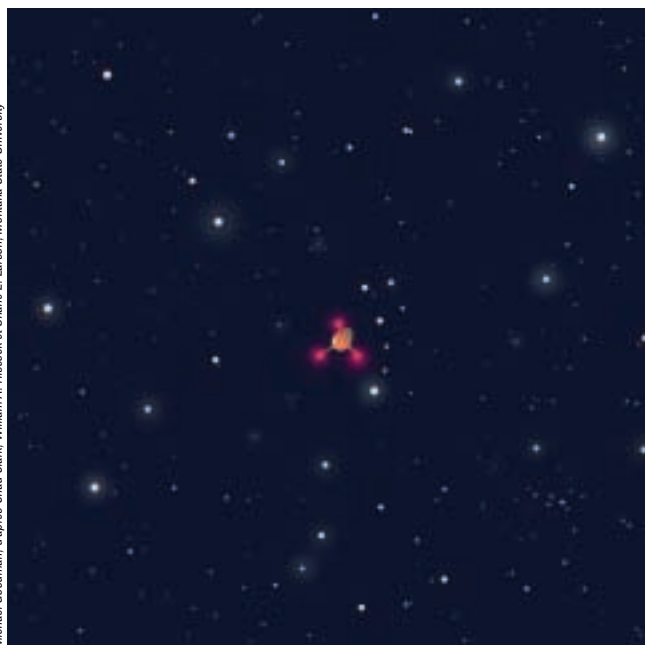




5. DANS UN VAISSEAU STELLAIRE qui se déplacerait plus vite que la lumière en direction de la Petite Ourse (*ci-dessus*), on ne verrait pas les zébrures classiquement représentées par les films de science-fiction, mais une scène analogue à celle qui est montrée ici. Tandis que la vitesse augmente (*à droite*), les étoiles situées devant le vaisseau (*colonne de gauche*) semblent de plus en plus proches de la direction du mouvement et leur couleur vire au bleu. Derrière le vaisseau (*colonne de droite*), les étoiles se rapprochent d'une position directement à l'arrière, rougissent et finissent par disparaître complètement. La lumière provenant d'étoiles situées directement au-dessus ou au-dessous est inchangée.



une région lointaine de l'Univers, tandis que l'énergie positive serait utilisée à des fins pratiques? Cette source apparemment inépuisable d'énergie pourrait servir à la réalisation d'une machine à mouvement perpétuel, qui violerait le deuxième principe. Par exemple, en pointant le faisceau vers un verre d'eau, on rafraîchirait l'eau, tandis que l'énergie positive extraite alimenterait un petit moteur : on obtiendrait ainsi un réfrigérateur qui fonctionnerait sans apport d'énergie. En réalité, une impossibilité survient, non pas en raison de l'idée d'énergie négative, mais parce que l'on ne peut pas séparer sans restriction l'énergie négative et l'énergie positive.

L'existence d'énergie négative aurait également des conséquences importantes en cosmologie. Quand l'énergie dégagée par les réactions thermonucléaires devient insuffisante pour équilibrer l'attraction gravitationnelle des étoiles, celles-ci s'effondrent sur elles-mêmes et forment parfois un trou noir : une «singularité» de l'espace-temps qui correspond à une région de l'espace où l'intensité du champ de gravitation devient infinie. La relativité générale (et les autres lois de la physique) n'in-

dique pas comment l'Univers évolue dans cette région : cette ignorance est une des grandes lacunes de la description mathématique de la nature. Tant que la singularité reste à l'intérieur d'un horizon des événements, on peut décrire l'Univers à l'extérieur de cet horizon. C'est pour cette raison que Roger Penrose, à Oxford, a proposé l'hypothèse de «censure cosmique» : aucune singularité n'est nue, c'est-à-dire sans horizon des événements.

Pour certains types de trous noirs électriquement chargés ou en rotation, connus sous le nom de trous noirs extrêmes, une infime augmentation de la charge ou de la vitesse de rotation, ou une diminution de la masse, détruiraient l'horizon des événements et transformeraient le trou noir en une singularité nue. L'augmentation de la charge ou de la vitesse de rotation de ces trous noirs à l'aide de matière ordinaire semble irréalisable pour diverses raisons. En revanche, on pourrait réduire la masse du trou noir en bravant un faisceau d'énergie négative sur le trou, ce qui mettrait en défaut

le principe de la censure cosmique. On créerait un tel faisceau à l'aide d'un miroir mobile, par exemple. En principe, une infime quantité d'énergie négative suffirait à changer radicalement l'état d'un trou noir extrême. C'est ainsi que l'énergie négative aurait le plus de chances de produire des effets macroscopiques.

Ni isolé ni de même amplitude

Malheureusement (ou heureusement, selon le point de vue), bien que la théorie quantique admette l'existence d'énergie négative, elle prescrit des limites à son amplitude et à sa durée. Ces inégalités quantiques ont été évoquées pour la première fois par L. Ford, en 1978 ; depuis, elles ont été démontrées et affinées.

Ces inégalités ressemblent au principe d'incertitude d'Heisenberg. Elles stipulent qu'un faisceau d'énergie