

> Stephen». Mais le problème est important et il faut reconnaître que là encore, c'est Stephen qui a mis le doigt dessus. Quand un trou noir finit de s'évaporer complètement, il s'est transformé en chaleur, en désordre, et l'information quantique contenue dans l'état des particules qui l'avaient constitué au départ est définitivement perdue. Elle a été détruite, ce qu'en principe la mécanique quantique interdit. Pendant des années, Hawking a affirmé qu'il fallait changer la mécanique quantique, mais en 2004, il a reconnu que c'était probablement faux. Des travaux en théorie des cordes, notamment du Néerlandais Gerard 't Hooft et de l'Argentin Juan Martín Maldacena, suggéraient en effet que l'information quantique était conservée.

Aujourd'hui, tout le monde est à peu près convaincu que c'est bien le cas, mais les preuves sont très indirectes et des chercheurs travaillent encore dessus. Des pistes d'explications impliquant des structures très modifiées à l'horizon des trous noirs sont avancées, mais elles ont à mon avis très peu de chances d'être vraies et n'expliquent pas vraiment comment l'évaporation d'un trou noir respecte l'information quantique. C'est caractéristique de tout problème vraiment profond. Longtemps après qu'on l'a posé, il vous survit. C'est le mérite de Stephen d'avoir montré qu'il y avait un problème là où tout le monde pensait qu'il n'y en avait pas.

#### **Dans les années 1980, Stephen Hawking s'est intéressé au problème de l'inflation du très jeune cosmos...**

Il a contribué dans ce cadre à des résultats pratiques très importants, même si on sait aujourd'hui que les mêmes calculs avaient été faits quelques années avant en Union soviétique par Gennady Chibisov et Viatcheslav Mukhanov. À son initiative, en 1982, des discussions ont commencé sur les fluctuations du fond de rayonnement cosmologique au sortir de l'inflation – l'image de l'Univers tel qu'il était 300 000 ans après le Big Bang et qui nous parvient sous la forme de microondes. En effet, on pense qu'au tout début de son histoire, l'Univers a connu une phase d'expansion extrêmement rapide qui a amplifié les fluctuations microscopiques du vide quantique. Ce sont ces fluctuations étirées jusqu'à une taille cosmique qui sont à l'origine des petites inhomogénéités du gaz chaud dont le fond cosmologique est l'image. Ces inhomogénéités sont à leur tour les germes qui ont donné, en se condensant, les grandes structures de l'univers actuel, les galaxies et les amas de galaxies.

Avec des gens comme Paul Steinhardt, Michael Turner, Alan Guth, le groupe réuni à Cambridge a compris comment estimer l'amplitude de ces fluctuations dans tous les modèles d'inflation. Stephen a montré dans un article très clair que tout cela est calculable. Ces calculs ont permis de comparer les modèles

aux observations lorsque les mesures du rayonnement cosmologique ont été assez précises pour montrer ces fluctuations.

#### **Dans le même temps, Hawking a poursuivi un effort plus purement théorique en posant son hypothèse « d'Univers sans bord ».**

##### **A-t-il des successeurs sur ce chemin ?**

Là encore, Hawking a posé une très bonne question qui, comme les précédentes, lui survit. Toute l'histoire de la physique jusqu'à aujourd'hui consiste à découvrir des lois dynamiques qui donnent l'évolution d'un système, par exemple de l'Univers, à partir d'un état

## **Il a montré qu'il y avait un problème là où personne n'en attendait**

initial. Si je connais son état à un instant  $t_0$ , je peux calculer son état à un autre instant  $t$ . Hawking s'est demandé, étant donné la présence de cette étrange singularité au début du cosmos, s'il ne manquait pas quelque chose. Ne faudrait-il pas poser, à côté des lois de la physique, une hypothèse de plus, un autre genre de loi qu'on ne peut pas déduire des lois dynamiques et qui stipulerait quel doit être l'état quantique initial de l'Univers ?

La solution « sans bord » qu'il a développée avec Jim Hartle était une proposition dans ce sens. Ils ont utilisé une technique de théorie quantique des champs – qui combine mécanique quantique et relativité restreinte – connue depuis les années 1960 et utilisée pour calculer l'état fondamental d'un système quantique simple. Le résultat n'est pas très probant, les calculs ne sont pas bien définis, mais même si au niveau technique la solution proposée par Hawking n'est plus d'actualité, la question fondamentale qu'il a posée reste. On peut dire qu'il a rendu crédible toute la discipline de la cosmologie quantique.

Tout au long de sa carrière, il a soulevé des problèmes auxquels il a apporté des contributions importantes et qui, à chaque fois, sont restés des problèmes ouverts. C'est un hommage à sa perspicacité et la preuve que ce sont des problèmes importants ! Stephen Hawking est un sphinx qui nous a légué toutes ces énigmes, ce qui est la marque des grands scientifiques. ■

**PROPOS RECUEILLIS PAR RENÉ CUILIERIER**

# POUR LA SCIENCE

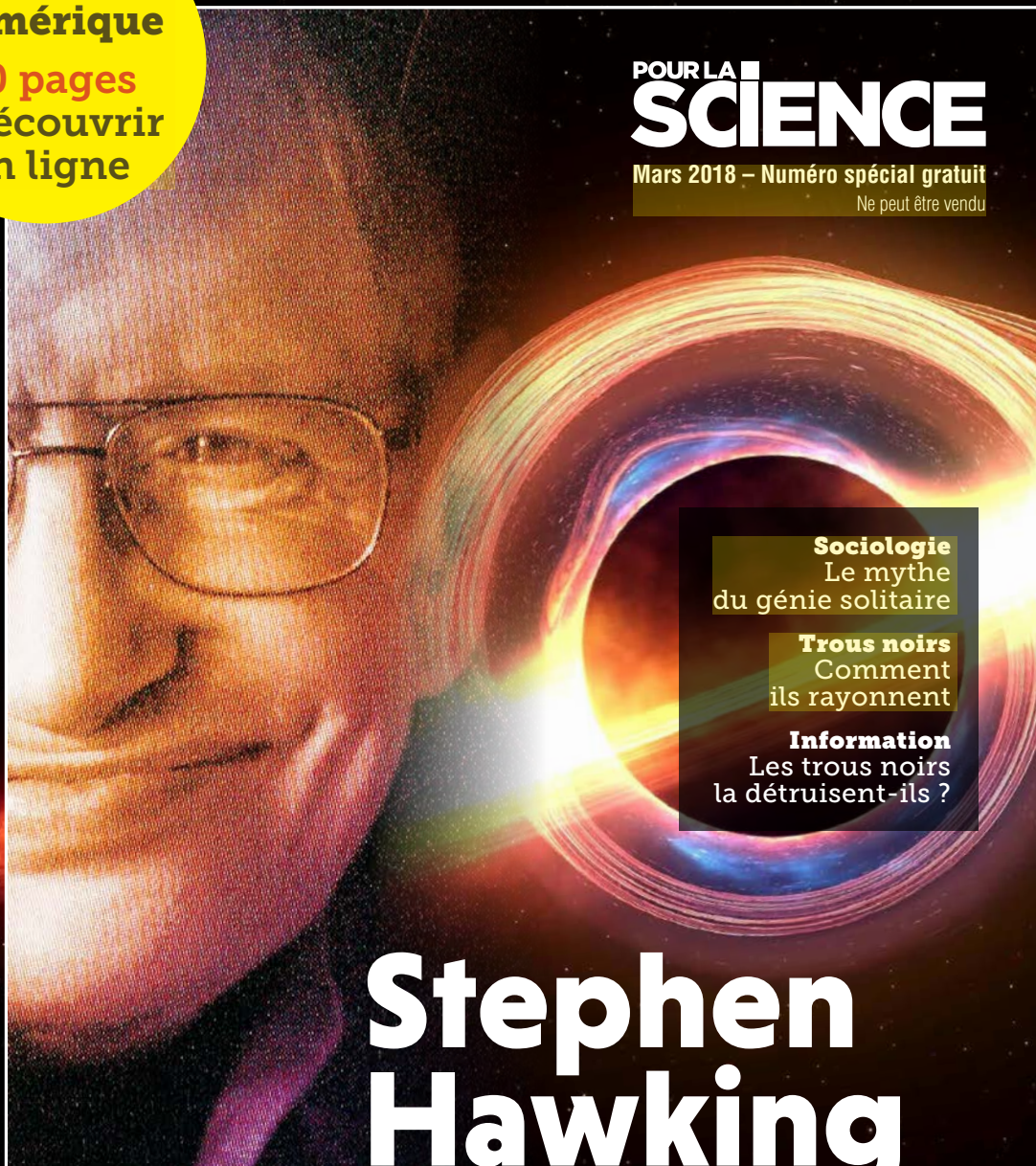
Hors-Série numérique - Mars 2018

**Hors-Série  
numérique**

**60 pages**  
à découvrir  
en ligne

POUR LA  
SCIENCE

Mars 2018 – Numéro spécial gratuit  
Ne peut être vendu



**Sociologie**  
Le mythe  
du génie solitaire

**Trous noirs**  
Comment  
ils rayonnent

**Information**  
Les trous noirs  
la détruisent-ils ?

## Stephen Hawking

FONDATEUR DE LA PHYSIQUE  
DES TROUS NOIRS



Hors-série numérique à **télécharger  
gratuitement** sur [bit.ly/PDFHawking](https://bit.ly/PDFHawking)