

maîtrisé, mais fait naître un désir d'achèvement actuel (on songe au théorème de complétion d'un espace topologique uniforme). L'interactivité offerte par les systèmes du type *Conte à votre façon*, en particulier, n'est pas sans évoquer les «suites de libre choix» de Brouwer, et donc une forme élégante – et constructive – d'appréhension du continu.

Les sirènes de Titan

*C'est donc vers l'air que je déploie mes ailes
confiantes
Ne craignant nul obstacle, ni de cristal ni
de verre,
Je fends les cieux et m'érige à l'infini.
Et tandis que de ce globe je m'élève vers
d'autres globes
Et pénètre au-delà par le champ éthéré,
Je laisse derrière moi ce que d'autres voient
de loin.*

Giordano Bruno
(*De l'infini, de l'univers et des Mondes*)
Le titre de cette section, comme des précédentes, est celui d'une œuvre littéraire, ici un roman de Kurt Vonnegut, où l'auteur introduit des entités spatio-temporelles qu'il nomme «chrono-synclastic infundibula», événements semblables à ces «moments de synchronisation cosmiques» décrits par Nabokov. Ce sont des moments d'exploration simultanée de l'espace et du temps, de circulation le long de cette dimension d'«échelle» à laquelle les physiciens s'intéressent aujourd'hui, mais que Victor Hugo évoquait déjà dans *Les misérables* (La maison de la rue Plumet) : «Qui donc peut calculer le trajet d'une molécule? que savons-nous si des créations de monde ne sont point déterminées par des chutes de grains de sable? qui donc connaît les flux et les reflux réciproques de l'infiniment grand et de l'infiniment petit, le retentissement des causes dans les précipices de l'être et les avalanches de la création?»

L'infini atteint ainsi la dimension d'échelle qui s'ajoute à celles de l'espace et du temps, et l'on peut imaginer que les nouvelles techniques, qui nous permettent de visualiser ces dimensions nouvelles, au service de la physique ou de la biologie, des formes littéraires et artistiques aussi bien que mathématiques de la représentation, nous offriront des accomplissements, des assouvissements inédits...

Terminons par un véritable moment de synchronisation cosmique : on sait que les *Nouvelles Impressions d'Afrique* de Raymond Roussel (1932), dont la composition et les illustrations par H.-A. Zo ont été préparées avec un soin maniaque par l'auteur, se terminent par un dessin dont la spécification (qui lui avait été transmise par une agence de détectives privés) était : «Un pan de ciel étoilé sans paysage terrestre semblant vu d'un point de l'espace sidéral donnant l'impression de l'infini.» Or le poème et ses illustrations sont suivis, dans l'édition Lemerre, par un poème : *Mon Âme*, écrit à l'âge de 17 ans, réédité sous le titre *L'Âme de Victor Hugo*, et dont voici les deux derniers quatrains (le premier suggère évidemment l'audacieuse substitution : «Victor Hugo» → «Raymond Roussel») :

*À cette explosion voisine
De mon génie universel,
Je vois le monde qui s'incline
Devant ce nom : Victor Hugo.*

*Sur la terre, que je domine,
Je vois ce feu continu
Qui, seul et sans frère, illumine
Partout l'univers actuel.*

Et c'est dans *Abîme*, le chant XLI et dernier de *La légende des siècles*, que Victor Hugo, le 26 novembre 1853, conclut en donnant la parole à notre héros :

L'INFINI
L'être multiple vit dans mon unité sombre.

Paul BRAFFORT est responsable du programme scientifique de l'ALAMO (Atelier de littérature assistée par la mathématique et les ordinateurs)

H. POINCARÉ, *Dernières pensées*, Flammarion, 1913.

P. VALÉRY, *Cahiers*, Gallimard, 1974.

T. LÉVY, *Figures de l'infini*, Éditions du Seuil, 1987.

J.L. BORGES, *Avatars de la tortue, Œuvres complètes I*, Gallimard, 1993.

P. ZELLINI, *Breve storia dell'infinito*, Adelphi, 1993.

J.-P. LUMINET, *Les poètes et l'univers* (anthologie), Le Cherche Midi, 1996.

C. GODIN, *La Totalité*, Champ Vallon, 1998.

Paul BRAFFORT, *Science et Littérature*, Diderot, diffusion Éditions du Seuil, 1998.

Les geysers

PHILIPPE COUSSOT

Dans la cheminée d'un geyser, l'eau est sous pression et à température élevée. Périodiquement, un brusque changement d'état s'amorce et aboutit à une violente éruption : la colonne d'eau surchauffée passe de l'état liquide à l'état vapeur.

Alcalay/J. Bios

La Terre a parfois les allures d'une baleine expulsant l'eau par son évent. Les geysers ne sont cependant pas le signe d'une vie interne du globe, mais l'une des manifestations les plus étranges du cycle de l'eau. À intervalles réguliers ou irréguliers, un mélange d'eau chaude et de vapeur en provenance des entrailles de la Terre est brutalement projeté à plusieurs dizaines de mètres de hauteur. D'où provient cette vapeur ? Comment ces projections sont-elles régulées ?

On dénombre quelque 50 champs de geysers dans le monde, dont les deux tiers seulement contiennent plus de cinq geysers actifs. Le parc national de Yellowstone (*ci-dessus*, Geyser Castle), aux États-Unis, en contient davantage, le plus connu étant *Old Faithful* qui, depuis 100 ans, laisse échapper toutes les 65 minutes, un jet d'eau et de vapeur de 50 mètres de hauteur. Certains geysers sont plus rapides : le *Strokkur*, en Islande, explose toutes les 10 à 15 minutes. D'autres encore sont beaucoup lents, les éruptions se produisant uniquement après plusieurs heures de repos.

Les geysers sont assez rares, car ils résultent de la conjonction de divers phénomènes, notamment d'une activité volcanique et d'une circulation d'eau à relativement faible profondeur. Un geyser évolue au rythme des modifications de la croûte terrestre, sur des centaines, voire des milliers d'années. L'activité d'un geyser change souvent quand un séisme se produit à proximité, car la structure du sous-sol, dont nous expliquerons l'importance, change. Dans les régions de volcanisme actif, les évolutions de la croûte terrestre expliquent aussi l'apparition de nouveaux geysers. Les solfatares sont des «geysers calmes», qui relarguent de la vapeur d'eau chargée de soufre.

L'eau expulsée par les geysers (d'après le mot islandais *geysir* qui signifie *jaillir*) provient essentiellement de l'eau de

pluie qui s'est infiltrée très lentement dans le sol, à travers des fractures ou des roches poreuses sur plusieurs kilomètres. La température des roches s'élève progressivement avec la profondeur : elle augmente de 30 °C par kilomètre sur les 10 premiers kilomètres. Toutefois, la température est notablement supérieure à proximité des zones d'activité volcanique, car elle est proche du magma en fusion ou en cours de solidification. L'eau qui s'infiltre dans un sous-sol poreux se réchauffe progressivement et, parfois, s'accumule. Pour qu'un geyser se forme, il faut qu'une telle réserve d'eau soit connectée à l'air libre par un réseau de conduits sous-terrains.

RETARD À L'ÉBULLITION

Pourquoi un geyser donne-t-il l'impression d'exploser ? En raison d'une sorte de réaction en chaîne qui prend naissance au sein de la masse d'eau surchauffée et sous pression. En profondeur, l'eau supporte tout le poids de la colonne d'eau située au-dessus d'elle, qui est proportionnel à la profondeur considérée. Ainsi la pression qui s'exerce sous une colonne de 10 mètres de hauteur est égale à deux fois la pression atmosphérique (une colonne d'eau de 10 mètres de hauteur équivaut à une atmosphère à laquelle s'ajoute la pression atmosphérique qui s'exerce sur le haut de la colonne). Or la température d'ébullition de l'eau augmente avec la pression. L'eau bout à 100 °C sous pression atmosphérique normale, à 120 °C lorsque la pression est égale à deux fois la pression atmosphérique, à 158 °C sous 50 mètres (6 fois la pression atmosphérique). Dans les geysers les plus profonds la température de l'eau atteint 300 °C sans qu'il n'y ait d'ébullition. Considérons maintenant une colonne d'eau progressivement



Alcalay/Jean-Jacques Bios



Klein/Hubert Bios

À gauche, le geyser *Strokkur*, en Islande, juste avant l'éruption et, à droite, le geyser *White Dome*, à Yellowstone, aux États-Unis.