

interdire les conduites de cuivre et surveiller la présence d'acétylène dans le gaz.

Des technologies de différentes générations pouvaient interagir de façon inattendue. Le 12 juillet 1883, une série d'explosions manquent de faire s'effondrer plusieurs immeubles au carrefour de la rue François-Miron et de la rue du Pont-Louis-Philippe, à Paris. Un café est détruit et on dénombre 86 victimes. Cette fois encore, les causes sont complexes et, à vrai dire, mal élucidées, la Compagnie parisienne d'éclairage et l'Administration des eaux de Paris se rejettent la faute. L'accident semble dû au croisement de plusieurs réseaux techniques : une fuite d'eau ayant creusé une cavité, un conduit de gaz à proximité se trouve privé de soutien, s'affaisse et se brise. Or le gaz libéré ne peut s'échapper à travers les pavés, remplacés par du macadam imperméable. Il se déverse dans les égouts et les caves pendant plusieurs jours avant de causer la série d'explosions. On constate le caractère imprévisible d'un enchaînement de causes inimaginables en 1823.

La construction sociale de la sécurité

La controverse n'a pas été inutile pour autant. Le règlement de 1824 qui en a découlé définissait un standard minimum de sécurité. S'il est difficile de cerner son rôle dans la sécurisation de l'éclairage au gaz (il faudrait pour cela savoir quel aurait été l'état de la technique sans ce règlement), l'état des gazomètres londoniens dans les années 1820 fournit un point de comparaison. En Angleterre, aucune des précautions proposées suite à l'enquête parlementaire n'a pris force de loi, et le souci d'économie nuit souvent à la sécurité des installations. Ainsi, à l'usine londonienne de Whitechapel, des sacs goudronnés de 400 mètres cubes font office de gazomètres. Dans l'usine de Brick Lane, d'anciens fûts de bière sont recyclés en gazomètres. À Manchester, pour économiser la construction d'un bassin, les gazomètres flottent dans des mares ! Le bois est aussi souvent préféré à la fonte, pourtant moins chère outre-Manche.

L'histoire du gaz d'éclairage à Paris et à Londres est riche d'enseignements sur les



3. L'USINE À GAZ DE LA VILLETTE en 1878, entourée d'habitations.

controverses techniques. D'une part, la sécurisation de la technique dépend surtout de la mobilisation des opposants. Même s'ils ont perdu la bataille, les opposants au gaz ont réussi à transformer un problème de voisinage en une question de sûreté publique ; ils ont ainsi donné le coup d'envoi à la réglementation du gaz en France. D'autre part, la comparaison des expertises française et anglaise sur le gaz témoigne de la nécessité d'ouvrir les procédures d'expertise à une grande variété d'acteurs et de compétences.

Enfin, l'histoire du gaz est emblématique de l'imprévisibilité radicale de la technique. Bien que démantelées depuis un siècle, les usines à gaz des années 1820 continuent de polluer : les goudrons issus de la distillation du charbon qui ont contaminé les sols contiennent des hydrocarbures que la médecine contemporaine a reconnus comme cancérigènes. Jeter l'opprobre sur les experts des années 1820 qui n'ont pas su prévoir ces dangers n'aurait aucun sens. En revanche, la comparaison historique de ce que l'expertise prévoyait avec ce qui est advenu rend plus tangible le sens du mot « incertitude » utilisé aujourd'hui à propos des technologies contemporaines. La technique et ses circonstances ont déjoué tous les pronostics. Le seul vainqueur de la controverse a été l'imprévisible.

✓ À ÉCOUTER

Jeudi 7 juillet 2011, Jean-Baptiste Fressoz évoquera la controverse dans la partie « Actualités » de l'émission **La marche des sciences**, sur *France Culture* de 14h à 15h. www.franceculture.com

✓ BIBLIOGRAPHIE

J.-B. Fressoz, *L'apocalypse joyeuse, une histoire du risque technologique*, Seuil, à paraître, janvier 2012.

J.-B. Fressoz, *The Gas-lighting controversy. Technological risk, expertise and regulation in nineteenth century Paris and London*, *Journal of Urban History*, vol. 33, n°5, pp. 729-755, 2007.

 Retrouvez plus de détails sur la controverse www.pourlascience.fr



LOGIQUE & CALCUL

Le défi des faibles complexités

*Comme les très petites durées ou longueurs,
les faibles complexités sont délicates à estimer.
Paradoxalement, leur évaluation exige des calculs colossaux.*

Jean-Paul DELAHAYE

Prenons un objet défini par un grand nombre de données, par exemple une photo numérique ou le texte d'un livre. Le bon sens nous souffle que plus grande est la quantité d'information nécessaire pour décrire l'objet, plus il est « complexe ». Le corollaire est que plus votre objet est complexe, plus sa transmission prendra du temps.

Si l'image à laquelle nous nous intéressons est toute noire (par exemple un carré d'un million de pixels noirs), la brève description « l'image a pour dimension $1\,000 \times 1\,000$ et tous ses pixels sont noirs » suffit pour la connaître avec une parfaite précision. Dans le cas d'une photographie de visage, même les meilleures méthodes de description exigeront des milliers de bits d'information. Le visage est plus complexe et la valeur de cette complexité déterminera le coût de la transmission.

Les théoriciens ont précisé cette façon naturelle et intuitive d'envisager la complexité d'une suite de 0 et de 1. C'est le concept de complexité introduit vers 1965 en même temps par Andreï Kolmogorov et Gregory Chaitin. La complexité de Kolmogorov d'un objet numérique s est la taille $K(s)$ du plus court programme informatique, une description optimale de s , qui, exécuté, reconstitue exactement s . La taille d'un fichier compressé de l'objet s est une mesure de sa complexité. En effet, l'algorithme de décompression, partant de ce fichier, reconstitue toutes les données de l'objet s (on n'envisage ici que la compression sans perte) ;

nous considérons donc ce fichier compressé comme un programme dont la taille est approximativement celle du programme le plus court donnant s .

Étudiée depuis la décennie 1960, la complexité de Kolmogorov a été appliquée en physique, en biologie et même en économie. Elle permet de concevoir clairement ce qu'est le contenu en informations d'un objet.

Échec de la complexité de Kolmogorov

Avec la complexité de Kolmogorov, nous savons caractériser mathématiquement une suite aléatoire, ce dont était incapable la théorie classique des probabilités : une suite aléatoire de n bits d'information (une suite de n fois 0 ou 1) est une suite dont la complexité de Kolmogorov $K(s)$ est environ n . Une suite infinie aléatoire est une suite dont aucun début (la suite des n premiers bits) n'est sensiblement compressible. Au contraire, la suite infinie 01010101... n'est pas aléatoire, car on peut définir de façon concise ses $2n$ premiers bits par « n fois 01 ».

Le calcul des valeurs approchées de la complexité de Kolmogorov, grâce aux algorithmes de compression de données sans perte, rend le concept utilisable : la figure 1 propose des exemples de calcul de la complexité de Kolmogorov pour des images numériques. Certaines méthodes de classification de textes, de musiques et

de séquences génétiques ont été déduites d'algorithmes de compression de données.

Cette théorie a cependant un défaut : elle ne permet de mesurer la complexité d'un objet s que s'il est assez grand (supérieur à quelques centaines de bits). La raison de cette limitation est que la définition de $K(s)$ dépend du langage de programmation utilisé pour obtenir la « longueur du plus court programme » : selon le langage choisi, la complexité de Kolmogorov subit des variations qui ont peu d'importance lorsqu'il s'agit de longues séquences de 0 et de 1, mais qui enlèvent tout sens aux résultats concernant les petites séquences.

Pourtant, il semble censé d'envisager la complexité de Kolmogorov des séquences courtes. En effet, il paraît clair que, par exemple, la séquence de sept bits 1001101 est plus complexe que la séquence 0000000, et que la séquence 0001000 est d'une complexité intermédiaire à celles des deux précédentes. Nous avons donc une idée intuitive d'un classement par complexité croissante des séquences courtes. Comment faire pour que la théorie donne un sens à ce que notre intuition perçoit, et que cette théorie s'applique à la fois aux séquences courtes et longues ?

Le problème à résoudre est un problème de thermomètre : parmi tous les instruments de mesure qui conduisent à des évaluations de la complexité de Kolmogorov, mais qui diffèrent par des constantes additives, n'y en aurait-il pas un meilleur, ou devant être préféré, au moins sur un plan