

Aujourd'hui donc, même si, sur le plan logique, aucun raisonnement définitif n'interdit de croire à ces jonctions inopinées ou à ces plis heureux, rien de sérieux ne nous permet de soutenir que nous pourrions un jour réaliser des appareils qui nous feraient voyager sans fatigue et sans attente par des raccourcis de l'espace.

Quant aux trous noirs, les physiciens qui étudient leur nature ont démontré que les variations fortes de la gravitation déchiquetaient tout objet physique lors de son entrée dans le trou noir. Cette voie, la plus réaliste (car la physique relativiste est bien attestée et elle prévoit l'existence de trous noirs dont des manifestations indirectes ont été observées), ne conduira donc pas à des outils de transport nouveaux, même dans cent ans ou mille ans.

Notons trois caractéristiques de ces improbables mais possibles voyages par raccourcis topologiques :

- ils n'exigent pas la connaissance préalable de l'objet qui voyage, car celui-ci garde son intégrité, le voyage n'étant finalement qu'un simple déplacement, par un chemin inhabituel ;

- ils permettraient de s'affranchir de la limite de la vitesse de la lumière : sans jamais localement se déplacer plus vite que la lumière, nous joindrions, grâce aux raccourcis empruntés, deux points plus vite que ne le fait la lumière par le chemin usuel ;

- ils n'aident pas *a priori* la duplication des objets ou des personnes.

Téléportation par analyse-transmission-recomposition

À défaut d'emprunter des raccourcis topologiques, l'idée qui vient le plus naturellement à l'esprit pour obtenir un déplacement à la vitesse la plus grande possible est la suivante :

- analyser l'objet à téléporter ;
- envoyer, à l'aide d'ondes électriques ou électromagnétiques, la description obtenue de l'objet ;

- reconstituer l'objet à l'arrivée, à partir des données captées, avec des atomes rassemblés sur place (ceux qui composaient l'objet au point de départ y restent et ne voyagent pas, car les accélérer coûterait trop cher en énergie).

L'application de ce schéma engendre de multiples difficultés que nous allons envisager une à une. Remarquons que ce schéma est déjà mis en œuvre avec succès pour certains objets matériels simples et qu'il pourrait, sans effort

insurmontable, l'être pour d'autres. La télécopie est un télétransport authentique fondé sur le schéma *analyse-transmission-recomposition* : une feuille de papier recouverte de «taches» d'encre est analysée (avec un niveau de précision limité), le résultat numériquement codé de l'analyse est transmis par le réseau téléphonique (donc à une vitesse proche de celle de la lumière), et l'appareil destinataire produit une feuille semblable à celle du départ, en exploitant l'information qui a voyagé.

Les télécopies sont souvent de médiocre qualité, mais c'est par souci d'économie et pour accélérer la transmission des informations sur la ligne téléphonique. Nous disposons de toutes les techniques nécessaires pour réaliser des fax en couleur de grande précision qui respecteraient l'épaisseur du papier et sa qualité. Sans grands efforts, on saurait de même téléporter des livres entiers : l'appareil émetteur ferait une analyse du format, de la nature de la reliure, de la couverture, des papiers, puis de chacune des feuilles, et, après transmission de toutes ces données, l'appareil récepteur réimprimerait et relierait un livre semblable ou approchant.

Est-ce qu'un tel appareil de télétransport de livres aurait un intérêt économique ? Sans doute pas, mais l'exemple est suffisant pour affirmer que la téléportation n'est pas de la science-fiction.

Jusqu'où peut-on aller en suivant le schéma analyse-transmission-recomposition ? Pour les objets bidimensionnels, il est clair que les techniques de photographie associées à des techniques d'analyse de la nature des supports pourraient, si on le souhaitait et si on s'en donnait les moyens, conduire à des machines à téléporter des tissus, des rouleaux de papiers peints, des films de plastiques imprimés ou tout autre objet plat décoré. La qualité de l'objet reconstitué n'est limitée que par les efforts qu'on entreprend dans les phases d'analyse et de recomposition.

Certains objets tridimensionnels peuvent eux aussi, dès aujourd'hui, être téléportés d'un endroit quelconque de la terre à un autre par analyse-transmission-recomposition. C'est le cas des objets en plastique : ils peuvent être analysés par un laser qui en détermine la forme géométrique tridimensionnelle, forme qui est transmise à une machine laquelle reconstruit un objet identique à partir de la définition géométrique. Les machines de stéréolithographie créent

des couches de résines superposées qui matérialisent n'importe quelle forme préalablement analysée. De telles machines associées à un système de peinture automatisé seraient de parfaits terminaux d'arrivée pour la téléportation de petits objets tridimensionnels dont la composition interne est sans importance : petites statues, jouets pour enfant, figurines peintes, etc.

L'analyse chimique par spectrométrie de masse ou, dans le cas des séquences d'ADN, par électrophorèse sur gel, rend possible de téléporter des composés chimiques dont chaque molécule serait identifiée et dont les proportions respectives seraient mesurées ; l'ensemble de ces informations conduirait, après synthèse et mélange, à la reconstitution du composé initial.

De tels appareils ont pour l'instant des capacités très limitées, mais ils sont d'actualité, et une équipe suisse dirigée par Denis Hochstrasser, de l'Institut suisse de bio-informatique, a conçu un scanner moléculaire destiné à l'analyse des protéines qui, en automatisant l'analyse de cette classe de molécules, fait faire un pas en avant à d'éventuels téléporteurs moléculaires.

Actuellement, seules des solutions liquides très pures d'un petit nombre de composants ou des mélanges solides très simples pourraient être ainsi moléculairement télétransportés, mais des progrès continus sont certains. D'ici peu, nous aurons donc la possibilité de construire de véritables machines à téléporter pouvant faire voyager des composés chimiques complexes.

L'ADN ou l'ARN de certains virus a été entièrement séquencé, et certains virus sont connus protéine par protéine ; nous pourrions donc, dans un proche avenir, téléporter certaines classes de petits organismes. Si nous partons à la conquête du système solaire ou de la galaxie, de telles machines pourraient devenir indispensables pour envoyer de nouveaux médicaments, de nouveaux aliments, de nouveaux colorants etc., à nos colonies éloignées.

Des limites infranchissables ?

Venons-en au problème des limites intrinsèques de l'approche de la téléportation par analyse-transmission-recomposition.

Plus un objet est complexe, plus sa téléportation exige qu'on l'analyse finement. Si, pour téléporter ce qui nous

intéresse dans une feuille de papier, point n'est besoin de mener l'analyse chimique de la feuille, en revanche, pour téléporter un gâteau au chocolat, il ne suffit pas de reconstituer un bout de plastique coloré en marron. Ce qui nous importe dans le gâteau est sa forme, sa couleur et son goût : le téléporter signifie donc reconstituer ces trois éléments, ce qui est bien sûr extrêmement difficile et hors de portée aujourd'hui, car le nombre de molécules d'un arôme de chocolat est énorme (plusieurs dizaines), et même en y prenant tout le temps qu'on veut les résultats actuels sont imparfaits.

La reconstitution de certains objets (comme les cristaux et les êtres vivants) oblige à une précision encore plus

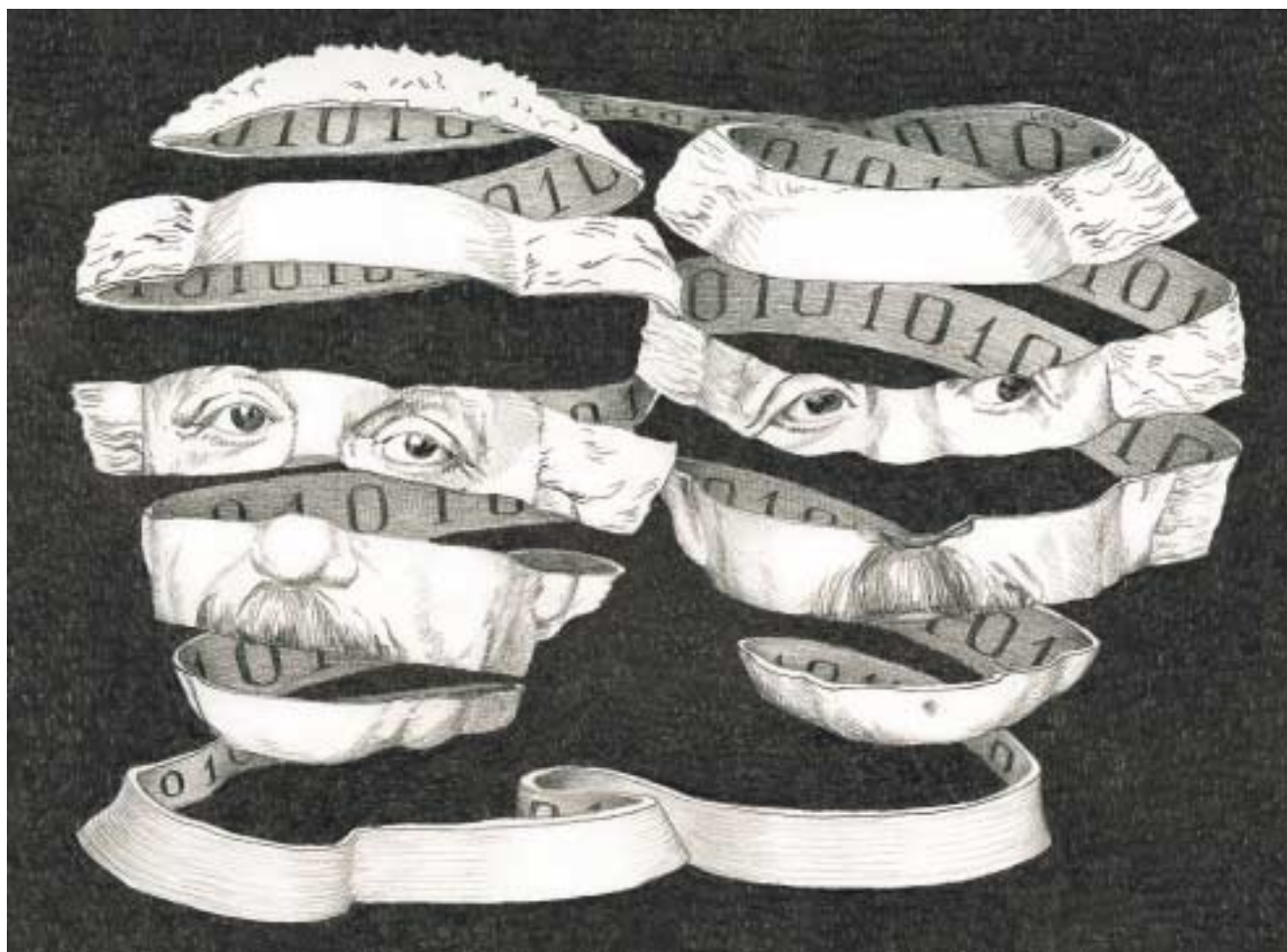
grande, d'ordre atomique. En effet, le déplacement d'un atome peut correspondre à la mutation d'un gène important chez un être vivant : pour téléporter un être vivant, chaque molécule et chaque atome doit être identifié au départ et remplacé à l'arrivée avec exactitude.

Si l'on tente d'aller le plus loin possible dans la réalisation de téléporteurs, le moment arrivera donc vite où il faudra respecter la position exacte de chaque atome de l'objet à déplacer. Y a-t-il une impossibilité fondamentale à cette téléportation par analyse-transmission-recomposition avec une précision atomique? Nous entrons dans un domaine où il va être difficile de for-

muler des conclusions définitives. Cependant quelques commentaires méritent d'être notés.

Analyse impossible?

Qui aurait pensé, il y a deux siècles, qu'on réussirait à voir les os ou les organes internes d'un animal vivant sans avoir à en découper la peau? Peut-être réussirons-nous à aller plus loin et à mener l'analyse, atome par atome, de petits volumes de matière. La mécanique quantique impose toutefois des limites à ce qu'on peut connaître des petits objets. Est-ce que ces limites concernent notre problème? Le physicien Samuel Braunstein (spécialiste de



1. QUANTITÉ D'INFORMATION POUR DÉCRIRE UN ÊTRE HUMAIN. Combien d'informations binaires (bits) faut-il pour décrire un être humain (qu'on voudrait téléporter en communiquant la description)? **10^{32}** En indiquant la position, la nature et la vitesse de chaque atome composant un être humain avec une précision de l'ordre de grandeur d'un atome moyen, il faut environ 10^{32} bits d'information pour décrire un être humain. **10^{20}** Les nombreuses informations redondantes que la description précédente contiendrait pourraient être considérablement réduites par les techniques de compression de données. Sans qu'aucun nombre puisse être avancé sur des bases sérieuses, on peut quand même risquer que 10^{20} bits seraient suffisants, surtout si l'on accepte de ne garder que les informations pertinentes (qu'importe, par exemple, la longueur exacte de chaque cheveu, la

position précise de chaque pore de la peau, etc.). **10^{15}** Si l'on ne souhaitait garder qu'une description algorithmique de l'esprit (et si une telle chose est possible!), le nombre d'informations caractérisant une personne serait sans doute bien inférieur à 10^{20} . On peut considérer que, vu la taille du génome (moins de 10^{10} bits d'information), vu le vocabulaire qu'une personne connaît (50 000 mots est exceptionnel, cela fait moins de 10^7 bits), vu le nombre de souvenirs qu'une personne possède (un livre de 100 000 pages permet certainement de les consigner tous, cela représente moins de 10^9 bits), on peut avancer que 10^{15} bits de programmes seraient grandement suffisants. Peut-être même pourrait-on risquer les nombres de 10^{12} ou 10^{10} . Bien sûr, la haute idée que l'homme a de lui-même rend choquantes de telles évaluations, que bien peu de gens acceptent.