

dans les trous de ver, d'hypothétiques tunnels qui relient des régions éloignées de l'espace-temps. Naguère, les physiciens pensaient que les trous de ver étaient minuscules, apparaissant et disparaissant comme des particules virtuelles (voir *La gravitation quantique*, par Bryce Dewitt, *Pour la Science*, février 1984).

Au début des années 1960, les physiciens Robert Fuller et John Wheeler calculèrent que des trous de ver plus grands s'effondreraient si rapidement sous leur propre gravité que même un faisceau lumineux n'aurait pas le temps de les traverser. Toutefois, à la fin des années 1980, plusieurs physiciens, tels Michael Morris et Kip Thorne, de l'Institut de technologie de Californie, et Matt Visser, de l'Université de Washington, ont montré que certains trous de ver seraient assez grands pour laisser passer un être humain ou un vaisseau spatial : on

pourrait entrer dans un trou de ver à proximité de la Terre, parcourir une courte distance à pied dans ce trou de ver et ressortir dans la galaxie d'Andromède, par exemple... à condition de maîtriser l'énergie négative, qui correspond à une répulsion gravitationnelle et empêcherait le trou de ver de s'effondrer.

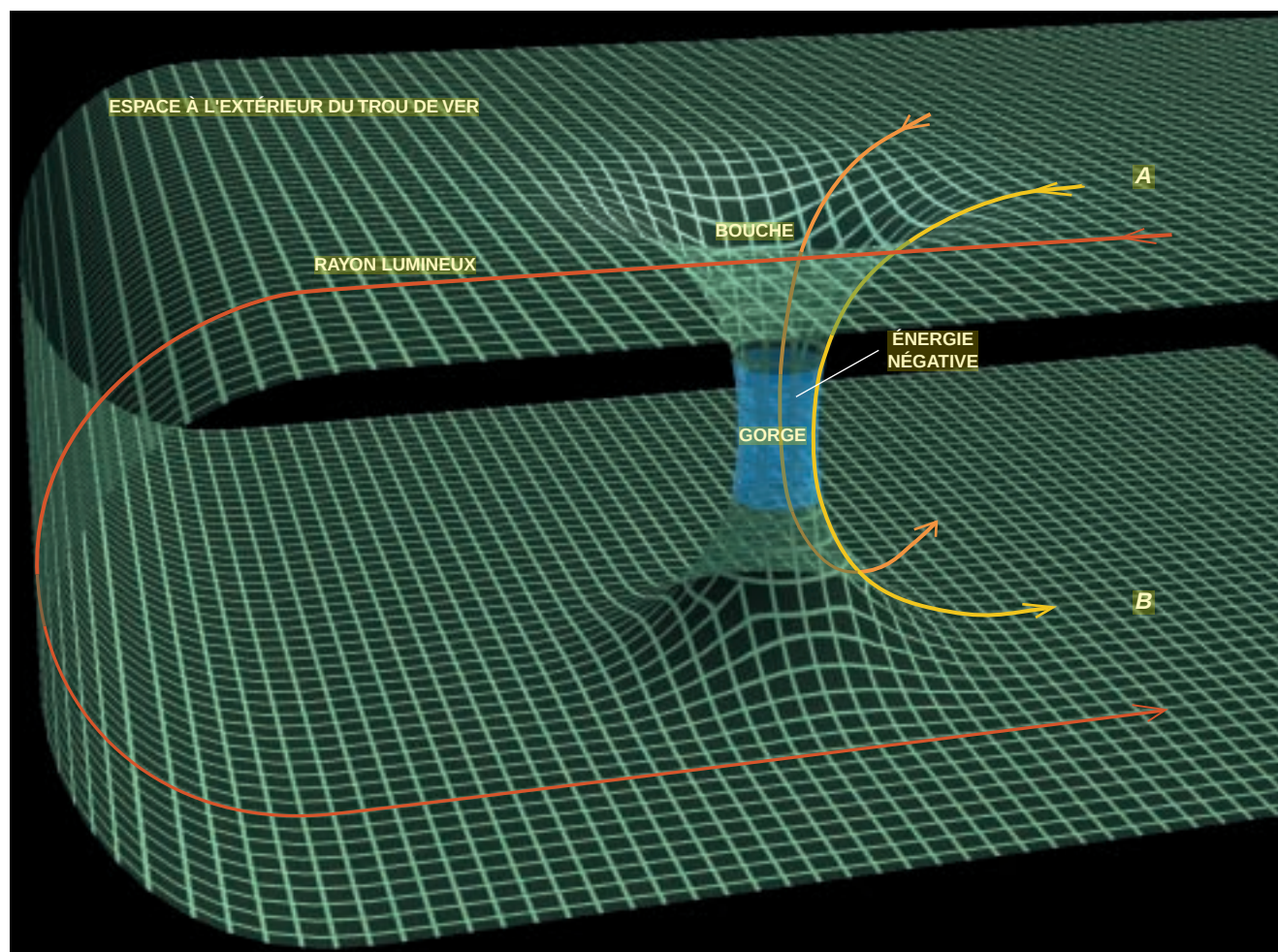
Un trou de ver n'est utilisable que s'il laisse passer des signaux sous forme de rayonnements électromagnétiques. Les rayonnements pénétrant dans l'une des bouches du trou de ver sont convergents, mais, pour ressortir, ils doivent se défocaliser ; autrement dit, ils doivent passer de la convergence à la divergence quelque part entre l'entrée et la sortie (voir la figure 3). Cette défocalisation nécessite de l'énergie négative : alors que la courbure de l'espace-temps induite par le champ gravitationnel, attractif, de la matière ordinaire agit comme

une lentille convergente, l'énergie négative agit comme une lentille divergente.

Plus vite que la lumière

Des déformations de l'espace-temps permettraient également des voyages à des vitesses supérieures à celle de la lumière. En 1994, à Cardiff, Miguel Alcubierre Moya a trouvé une solution aux équations d'Einstein qui présente un certain nombre de caractéristiques communes avec la propulsion supraluminique par déformation de l'espace-temps. Une telle solution correspond à une bulle d'espace-temps qui pourrait transporter un vaisseau interstellaire à des vitesses arbitrairement élevées par rapport à un observateur situé en dehors de la bulle. Là encore, l'énergie négative est la clé du phénomène.

Le principe de déplacement à des vitesses supérieures à celle de la



3. UN TROU DE VER est un tunnel entre deux régions éloignées de l'espace. Les rayons lumineux peuvent entrer par une des ouvertures du trou de ver et ressortir par l'autre ouverture. La propagation serait beaucoup plus longue si le rayonnement n'empruntait pas ce raccourci. Dans la gorge, de l'énergie négative (en bleu) doit être

présente pour faire diverger les rayonnements. Ce diagramme est une représentation bidimensionnelle, mais l'espace réel a trois dimensions ; les ouvertures et la partie centrale du trou de ver seraient en fait des sphères. Les trous de ver pourraient également relier entre eux deux points différents dans le temps.