e o tempo, nós somente podemos nos colocar diante de uma variedade de fenômenos, e comparar fenômenos com outros fenômenos.

Um círculo epistemológico: um mundo de fenômenos, um mundo de movimentos

E é aí que nos deparamos com um círculo epistemológico tal como aqueles que indicamos acima. De fato, ao mesmo tempo, é somente comparando de maneira quantitativa os fenômenos com outros fenômenos, isto é, considerando vários fenômenos, que nós poderemos fazer a divisão entre o espaço e o tempo, mas, ao mesmo tempo, do ponto de vista conceitual, do ponto de vista qualitativo, nós precisamos do espaço e do tempo para poder falar de um fenômeno elementar, para definir, para conceber o que nós chamamos de fenômeno elementar.

O que é um fenômeno elementar? Um fenômeno é, de maneira um pouco vaga, uma porção da realidade sensível. Por razões que poderíamos discutir mais longamente, utilizaremos a palavra *movimento* para falar de fenômeno, que nós associaremos a toda amplitude de realidade sensível. Nós distinguiremos: o espaço de um lado, ou a amplitude do movimento, o tempo de um outro lado, ou o processo do movimento, tanto o espírito que percorre essa amplitude, quanto o fenômeno físico que faz a ligação de seus pontos constitutivos em uma porção do espaço. Que sentido haveria, com efeito, em falar de espaço por meio de pontos justapostos sem ligação? Espaço e tempo aparecem assim como as duas faces do mesmo movimento. O espaço é o outro nome do tempo, o tempo é o outro nome do espaço. Outra maneira de dizer que o espaço e o tempo não são a propriedade de algum ponto, eles são relação. E mais especialmente no que diz respeito ao tempo: o tempo não existe isolado, ele não flui, ele é relação. É preciso insistir no fato de que, nesse modo de compreender, quando nós espacializamos o tempo, nós temporalizamos o espaço.

¹ Alguns autores admitem: "certo, não existe tempo, mas pelo menos existem relógios!". Nós insistimos em dizer: "não, não há nem mesmo relógio!".

Esses conteúdos enquanto tempo e espaço foram declarados por nós em relação a um movimento "elementar", como se pudéssemos fazê-lo sem os outros movimentos, ao passo que acabamos de dizer que é comparando os movimentos entre si que nós podemos definir o espaço e o tempo. Aí estamos. Observemos (consideremos para "começar" que podemos fazê-lo) diversos movimentos dos pontos A, B, C e D, por exemplo. Nós devemos comparar os movimentos com outros movimentos. Consideremos aqui que os movimentos relativos entre A, B e C são negligenciáveis em relação ao movimento entre D e seus primeiros pontos. Nós podemos construir sobre A, B e C uma referência espacial, uma régua, e nós podemos definir com a ajuda do movimento de D em relação a A, B, C o tempo, um relógio. O que nós consideramos negligenciável ou não negligenciável nessa operação é certamente matéria de discussão, ou ainda contém uma parte de incerteza.

Ou seja, para resumir, nós devemos manter a contradição resumida no seguinte circuito de recursividade: temos necessidade do espaço e do tempo para poder pensar o movimento, temos necessidade do movimento para pensar o espaço e o tempo.

Construção do espaço e do tempo: incompletude, incerteza, interrupção de uma regressão ao infinito

A "solução" entre aspas desse problema está contida na palavra incerteza. Por trás dessa expressão, há toda uma série de atitudes:

- nós não estamos completamente seguros do sentido das palavras ou da relação entre as palavras e as coisas (será que isso se movimenta ou não?);
- ou: nós temos uma certa latitude para decidir o sentido das palavras (nós decidimos que isso não se movimenta);
- ou ainda: nós não estamos completamente seguros do que fazemos; mas façamos (nós não iremos permanecer inativos!), e vamos vos mostrar o que nos serve. Nós não definimos mais, nós designamos.

Ou seja, nós somos forçados de certa maneira a sair do sistema das palavras: o círculo não se resolve no interior das palavras; nós podemos falar também de incompletude do sistema das palavras. Não podemos definir todas as palavras umas a partir das outras. Num dado momento é preciso *mostrar* alguma coisa exterior às palavras e lhe dar um nome, sem estar completamente seguro da boa adequação entre a palavra e a coisa, levando em conta a relação da palavra utilizada com outras palavras. Nós devemos, então, assumir essa escolha com suas consequências sobre as relações entre as palavras e as coisas, e das palavras entre si, com o risco de retomar essa construção fazendo outras escolhas.

Efetivamente, hoje nós dizemos, por exemplo: a) esses pontos particulares que vos mostro têm relações invariáveis entre si (é um primeiro fenômeno: essa régua de metal); b) esse fenômeno (a luz que utilizo em tais condições) define uma propagação a uma velocidade constante em relação aos pontos da régua, ele define um relógio.

Nós pronunciamos esse dois decretos, *ligados um ao outro*, mesmo que não estejamos seguros do sentido último da palavra imobilidade (ou do que é equivalente: constante mobilidade) em seu devido lugar, em relação a palavras que seriam como que definidas exteriormente ao mundo.

Essa démarche nos conduz à própria estrutura da teoria da relatividade. Nessa abordagem, *a noção de velocidade é dissociada da de movimento*. Uma velocidade é a razão entre um movimento e um movimento de referência que sabemos por correspondência, ou seja, a razão entre uma porção de espaço e uma outra porção de espaço, ou, o que é equivalente, entre uma porção de tempo e uma outra porção de tempo.

Perspectiva geológica (uma experiência de pensamento)

Uma experiência de pensamento pode nos permitir compreender melhor essa démarche. Nós sabemos que ela é útil. Esqueçamos a física por um instante e olhemos o mundo: o que é espaço e o que é tempo não está designado, não há etiqueta sobre eles; não há réguas nem relógios. Deixemos de lado os discursos e observemos de maneira pragmática como nós funcionamos há séculos, sem hipótese *a priori* sobre a existência ou a definição do tempo (ou do espaço): quando nós atribuirmos à realidade um parâmetro t , nós falaremos de tempo, quando nós atribuirmos tripletos (x, y, z) à realidade, nós falaremos de espaço. Em nossa visão presente do mundo, o espaço está apoiado sobre a terra e suas montanhas, sobre as quais nós fixamos balizas, o tempo é definido pelos objetos móveis em relação a elas (o sol; ou a luz num relógio atômico...).

Modifiquemos agora nosso ponto de vista, ao menos no pensamento: se nós vivêssemos muito mais tempo, muito mais lentamente, as montanhas se movimentariam como as ondas do mar. Poderíamos nos servir disso para definir o tempo. O que serviu, portanto, para definir o espaço serviria para definir o tempo. Mas nós podemos também imaginar: se nós vivêssemos menos tempo, num ritmo mais rápido, os grãos de areia dentro da ampulheta não se movimentariam durante nossa vida inteira. Poderíamos nos servir disso para referenciar o espaço. O que serviu, portanto, para definir o tempo poderia nos servir para definir o espaço... O leitor poderá dizer: é uma bela alegoria, mas, num dado momento, nós poderemos parar em algum lugar e dizer: eis o espaço, eis o tempo. Mas não! Nesse continuum de deslocamentos relativos, não podemos parar de maneira absoluta, de maneira definitiva; não há recorte pré-existente, não há instrumentos fora do mundo que possam nos dar acesso ao espaço e ao tempo como fundamentalmente distintos um do outro. *Não se trata de um problema de percepção subjetiva que poderia ser resolvido por meio de aparelhos mais finos: nem o observador, nem os instrumentos de medida, que estão todos no interior do mundo, podem parar numa fronteira absoluta.* A constância da mobilidade e a imobilidade são pensadas conjuntamente; nós estamos numa situação de autorreferência, que conduz a proposições indecidíveis. Nós fazemos um recorte "provisório" entre espaço e tempo, nós interrompemos uma regressão que nos levaria ao infinito. Chegamos, então, a uma descrição mais ou menos precisa do mundo, exprimida nas transformações de Lorentz. E é nesse recorte que entra em jogo a nossa liberdade de escolha, nós falaremos de "escolhas arbitrárias" (escolhas deixadas ao nosso livre arbítrio). Nós construímos hoje uma física em que nos baseamos na luz, na decisão $c = \text{cste}$. Mas nós poderíamos construir uma física em que a velocidade do movimento aparente do sol em torno da terra é que seria constante, ou uma física em que a velocidade de contração do coração de Albert Einstein é que seria uma constante universal. E por contemplar do exterior essas físicas contraditórias é que nós poderíamos torná-las coerentes, cada uma delas (mesmo se tal ou tal física fosse mais complicada de ser empregada).

Mundo dos fenômenos, espaço-tempo dos filósofos, espaço-tempo dos físicos, espaço-tempo dos matemáticos

Desse modo, nós abrimos o espaço-tempo dos físicos, nós abrimos o espaço-tempo dos matemáticos, e nós os relacionamos a um espaço-tempo que nós chamaremos de filosófico, ele mesmo ligado ao mundo dos fenômenos, dos movimentos. Passamos sucessivamente do mundo dos fenômenos ou movimentos para um espaço-tempo filosófico (pela primeira compreensão, definição e construção do espaço e do tempo; com a contribuição das ciências cognitivas), depois para um espaço-tempo físico (funcionamento prático das réguas e dos relógios), depois para um espaço-tempo matemático (construção de um modelo matemático autônomo).

Hoje, alguns físicos estimam que haja problemas no nível do espaço-tempo da física (em sua elaboração, a propósito de certas observações) ou no nível do espaço-tempo dos matemáticos (funcionamento das equações). Nossa opinião é de que abrindo esses diferentes discursos (nós falamos de incompletude) e retomando toda a cadeia apresentada

acima é que poderemos resolver ou minorar esses problemas. É com essas chaves de compreensão que é preciso reler toda uma série de problemas que se apresentam em física, e que nós não veremos em detalhe aqui.

Conclusão, consequências

A mensagem a ser retida comporta dois planos de visão. O primeiro equivale a dizer: espaço e tempo são a mesma "coisa", ou ainda, *espaço e tempo são as duas faces da mesma moeda*, e derivar as consequências... O segundo nos põe diante de um círculo epistemológico, da vertigem que ele acarreta e da compreensão de que sua resolução é "provisória"...

A abordagem aqui apresentada traz numerosas consequências. Ela permite discutir diversos problemas e paradoxos que se apresentam na teoria da relatividade (paradoxo dos gêmeos, relatividade e mecânica quântica, etc.). Ela permite intervir em questões técnicas relativas às transformações de Lorentz em três dimensões e suas composições (quando as velocidades de deslocamento das referências são não paralelas aos eixos, caso em que devemos fazer intervir a rotação de Thomas, etc.). Isso se traduz de maneira concreta no nível das equações. Ela permite compreender a utilização de um parâmetro de posição tri-dimensional para definir o tempo ("pré-tempo") como encontramos na literatura. Ela permite discutir a significação do tempo em física e em termodinâmica, a de sua irreversibilidade (o principal problema do tempo não é sua irreversibilidade, é sua representação como separado do mundo), etc.

Ela nos permite discutir o tempo dentro da cultura de maneira mais geral. Nós finalizaremos com esse aspecto. Pensemos particularmente nas aporias do tempo, perguntando-nos, então, depois de tantos outros, que sentido tem o nosso presente, aqui e agora? Comprimido entre um passado que não existe mais e um futuro que ainda não existe. O leitor tem entre as mãos as atas dos ateliês sobre a contradição; ele as tinha ainda agora. Elas desapareceram, portanto, com esse passado que não é mais. Mas elas estão neste presente! Elas não cessam de renascer após serem aniquiladas. Como compreender isso? Se o leitor nos seguiu, ele terá compreendido que não temos mais o direito de refletir sobre o tempo sem refletir ao mesmo tempo sobre o espaço. Nós podemos então dizer que a espessura desse presente reside na incerteza, na nebulosidade aberta pela não separação entre o espaço e o tempo. Nosso presente, aqui e agora, é o mundo que nos cerca com sua parte espacial imutável e sua parte temporal feita de mobilidade. A separação que nosso espírito opera nessa unidade depende de nosso humor. Ela depende do que faz sentido para nós como mudança, como movimento. Assim, a disposição invariante da porção de mundo, exterior ao tempo, que é a do leitor após uma dezena de minutos, ele vai rompê-la virando a página e lendo um novo resumo, abolindo assim mais claramente esse presente em que ele esteve, marcando a passagem para uma outra disposição do espaço. É tempo, então, de dizer-lhe: obrigado por sua atenção.

Agradecimentos

Nós agradecemos pela inspiração e pelas trocas de pontos de vista: Aristóteles, H. Bérqson, A. Berthoz, P. Dujardin, A. Einstein, O. Frérot, M. Heidegger, J.-L. Léonhardt, J.-M. Lévy-Leblond, G. Longo, T. Magnin, M. Mizony, E. Morin, I. Newton, Y. Pierseaux, H. Poincaré, M. Serres, B. Teissier, H. Weyl, A.N. Whitehead; os físicos da NPA, da comunidade Pirt...

Referências

Indicamos aqui principalmente alguns trabalhos do autor (onde se encontrará a indicação dos artigos especializados úteis ao aprofundamento), assim como algumas referências de

interesse geral para nosso propósito. A referência a Franco (2006), que foi inspirada por nossas pesquisas, é oferecida para mostrar o funcionamento das transformações de Lorentz com um tempo interpretável como parâmetro de posição.

Berthoz A. (1997) *Le sens du mouvement*, Odile Jacob, Paris, 346 p.

Franco J.A. (2006) *Vectorial Lorentz transformations*, Electronic Journal of Theoretical Physics, 9, 35-64.

Guy B. (2004) *L'éclair et le tonnerre, promenades entre l'espace et le temps* (à propósito da teoria da relatividade), Editions EPU, Paris, 224 p.

Guy B. (2006) *Les rapports entre les concepts d'espace, de temps et de mouvement doivent être repensés. Conséquences en physique (relativité)*. Discussão preliminar. École N. S. des Mines de Saint-Etienne, inédito, 19 p.

Guy B. (2007) *Prigogine and the time problem*, Joint European Thermodynamics Conference IX, Saint-Etienne, 12-15 June 2007, École Nationale Supérieure des Mines de Saint-Etienne, B. Guy & D. Tondeur editores, p. 90-91.

Guy B. (2008) *Particles, scale, time construction and the second law of thermodynamics*, Meeting the entropy challenge, An international thermodynamics conference in honor and memory of Professor Joseph Henry Keenan, The MIT, Cambridge, MA, USA, October 4-5, 2007, The American Institute of Physics, p. 174-179.

Léonhardt J.-L. (2008) *Le rationalisme est-il rationnel ? L'homme de science et sa raison*, Parangon, Lyon, 376 p.

Morin E. (2005) *Introduction à la pensée complexe*, Le Seuil, Paris, 158 p.

Morin E. (2009) *Logique et contradiction*, Actes des Ateliers sur la contradiction.

Em <http://www.emse.fr/aslc2009> , p. 35-40.