

ART & SCIENCE

William Kentridge et la négation du temps

Un artiste et un scientifique s'associent pour se confronter à la synchronisation, à la simultanéité et à la disparition du temps dans un trou noir. Leurs réflexions sont illustrées par divers moyens d'expression.

Loïc MANGIN

Le 9 juin 2012 débutera la XIII^e édition de la *documenta*, une importante exposition d'art qui se tient tous les cinq ans, à Cassel, en Allemagne, et dure 100 jours. En 2012, on commémorera également le centenaire de la mort du mathématicien français Henri Poincaré (1854-1912). Quel est le lien entre ces deux événements ? Le temps. En effet, à la *documenta* sera présentée une installation nommée *La Négation du temps*, fruit de la collaboration entre l'artiste sud-africain William Kentridge et le physicien américain Peter Galison, de l'Université Harvard, aux États-Unis. Le résultat des premières réflexions, le « prologue », est présenté au Laboratoire, un espace dédié aux rencontres entre art et sciences, à Paris.

Les protagonistes se sont intéressés à la notion de temps. Comment le définir ? Comment le matérialiser ? Comment s'en affranchir ? Que signifie l'idée de simultanéité ? Pour explorer ces questions, différents moyens d'expression ont été sollicités : machines, dessin, peinture, musique, films, danse, chant... L'objectif n'est pas tant une illustration physique des concepts en jeu qu'une exploration des liens qu'entretiennent ces diverses disciplines artistiques face à ces questions sur le temps. Par exemple, avec le cinéma, on peut inverser le temps, on peut superposer plusieurs plans (acteurs, ombres de machines, notes scientifiques...). Les recherches s'articulent autour de trois axes : le temps de Newton, le temps de Einstein et ce qu'il advient du temps aux abords d'un trou noir.

Le temps de Newton, qui a cours jusqu'à la fin du XIX^e siècle, est absolu. Dès lors, comment s'assurer qu'il est identique pour

tous ? Le Bureau des longitudes, fondé par l'abbé Grégoire en 1795, est chargé de ce problème. À cette époque, la simultanéité est notamment incarnée par un réseau d'horloges reliées par des tuyaux où circule de l'air comprimé : une horloge dite mère transmet, via des pulsations pneumatiques, le temps à des horloges filles. Prêtés par le musée des Arts et Métiers, à Paris, deux exemplaires sont visibles à l'exposition (voir la figure a). Poincaré, membre du Bureau des longitudes, étudia la simultanéité et utilisait pour ce faire le télégraphe électrique.

Ce système rendit obsolète le télégraphe optique, une autre méthode de transmis-

Les trous noirs détruisent-ils irrémédiablement tout ce qui y tombe ?

sion d'informations, notamment sur le temps, également représentée. La méthode consiste en des dispositifs articulés (dont la position code le message à transmettre selon le principe du sémaphore), installés en hauteur. Le plus connu est le télégraphe de Chappe (voir la figure b), dont les tours éponymes étaient distantes d'environ 25 kilomètres. En 1794, un message fut transmis entre Paris et Lille en six heures. Son concurrent, le télégraphe Bétancourt-Breguet, est aussi présent grâce à une maquette.

Le deuxième axe de l'exposition correspond au temps relatif de Einstein : on dispose chacun de son propre temps, aucun n'est absolu. L'une des pistes suivies pour rendre

compte de ces résultats de la théorie de la relativité est celle de la musique. Ainsi, le compositeur sud-africain Philip Miller, qui s'inspire notamment de Berlioz, illustrera le paradoxe des jumeaux de Langevin, chacun vieillissant à un rythme différent selon sa vitesse : deux mélodies au départ confondues s'éloigneront peu à peu l'une de l'autre.

Les trous noirs, le troisième axe de l'exposition, constituent un site de conflit pour le temps. Il s'agit cette fois d'illustrer un débat qui agite la communauté des astrophysiciens : les trous noirs détruisent-ils irrémédiablement tout ce qui y tombe ? Selon certains – Stephen Hawking fut de ceux-là – c'est bien le cas : on ne peut récupérer aucune information d'un trou noir. D'autres, par exemple Leonard Susskind, à Stanford, pensent que l'information reste à l'horizon du trou noir, la frontière marquant le point de non-retour. En d'autres termes, le temps et l'espace ne seraient pas détruits. Les trous noirs sont évoqués par une procession de danseurs en ombre chinoise (voir la figure c) qui se dirige vers un tel corps dense, et par les cônes de dispositifs mécaniques (voir la figure d).

Le dialogue entre artistes et scientifiques se poursuit. L'instantané qui est ici proposé illustre sa fécondité. C'était déjà le cas à l'époque de Einstein : l'année où était publiée la théorie de la relativité correspond à celle de la naissance du cubisme qui, riche des travaux de Poincaré, se faisait fort de représenter la simultanéité ! ■

La négation du temps - Prologue, au Laboratoire (4, rue Bouloi, 75001 Paris) jusqu'au 26 juin 2011.



La Laboratoire

IDÉES DE PHYSIQUE

Des électrons en boîte pour donner des couleurs

On peut moduler la couleur de certaines substances en jouant sur la taille des structures qui confinent les électrons.

Jean-Michel COURTY et Édouard KIERLIK

Les sensibilisateurs pour les sels d'argent que l'on utilisait dans les pellicules pour la photographie en couleurs appartiennent à la vaste famille de colorants de synthèse nommés cyanines. Qu'est-ce qui détermine la couleur de ces molécules organiques linéaires ? Leur simple longueur ! Comment cela se fait-il ? Comme on le verra, la réponse se trouve dans la physique quantique...

Si un objet nous apparaît coloré lorsqu'il est éclairé par de la lumière blanche, c'est qu'il absorbe une partie de cette lumière. La couleur résultante est alors la complémentaire de celle absorbée. Ainsi, les carottes sont orange parce que la molécule de carotène absorbe la lumière bleue, les feuilles vertes parce que la chlorophylle absorbe le rouge.

La couleur absorbée par ces molécules dépend de leurs niveaux d'énergie : l'absorption d'un grain de lumière, un photon, qui fait passer la molécule d'un état d'énergie à un autre, n'est possible que si la fréquence ν de la lumière (qui détermine sa couleur) est égale à la différence d'énergie ΔE entre les niveaux divisée par la constante de Planck (on a $h\nu = \Delta E$, où $h = 6,63 \times 10^{-34}$ joule-seconde).

En général, il n'est pas aisé de déterminer l'échelle des énergies moléculaires, qui fait intervenir le détail des structures atomiques et des liaisons chimiques. Le plus souvent, on ne sait donc pas prévoir sous quelles couleurs les molécules apparaîtront. Mais certaines ont une structure suffisamment simple pour que l'on puisse estimer les valeurs des niveaux d'énergie.

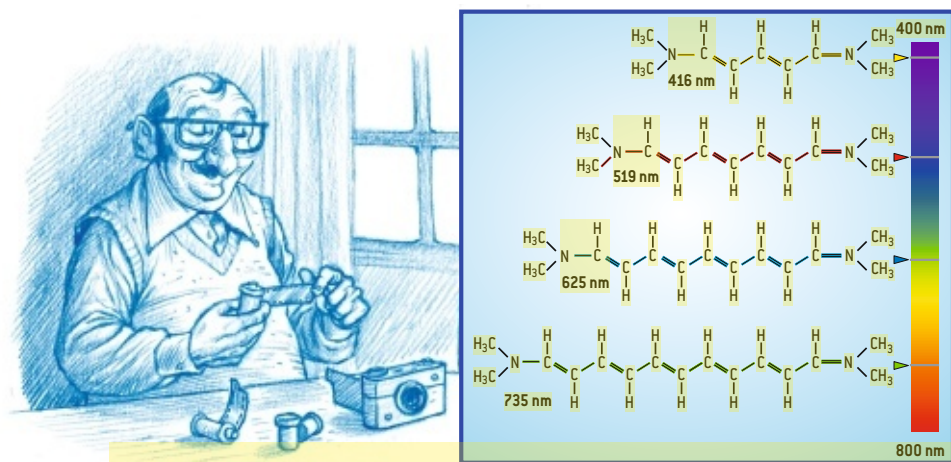
C'est le cas des cyanines, molécules organiques qui ont pour colonne vertébrale une chaîne linéaire d'atomes de carbone liés à des atomes d'hydrogène. Dans ces molécules, chaque électron qui participe à une liaison carbone-carbone n'est pas localisé entre les deux atomes de carbone, mais se répartit, en moyenne, tout le long de la chaîne.

Des ondes le long de la molécule

Autrement dit, la molécule se comporte vis-à-vis de ces électrons comme un segment de fil conducteur. La longueur d'une liaison carbone-carbone étant de l'ordre de 0,139 nanomètre dans ces molécules, une cyanine constituée de neuf atomes de carbone (soit dix liaisons, compte tenu des deux atomes d'azote terminaux) mesure 1,4 nanomètre de long.

Quelle est l'échelle des énergies de ces électrons qui sont délocalisés ? Elle dépend de la longueur L de la molécule et l'explication fait appel à la mécanique quantique. Depuis le début du XX^e siècle, on sait que tout corpuscule se comporte aussi comme une onde, dont la longueur d'onde est égale au quotient de la constante de Planck par la quantité de mouvement. On en déduit que l'énergie d'un électron, en l'occurrence son énergie cinétique, est inversement proportionnelle au carré de sa longueur d'onde.

Quelles sont les longueurs d'onde possibles dans un fil conducteur ? Pour répondre à la question, utilisons l'analogie avec une corde vibrante de longueur L , fixée à ses deux extrémités. Ces dernières devant être des nœuds de l'onde, les seuls



1. LES CYANINES sont des colorants organiques répandus. Par exemple, on les utilise dans les pellicules pour la photographie argentique en couleurs. La longueur d'une telle molécule détermine la longueur d'onde lumineuse qu'elle absorbe, c'est-à-dire la couleur absorbée (*bande grisee sur le spectre*). La couleur de la substance vue en lumière blanche sera donc complémentaire. Ainsi, celle qui absorbe dans le violet, à 416 nanomètres de longueur d'onde, apparaîtra jaune.

Dessins de Bruno Vacaro