



Pour réagir aux articles : courrier@pouirlascience.fr
ou directement sur les pages correspondantes du site www.pouirlascience.fr

✓ MULTIPLICITÉ DES TEMPS

Votre numéro spécial sur le temps (Pour la Science n° 397, novembre 2010) est très intéressant. Mais à la lecture des différents articles, j'ai l'impression que le temps « biologique », le temps « psychologique » et le temps « physique » sont des grandeurs distinctes. Existe-t-il réellement une multiplicité de temps différents ?

Florence Dumard

→ RÉPONSE D'ÉTIENNE KLEIN

L'horloge biologique est un mécanisme endogène et autonome permettant à la majorité des êtres vivants de rythmer certains processus sans recours à des cycles temporels extérieurs, notamment ceux liés à la rotation de la Terre. Comment fonctionne-t-elle ? La réponse n'est pas claire. Mais on peut se demander si le terme d'« horloge » biologique n'est pas abusif. En effet, cette prétendue horloge ne fait qu'imposer des rythmes et asservir certains mécanismes à l'œuvre dans l'organisme : il s'agit donc d'un « oscillateur », dont la période se mesure en unités de temps physique, plutôt que d'une horloge proprement dite.

Quant au « temps biologique », qui s'écoulerait de façon autonome en marge du temps physique, il relève sans doute lui aussi d'un abus de langage : les phénomènes biologiques ont des rythmes et une dynamique spécifiques, mais comme tous les autres phénomènes temporels, ils se déroulent dans le temps, et se mesurent en secondes, minutes, heures, années, etc.

De la même façon, le constat selon lequel divers facteurs psychologiques influencent et distordent notre perception des durées ne prouve pas l'existence d'un temps psychologique indépendant, mais bien plutôt que notre rapport au temps est soumis à toutes sortes d'influences, notamment d'ordre psychologique.

À force de supposer que le temps a les propriétés des processus temporels, on en vient à admettre implicitement l'existence d'une multiplicité de temps : il y aurait en somme autant de sortes de temps qu'il y a de temporalités différentes. Et c'est ainsi que le temps se trouve affublé de divers qualificatifs qui précisent le type de phénomènes auquel on l'associe : temps psychologique, temps biologique, ou temps subjectif, temps historiques multiples... Une telle

prolifération laisse sceptique : il y aurait un temps des pierres et des roches ? Un temps des cellules et des bactéries ? Un temps des atomes et molécules ? Et un temps des étoiles et des galaxies ? L'amalgame que nous ne cessons de faire entre le temps et les phénomènes temporels enrobe le premier d'une métaphorisation inspirée des seconds qui, en définitive, ne nous engage guère à penser le temps pour ce qu'il est.



✓ LENTEURS POSTALES

Dans l'article *La mission jésuite en Chine : tempêtes, science et politique*

(Pour la Science n° 397, novembre 2010, <http://bit.ly/pls397-ricci>), l'auteur écrit qu'une lettre de Matteo Ricci, missionnaire jésuite en Chine, a mis 17 ans pour arriver à son père, en Italie. Pourquoi autant de temps ?

Georges Wattelse

→ RÉPONSE DE ISAÏA IANNACCONE

Pour expliquer pourquoi une lettre de Matteo Ricci est arrivée après 17 ans, ou plus généralement, pourquoi le courrier de la Chine vers l'Europe pouvait aller aussi lentement, il faut prendre en considération plusieurs facteurs. Tout d'abord, au vu des adversités de la traversée marine – typhons, naufrages, pirates, etc. – les jésuites écrivaient souvent deux copies de leurs courriers. Les deux copies étaient d'abord envoyées à Macao, où elles prenaient la route de la mer. Or pour arriver à Macao, il fallait, depuis Pékin, traverser toute la Chine.

L'une des copies voyageait ensuite sur la route maritime portugaise (l'océan Indien), l'autre sur la route espagnole (l'océan Pacifique). Arrivé dans un port intermédiaire (par exemple Goa, en Inde, pour les bateaux portugais, ou Manille, aux Philippines, pour les espagnols), le cour-

rier changeait souvent de bateau, car les marchandises étaient prioritaires. Les lettres restaient donc fréquemment dans des dépôts de courrier avant de continuer leur route.

À l'arrivée en Europe, la distribution du courrier était tributaire de toutes sortes de circonstances contingentes et plus ou moins imprévisibles : moyens de transport lents et irréguliers, routes souvent infréquentables (brigands, guerres, épidémies, etc.), erreurs de distribution. Un véritable voyage infernal, comme celui des jésuites !

✓ FLÈCHE DU TEMPS ET EXPANSION

Selon l'article *Le paradoxe de l'irréversibilité* (Pour la Science n° 397, novembre 2010, <http://bit.ly/pls397-irreversibilite>), le sens du temps en thermodynamique est celui pour lequel l'entropie, c'est-à-dire le désordre, augmente. Or, en cosmologie, à mesure que le temps passe, c'est au contraire l'ordre qui s'accroît dans l'Univers, sous l'effet de la gravité. N'y a-t-il pas une contradiction ?

Patrice Leterrier

→ RÉPONSE D'ALAIN RIAZUELO

En poussant la matière à s'agréger, la gravité structure effectivement le cosmos au cours du temps. Mais, aussi paradoxal que cela puisse paraître, cette structuration ne s'accompagne pas d'une baisse du désordre, bien au contraire. L'exemple extrême est donné par les trous noirs, stades ultimes de la structuration de la matière sous l'influence de la gravité.

Un trou noir d'une masse solaire possède une entropie de $1,5 \times 10^{54}$ joules / kelvin, soit plus de dix ordres de grandeur de plus que le Soleil ! Les calculs montrent d'ailleurs que l'entropie d'un trou noir augmente bien plus vite avec sa masse que n'augmente l'entropie d'une étoile. Ainsi, sous couvert d'une structuration apparente du cosmos, la gravité est en fait le plus grand pourvoyeur d'entropie du cosmos : si, peu après le Big Bang, le gros de l'entropie de l'Univers était porté par le rayonnement électromagnétique et les neutrinos, cette part a décliné avec l'expansion cosmique, et aujourd'hui ce sont les trous noirs qui en sont les plus gros détenteurs. Une telle situation perdurera encore plus de 10^{100} ans, le temps que les plus gros trous noirs s'évaporent et dissipent enfin leur entropie par rayonnement de Hawking.

La vision INCONSCIENTE des aveugles

Certaines personnes souffrant de cécité ont une « vision aveugle » : sans le savoir, elles se déplacent en évitant les obstacles. Une structure cérébrale participe à cette vision inconsciente.

Beatrice de Gelder

Un homme aveugle se fraye un chemin dans un couloir encombré de boîtes, de chaises et d'autres accessoires de bureau. L'homme ignore la présence des obstacles. Pourtant, il les évite, se faufilant prudemment entre la poubelle et le mur, contournant le trépied d'un appareil photo, sans se rendre compte qu'il a fait des manœuvres particulières. Cet homme est l'un de nos patients ; il est aveugle, mais il est doté d'une « vision aveugle ». En d'autres termes, il réagit à ce que ses yeux détectent sans savoir qu'il peut voir.

La cécité de ce patient est d'un type très rare. Elle est la conséquence de deux accidents vasculaires cérébraux dont il a été victime en 2003. Ces accidents ont détruit une région à l'arrière de son cerveau, nommée cortex visuel primaire ; la première lésion concernait l'hémisphère gauche, puis, cinq semaines plus tard, la seconde a touché l'hémisphère droit. Ses yeux sont fonctionnels, mais comme son

L'ESSENTIEL

✓ Des personnes souffrant de cécité due à une lésion de leur cortex visuel primaire peuvent réagir face à des objets et des images qu'elles ne voient pas consciemment.

✓ La vision aveugle peut détecter de nombreuses caractéristiques visuelles : par exemple des couleurs, un mouvement, des formes simples et des émotions exprimées sur un visage.

✓ Les chercheurs étudient les régions cérébrales impliquées et les limites de cette remarquable capacité inconsciente.

cortex visuel ne reçoit plus de signaux, il est devenu aveugle.

Cette étude où le patient se déplace dans un couloir est probablement la démonstration la plus spectaculaire de vision aveugle jamais publiée. D'autres patients ayant perdu la vision après des lésions du cortex visuel primaire sont des cas moins impressionnants, mais tout aussi mystérieux ; ils réagissent à des choses qu'ils ne peuvent pas voir consciemment, par exemple de simples formes géométriques ou des images d'un visage humain qui exprime une émotion. Aujourd'hui, on sait provoquer un effet semblable chez des sujets voyant normalement, par exemple en « éteignant » temporairement leur cortex visuel.

Les scientifiques cherchent à comprendre l'étendue des capacités perceptives susceptibles d'être préservées chez les personnes présentant une cécité corticale ; ils tentent en outre d'identifier les régions cérébrales et les circuits neuronaux responsables de la vision aveugle. Ces connaissances leur permettront de savoir quelles fonctions cérébrales inconscientes sont à l'œuvre, même chez une personne qui voit.

Dès 1917, des médecins ont rapporté des cas de vision aveugle – nommée alors vision résiduelle – chez des soldats blessés lors de la Première Guerre mondiale. Mais un demi-siècle s'est écoulé avant que

ne commencent des recherches sur cette capacité. En 1967, les Britanniques Lawrence Weiskrantz et Nicholas Humphrey ont étudié des singes qui avaient subi une lésion du cortex visuel. Puis, en 1973, les psychologues américains Ernst Pöppel, Richard Held et Douglas Frost ont mesuré les mouvements oculaires d'un patient et découvert qu'il avait tendance à regarder en direction de stimulus qu'il ne voyait pas consciemment.

Ces travaux annoncèrent d'autres études, surtout réalisées par L. Weiskrantz et ses collègues, sur des modèles animaux dépourvus de cortex visuel primaire (aussi nommé V1). Ces recherches ont montré que les animaux conservent des capacités visuelles après ablation de leur cortex visuel (par exemple, ils détectent un mouvement ou distinguent des formes).

Prendre conscience de la vision aveugle

En 1973, L. Weiskrantz et ses collègues ont entrepris une série d'études avec un patient qui avait subi une ablation partielle du cortex visuel pour éliminer une tumeur. Mais la communauté scientifique a accueilli ces travaux avec scepticisme. L'incrédulité face à la vision aveugle n'est pas surprenante : le phénomène semble contre-intuitif, voire contradictoire. Comment une personne pourrait-elle voir sans savoir qu'elle voit ? De la même façon qu'il n'est guère cohérent de dire qu'on ne sait pas qu'on a mal, suggérer qu'une personne se disant aveugle peut voir quelque chose sans en avoir conscience semble *a priori* dénué de sens.

Pourtant, nous ignorons parfois que nous pouvons voir. Comme nous ignorons parfois que nous ne le pouvons pas. La relation entre voir et savoir est complexe. Par exemple, en condition normale, nous avons tous une tache aveugle dans notre champ visuel ; elle correspond à la région de la rétine d'où partent les fibres du nerf optique, région dépourvue de récepteurs sensoriels. Pourtant, cette tache ne nous handicape pas et nous n'en sommes pas conscients.

De surcroît, les données chez l'homme sont rares : il y a peu de sujets présentant une vision aveugle. Le cortex visuel primaire de l'adulte ne mesure que quelques centimètres de large, et les lésions cérébrales se limitent rarement à cette aire. Néanmoins, on sait désormais que



Darren Braun