

« visualisables ». Comme le note Christophe Galfard, l'un des (ex) étudiants de Hawking: « S'il n'y avait pas eu les découvertes de diagrammes, que ce soit par Roger Penrose ou Richard Feynman, ça aurait rendu la vie de Stephen beaucoup plus difficile. »

Les diagrammes offriraient donc, pour lui, des possibilités, voire une ouverture, qu'une formule mathématique obstruerait, à l'inverse. Mais, à nouveau, comment Hawking procède-t-il ? À la différence de ses collègues, il ne peut écrire les équations à la main, ni dessiner les diagrammes lui-même. Le rôle de ses étudiants est donc fondamental.

Hawking est en général entouré de quatre étudiants qu'il voit régulièrement. Ils sont respectivement en première, deuxième, troisième et quatrième année de thèse de doctorat. La durée d'une thèse est de quatre ans. À chaque fois qu'un étudiant quitte le cercle, un autre le remplace. Loin d'être les simples mains, jambes, bras de Hawking (en quelque sorte le simple corps exécutif de son esprit), ces jeunes étudiants brillent par leur excellence. Ils sont recrutés à l'Université de Cambridge par un examen réputé (*Certificate of Advanced Study in Mathematics (Part III)*), qui attire chaque année des centaines d'étudiants du monde entier. Cent étudiants sont retenus. À la fin des neuf mois

L'AUTEUR



Hélène MIALET est philosophe, sociologue et anthropologue des sciences. Elle enseigne à l'Université de Californie à Davis et à Berkeley, aux États-Unis. Ses travaux portent sur l'invention scientifique, la subjectivité, la cognition distribuée, la relation hommes-machines.

préparatoires, les quatre meilleurs sortants auront le privilège d'être auditionnés par Hawking, qui en choisira un seul.

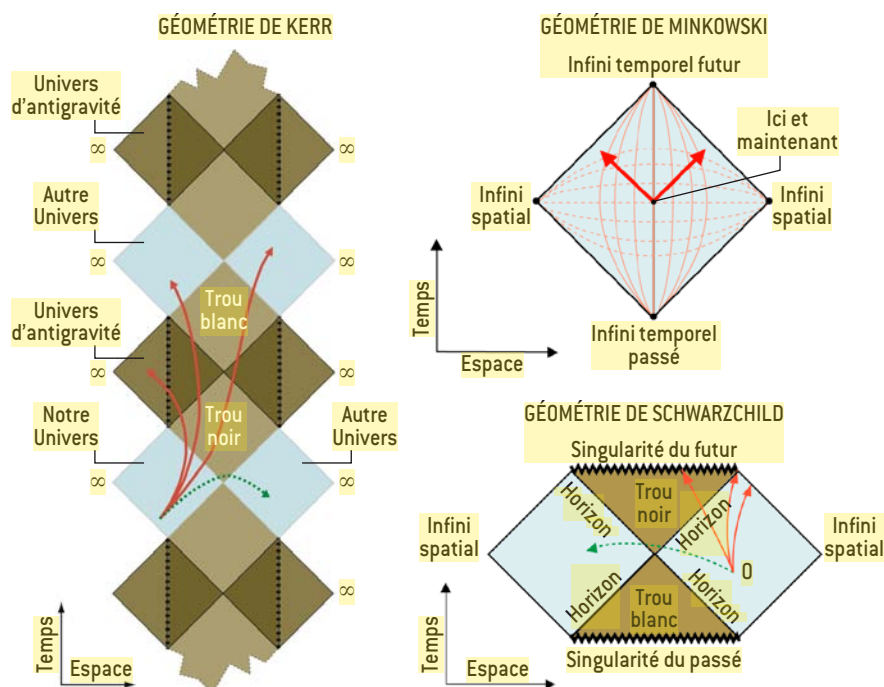
Hawking assigne à ses étudiants, en fonction de leurs compétences et de leurs intérêts mutuels (grâce à l'examen, il connaît leurs points forts et leurs faiblesses), des sujets différents, de telle sorte qu'il y ait un minimum de recouvrement entre eux. Cela explique peut-être sa capacité à multiplier ses champs d'intervention, à « avoir une vue d'ensemble », comme disent de lui ses étudiants. En général, l'étudiant recruté poursuit le sujet de recherche de celui qui le précède. Lorsque je les ai rencontrés pour la première fois, le premier étudiant les trous noirs virtuels (trous noirs éphémères formés par les fluctuations quantiques de l'espace-temps) et leur influence sur la prédictibilité, le second la cosmologie quantique et la propagation des trous noirs, le troisième la formulation mathématique de la relativité générale, et le quatrième la stabilité de l'état du vide dans la théorie des supercordes.

Les yeux pour penser et pour communiquer

Aussi, à celui qui dit qu'il serait « facile pour lui d'être un astrophysicien, parce que tout est dans la tête, aucune habileté physique n'est requise », on peut objecter que pour penser, il faut bien utiliser ses mains, et si on ne le peut pas, celles des autres, mais surtout ses yeux pour regarder ces derniers travailler, écrire, calculer et dessiner.

Depuis 1986, date à laquelle il a subi une trachéotomie, Hawking a perdu sa voix et communique grâce à un ordinateur, les mots proposés par celui-ci étant sélectionnés via un mouvement de l'œil, tandis qu'un synthétiseur peut énoncer vocalement ce qu'il a écrit. Le processus étant assez lent, ses étudiants communiquent souvent avec lui en lui posant des questions auxquelles il répond par oui ou par non en haussant (ou non) un sourcil.

Aussi, de la même façon que le physicien a développé une façon de sélectionner les informations que lui soumet son environnement (humains ou machines) en haussant ou non un sourcil, il pourra, simultanément, mobiliser et sélectionner un certain nombre d'informations à partir de diagrammes dessinés sous ses yeux. Ses yeux vont ainsi devenir le point d'articulation et d'activation de ce réseau



TROIS EXEMPLES DE DIAGRAMMES DE PENROSE-CARTER, qui permettent de résumer sur un schéma les liens de causalité au sein d'un espace-temps, en fonction de la géométrie qui le caractérise. Pour travailler, Stephen Hawking a besoin de ces diagrammes, que ses étudiants sont chargés de dessiner.



Le film de James Marsh *Une merveilleuse histoire du temps* est émouvant. Comment pourrait-il en être autrement ? On y voit un homme jeune et brillant se confronter à l'annonce d'une mort subite, une femme belle et aimante se sacrifier pour lui. Mais tandis que l'on voit le scientifique devenir de plus en plus dépendant d'elle pour vivre et communiquer, on ne s'étonne pas une seconde du fait qu'il puisse continuer à faire de la science, car la science, elle, semble être l'unique produit de l'esprit. Les travaux de Hélène Mialet, l'auteur, montrent l'inverse en réintroduisant le rôle d'un corps collectif composé d'individus, de machines et de dispositifs intellectuels sans lesquels Stephen Hawking, mais également tout scientifique, ne pourrait penser.

BIBLIOGRAPHIE

H. Mialet, À la recherche de Stephen Hawking, Odile Jacob, 2014
(en anglais : *Hawking Incorporated*, University of Chicago Press, 2012).

H. Mialet, blog sur *Scientific American*, 31/12/2014 : <http://bit.ly/140fVnJ>

H. Mialet, On Stephen Hawking, Vader and being more machine than human, *Wired*, janvier 2013 (www.wired.com/2013/01/hawking-machine-man-robots/).

H. Mialet, The extended body of Hawking, *Interdisciplinary Science Review*, vol. 37[4], pp. 354-371, 2012.

H. Mialet, La statue de Stephen Hawking, ou comment se représenter la science de son vivant, dans S. Houdart et O. Thiery (éds.), *Humains, non-humains*, La Découverte, 2011.

de compétences composé d'individus, de machines et d'outils théoriques.

Le plus souvent, il demandera à voir les diagrammes de Penrose-Carter – une application directe des méthodes d'étude globale en théorie de la relativité générale, inventées par le mathématicien britannique Roger Penrose dans les années 1960. En général, Hawking utilise cette technique lorsqu'on lui parle d'un certain univers, d'un certain espace, par exemple un espace-temps où deux trous noirs accélèrent l'un par rapport à l'autre, ou d'une certaine solution des équations d'Einstein (qui relient la géométrie de l'espace-temps à son contenu en matière et énergie). Un diagramme de Penrose-Carter est un outil graphique qui permet de visualiser « l'univers en entier » dans une image de taille finie, traduisant elle-même une équation parfois compliquée. Grâce au diagramme, le savant peut dominer du regard ce qui, autrement, le dépasserait complètement et de fait serait invisible.

Ainsi, l'ingéniosité du diagramme de Penrose-Carter permet d'appréhender « en un clin d'œil » les liens de causalité d'un univers entier. Comme le mentionne le cosmologiste américain Alan Guth, « il

déforme l'espace de façon à ce que la lumière se propage en ligne droite, ce qui est très utile pour comprendre comment différents points sont connectés les uns avec les autres, rien ne pouvant se propager plus vite que la lumière. » Grâce à ce dispositif, il est possible de faire des courts-circuits : « C'est très pratique, il n'y a pas de besoin de faire 40 000 calculs, confirme l'étudiant de Hawking, ça se voit. » Un diagramme de Penrose-Carter est donc un outil heuristique permettant de visualiser un espace « qui devient intuitif sous certains aspects ».

Le rôle clef des étudiants

En d'autres termes, le point de vue global, les connexions, les courts-circuits, la capacité intuitive que l'on attribue au pouvoir de l'esprit de Hawking sont en partie le produit de ces outils. En ce sens, le handicap de ce chercheur rend visible un style de pensée visuelle ou « diagrammatique ». Mais, à nouveau, comme nous l'avons vu, s'il ne peut pas utiliser ses mains pour écrire et manipuler des équations, il lui est également impossible de dessiner ces diagrammes. Ses étudiants sont donc chargés de le faire pour lui. Et de fait, pour pouvoir travailler avec lui, de la même façon qu'ils auront développé une façon de communiquer avec lui en lisant le langage de son corps, ils devront apprendre à parler et à écrire dans la même langue... diagrammatique.

Or la tâche est loin d'être simple. Savoir lire un diagramme de Penrose-Carter n'exige pas de compétences surhumaines ; tout étudiant avancé apprend à maîtriser cet outil devenu standard dans le domaine de la relativité générale ; il doit donc savoir pourquoi on le fait et comment on l'obtient en équation, mais on ne lui demande pas forcément d'être en mesure de le dessiner. La difficulté est d'autant plus grande qu'il faut d'abord connaître la géométrie d'un espace-temps avant de pouvoir la transformer en un diagramme. En d'autres termes, le diagramme est une certaine traduction de cette géométrie, elle-même solution des équations d'Einstein.

En bref, pour pouvoir visualiser, il faut qu'il y ait d'abord eu calcul. Des calculs effectués par des étudiants habiles, triés sur le volet et formés à certaines méthodes. Travaillant sans relâche, ils « découvrent » des espaces et adaptent ces diagrammes. Enfin, à chaque fois qu'on lui montre un nouveau diagramme, Hawking peut le mémoriser :