

Zeitschrift: Mémoires de la Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Herausgeber: Société Vaudoise des Sciences Naturelles
Band: 17 (1978-1987)
Heft: 1

Artikel: De l'information à l'intelligence : la clôture de la boucle
Autor: Golay, Marcel J.E.
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-259566>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 10.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

De l'information à l'intelligence – la clôture de la boucle

PAR

MARCEL J. E. GOLAY

Pour clore cette série de conférences sur la théorie de l'information, je vous invite à revivre avec moi une petite mésaventure imaginaire. Elle a commencé par un calcul des plus simples: notre civilisation, à côté de ses monuments et de ses traditions, est représentée principalement dans nos livres. Quel est le nombre de bits d'information contenu dans tous les écrits que nous avons? Ces écrits contiennent les lettres de différents alphabets, à chacune desquelles nous pouvons assigner une valeur informatique de quelque 10 bits: le choix de un sur 1024 couvre une quarantaine de formes différentes d'alphabets de 25 ou 26 lettres. Ces lettres forment des lignes, avec, en chiffres ronds, 100 caractères par ligne; assignons 100 lignes à chaque page, encore généreux, 100 pages par livre, moins généreux, une centaine de livres par individu, de nouveau généreux, et un monde qui comprendra bientôt dix milliards d'individus. Le produit est facile à obtenir, nous comptons les zéros, et nous trouvons 10^{19} bits d'information.

Alors, mettant dans le creux de ma main gauche tous ces bits sous la forme de micro-microfilms, de la main droite je tire la sonnette et, aussitôt, voici devant moi le petit bonhomme que le Prof. Viñtoz a bien voulu nous introduire: le démon de Maxwell. Comme s'il était le 13^e lutin de la princesse Mab, pour ceux de ma génération qui se souviennent de cette charmante histoire, il est entré sans même que la porte ait bougé, et, lorgnant ma main gauche, il me fait une révérence un peu trop courtoise dont je devrais me méfier: «Maître, que puis-je pour vous?».

«Tiens», lui dis-je en toute innocence, «tu as vu ces dix milliards de milliards de bits, la quintessence de notre civilisation; que peux-tu en faire?»

Il fait vite un petit calcul mental, me lance un regard goguenard, et me propose: «Maître, donnez-moi vos dix mille millions de milliards de bits, et donnez-moi aussi deux milligrammes d'eau tiède. Je garderai vos précieux bits; je vous rendrai un milligramme d'eau chaude et un milligramme d'eau froide; et nous serons quittes.»

Je suis plus que bouleversé; je suis scandalisé, je suis outré: «Tu te moques de moi; hors d'ici polisson.» Il hausse les épaules; il disparaît comme il est apparu; je reste seul; et je commence enfin à réfléchir.

Oui, il m'a eu, mais pourtant il n'a fait qu'appliquer strictement la formule qui relie la théorie de l'information à la seconde loi de la thermodynamique que le Prof. Vittoz nous a démontrée, et sur laquelle tout le monde est d'accord.

Un milligramme d'eau chaude pour ce trésor! Comme diraient nos amis du Val de Travers, «il y a quelque chose qui cloche, d'obtenir un résultat si piètre pour toute la belle ouvrage accomplie pendant ces millénaires par l'homme et par son intelligence».

Eh bien voilà, j'ai prononcé le mot: intelligence, cet élément qui ne pourrait exister sans l'élément d'information, mais qui donne à ce dernier son sens profond.

Alors, j'aimerais vous inviter à spéculer avec moi sur trois questions: d'abord, existe-t-il une mesure de l'intelligence? ensuite, existe-t-il une intelligence telle que la nôtre quelque part ailleurs dans notre galaxie? et enfin, pour clore la boucle, est-ce que l'homme pourrait être amené à employer son intelligence pour vaincre la mort de chaleur à laquelle la deuxième loi de la thermodynamique paraît condamner notre univers?

Première question: existe-t-il une mesure de l'intelligence comme le bit est la mesure de l'information? J'aimerais penser qu'un jour un autre Gödel nous donnera une réponse négative rigoureuse à cette question. Pour le moment, je n'ai que la suggestion suivante: si l'homme peut dire «je pense», cela veut dire qu'il pense qu'il pense, et, en conséquence, il pense qu'il pense qu'il pense – pour paraphraser Gamow, c'est un, deux, trois, ... l'infini. Sur cette base fragile, je dois laisser reposer la thèse que l'intelligence transcende une mesure d'elle-même. En outre, comme corollaire, j'aimerais penser qu'il ne pourrait exister d'intelligence fondamentalement supérieure à celle de l'homme – des êtres avec une plus grande mémoire, une manipulation des idées plus rapide que la nôtre, des êtres qui ne demanderaient pas un siècle et quart pour prouver le théorème des quatre couleurs, oui, mais pas davantage. On me répondra qu'en effet notre intelligence englobe dans son champ toute intelligence qu'elle peut concevoir; mais y aurait-il des intelligences supérieures, que la nôtre ne peut concevoir? Je n'ai pas de bonne réponse à cette question. Je peux l'étiqueter comme hypothétique, mais ce n'est pas une bonne réponse.

Bon. Passons si vous le voulez bien à la deuxième question: Existe-t-il une intelligence quasi humaine dans notre galaxie, ce grand disque d'étoiles et de nébuleuses de 100 000 années-lumière de diamètre, dans lequel notre système solaire se trouve, tournant autour du centre à une vitesse de 250 km par seconde, et faisant un tour complet en 220 millions d'années?

Cette question nous place évidemment en marge de la science-fiction, où il est facile de dire des sottises. Efforçons-nous de les éviter, et, pour

commencer, j'aimerais vous proposer la thèse qu'il n'existe pas d'intelligence dans toute notre galaxie, hors de notre petite terre, à moins que... Je reviendrai bientôt sur cet «à moins que».

Parlons d'abord des arguments biologiques. Ici, nous sommes d'une ignorance double. D'un côté nous ne comprenons pas comment la vie est née sur notre terre; nous ne savons pas s'il y a eu une circonstance fortuite ou si la naissance de la vie devait se dérouler forcément à partir de conditions physiques et chimiques favorables. Et d'un autre côté, nous ne connaissons rien des systèmes planétaires autour d'aucune étoile voisine. Les idées des astronomes ont oscillé entre l'opinion que des systèmes tels que le nôtre sont extrêmement rares, et celle qu'il en existe peut-être un grand nombre. Quant à l'observation directe, il nous faudrait un miroir astronomique extra-terrestre d'un kilomètre de diamètre pour voir à peine une planète telle que Jupiter gravitant autour d'une étoile voisine. Donc ici, pour le moment, notre double ignorance nous interdit toute conclusion.

Parlons ensuite du projet Ozma, le projet américain tantôt arrêté, tantôt relevant sa tête drolatique; ce projet engendré je ne sais où ni par qui, dont le but serait de déterminer si des signaux intelligents nous arrivent d'en dehors de notre système solaire. Alors, posons-nous la question: est-ce que nous, nous serions disposés à envoyer de tels signaux sans savoir où, et pendant, disons dix pour cent de l'âge de notre univers, donc quelque deux milliards d'années, afin de donner à des formes de vie moins avancées que nous une bonne chance de passer de leur ère archéozoïque à leur ère quaternaire intelligente, pour qu'elles puissent enfin nous répondre? Je vous laisse en toute confiance le soin de répondre à cette question, et je pense que vous serez d'accord avec moi qu'ici non plus nous n'avons guère chance de trancher la question de déterminer s'il existe une intelligence extra-terrestre.

Allons-y autrement; coupons le nœud gordien et contournons le problème en nous donnant la tâche de prédire ce que l'homme fera comme exploration future de sa galaxie, et faisons-le prudemment. Il est tentant de dire: «hier la lune, demain nos planètes sœurs, après-demain l'espace lointain», mais les nombres sont déconcertants. Même après que l'astronomie de nos space-labs futurs nous aura permis de déceler la présence de systèmes solaires semblables au nôtre en observant les mouvements de nos étoiles voisines – je vous rappelle que notre soleil est tiré par Jupiter sur un cercle de quelque un million et demi de kilomètres – la tâche est effarante. D'abord des sondes qui, même en voyageant à mille fois la vitesse du son, devront mettre quatre mille ans pour atteindre un système tel que celui d'alpha du Centaure avant de nous transmettre de précieux renseignements. Et ensuite un voyage de la même durée par des astronautes qui devront accepter avec altruisme l'idée que le but ne sera atteint que par leur centième génération.

Alors, avant d'aller plus loin dans cette liste des difficultés, pensons à la perspective qui nous est donnée par l'échelle du temps. Au niveau ato-

mique, une nanoseconde est nécessaire pour l'émission d'une petite onde par un atome excité. Un facteur d'un milliard et nous avons la seconde nécessaire aux transformations biologiques les plus élémentaires. Un autre facteur d'un milliard et nous avons les quelque trente ans qui séparent une génération de la suivante. Un autre facteur d'un milliard, et nous avons l'âge approximatif de notre univers; et tout à l'heure je vais introduire un dernier facteur d'un milliard, mais n'allons pas trop vite. J'aimerais vous demander de spéculer avec moi sur ce que l'homme fera, non dans cent ans ou mille ans, mais dans un million, dix millions, cent millions d'années.

Faisons une extrapolation. Dans quelques centaines d'années, une astronomie de l'espace assez avancée, et, par l'observation du mouvement de nos étoiles voisines, la détermination des masses de leurs planètes, des distances de ces planètes à leurs soleils respectifs, de leur température probable. Avançons. Dans quelques milliers d'années, le lancement de sondes vers les systèmes les plus intéressants. Dans quelques dizaines de milliers d'années, un commencement de rapports et de catalogue des buts de voyage intéressants; et dans quelques centaines de milliers d'années, le départ de nos nouveaux Christophe Colomb.

Donc, si tout ne va pas mal, d'ici un million d'années, une colonisation de notre galaxie en bonne voie. Et nous ne sommes qu'au commencement. Ce seront les voyages qui prendront la plus grande partie du temps – les étapes pour l'établissement de colonies et l'exploitation minière de combustibles nucléaires ne demanderont que quelques milliers d'années – puis de nouveau quelques dizaines de milliers d'années pour encore un autre saut. Il est facile de calculer qu'avec des voyages se faisant avec un millième de la vitesse de la lumière, c'est-à-dire Mach 1000, nous aurons colonisé notre galaxie en cent millions d'années.

C'est ici qu'intervient l'argument. Cent millions d'années constituent moins d'un pour cent de l'âge de notre univers et de notre galaxie en particulier. Rencontrerons-nous des civilisations telles que la nôtre? Peu probable: un petit écart en arrière et ces planètes pensantes n'en seraient qu'à leur ère primaire; un même écart en avant et ce seraient elles qui nous auraient colonisés, et nous le saurions par notre histoire. Voilà la base sur laquelle je me permets de raisonner que la probabilité de vie intelligente dans notre galaxie est infime, bien moins que un pour cent.

A moins que. J'ai dit tout à l'heure que je reviendrais sur cet «à moins que» qui concerne la conjecture faite par nos astronomes que de grandes portions de notre galaxie, peut-être la moitié, sont constituées par cette antimatière dans laquelle les positons, observés brièvement dans les chambres de Wilson, remplaceraient les électrons; les antiprotons remplaceraient les protons, etc.

Nous ne pouvons déceler cette antimatière par la lumière qu'elle émet, identique à celle de la matière. Nous pouvons seulement faire la conjecture de son existence, par raison de symétrie, et j'aime à penser que d'ici

quelques dizaines d'années nous aurons dans l'espace des télescopes à particules qui observeront l'arrivée des positons et antiprotons constituant le vent solaire d'étoiles faites d'antimatière.

Mais alors, les choses iraient différemment dans notre colonisation de notre galaxie. Nous ne pourrions pas nous poser sur des planètes faites d'antimatière, où un milligramme de notre matière aurait l'effet de plusieurs tonnes de dynamite – et vice versa. Donc, si des systèmes d'antimatière paraissent intéressants, avec des planètes ayant des conditions semblables à celles qui ont permis l'évolution de la vie sur notre planète, nos vaisseaux explorateurs, après avoir subi l'effet de mitraille des vents solaires d'antiprotons de leurs étoiles, devront se mettre à l'abri, à un point d'équilibre lagrangien dans l'ombre d'une planète, et de là observer et attendre, peut-être pendant des milliards d'années, jusqu'à l'apparition de vie intelligente antimatérielle, avec laquelle une collaboration sera possible, et même essentielle pour notre survie, et la leur, comme nous allons le voir.

Pour simplifier les choses, et aussi parce que nous sommes impatients, renversons les rôles de notre civilisation et de la civilisation hypothétique antimatérielle. Maintenant ce sont eux, et non nous, qui sont en avance. Ce sont eux qui, bien à l'abri de notre vent solaire dans l'ombre de Jupiter, ont attendu avec patience depuis notre ère primaire. Ils ont vu nos feux de forêts et nos volcans. Tout récemment ils ont peut-être vu nos grands navires, nos canaux, nos autoroutes, les réflexions brèves du soleil par nos chemins de fer. Plus récemment encore, par notre radio et notre télévision, qu'ils reçoivent parfaitement bien, ils ont appris davantage sur nous que nous ne savons nous-mêmes. Ils ne sont guère édifiés par nos conceptions naïves que tout être extra-terrestre est un ennemi, et patientent encore un peu jusqu'à ce que nous ayons atteint un stade de plus grande maturité. Mais après quelques siècles d'attente additionnelle, ayant jugé que notre attitude est devenue enfin raisonnable, ils font leur jeu. Un beau miroir de télescope de 100 mètres de diamètre, dix kilowatts de lumière de laser visée sur une grande ville, et leurs signaux sont vus très distinctement des quelque vingt kilomètres carrés qu'occupe maintenant notre bonne voisine de Genève, qui avait déjà réalisé sa petite ambition secrète de devenir la capitale d'un monde meilleur. Ces signaux sont reconnus instantanément pour ce qu'ils sont. Une spéculation osée s'est vue confirmée; les préparatifs pour une nouvelle fusée d'observatoire spatial sont vite modifiés; les astronomes sont remplacés par des linguistes et des biologistes; les boutons appropriés sont poussés; la fusée part au moment propice et deux ans et demi plus tard fait rendez-vous avec le vaisseau de nos visiteurs. Ils tournent très prudemment l'un autour de l'autre; ils communiquent par télévision: les terriens s'étonnent de voir une telle ressemblance entre eux-mêmes et leurs nouveaux amis, comme si l'hominisation n'avait eu qu'un chemin à prendre. Ils conversent ensemble dans nos langues terrestres, échangent leurs connaissances biologiques et historiques; il y a euphorie générale; il y a même un

petit flirt platonique entre un gentil Lausannois fraîchement sorti de l'EPFL et une ravissante jeune antimatérielle qui, préparant sa toilette du soir devant sa télévision – car eux aussi doivent refaire leurs phosphates – dit à son admirateur: «Vous pouvez regarder, mais vous ne devez pas toucher.»

Je vous avais bien averti que notre seconde question nous mettait en marge de la science-fiction et de toutes ses sottises, et je crois bien en avoir dit ma portion. Mais puisque je suis déjà allé si loin, autant être pendu pour un mouton que pour un agneau et faire un petit pas de plus.

Que la rencontre entre les intelligences matérielles et antimatirielles ait pris place près de notre planète, ou dans quelques milliards d'années ailleurs dans notre galaxie, ou encore dans une autre des milliards de galaxies de notre univers, cette rencontre aura la conséquence suivante: sans elle, notre durée biologique, ou la durée biologique de tous autres êtres pensants, est limitée sur terre à la dizaine de milliards d'années que notre soleil brillera encore, ou ailleurs aux quelques centaines de milliards d'années que brilleraient encore d'autres soleils près desquels nous irions nous réfugier. Mais la collaboration des deux intelligences leur donnera, par exemple, la possibilité de faire sortir de notre système solaire, puis de notre galaxie, une planète telle que Saturne, et de lui faire rencontrer dans l'espace intergalactique une planète semblable faite d'antimatière, un projet gigantesque demandant des milliards d'années pour se réaliser mais qui en vaudrait la peine. Les deux planètes, gravitant l'une autour de l'autre et se nourrissant des petits filets ionisés qu'elles dirigeront l'une vers l'autre, pourront maintenir dans leurs intérieurs respectifs une vie pensante dont la durée éventuelle ne sera plus limitée à la durée lumineuse de tel ou tel soleil, mais dépassera celle-là par un facteur de plusieurs milliards. Une perspective un peu sombre de penser à notre progéniture qui pourrait continuer à vivre comme des vers de terre dans les immenses cimetières d'un univers éteint, mais possédant cependant des ressources énergétiques dépassant tout ce que nous pouvions envisager autrement. Cette dernière considération pourrait être essentielle à notre troisième spéculation, qui concerne la tâche éventuelle de l'intelligence humaine ou autre.

Ici les choses deviennent sérieuses. D'abord, nous savons par nos observations astronomiques autant que par nos observations des éléments radioactifs que notre univers est né il y a quelque 20 milliards d'années. Ensuite, la 2^e loi de la thermodynamique, cette même loi qui est intimement liée à la théorie de l'information, nous enseigne que notre univers va vers un refroidissement, une mort, puisque son entropie augmente inexorablement avec le passage des secondes et des siècles, la flèche du temps étant la même partout. D'ailleurs, la certitude de sa mort ne peut que confirmer l'âge fini de notre univers. Et enfin, notre dignité d'êtres pensants nous commande de ne pas accepter un univers, ou un cosmos, qui n'aura été qu'une fois pour toutes, avec rien avant, et sans continuation. La seule notion qu'il aurait pu ne rien y avoir du tout, pas d'espace, pas de matière, pas de temps, et

à fortiori pas de pensée dans un univers n'existant pas, cette notion nous effare et nous pénètre de ce sens de la dignité intellectuelle que je m'efforce de mettre en mots.

Nous sommes donc dans une impasse: comment en sortir?

Eh bien! c'est peut-être ici que la théorie de l'information pourrait nous aider, non pas par ce qu'elle nous enseigne, mais par son impuissance même à englober dans son champ la notion d'intelligence, cette intelligence immesurable sortie du chaos, nous le savons sans encore savoir comment, cette intelligence à laquelle nous demanderons de nous sortir de l'impasse.

Encore une fois, comment?

Pensons à trois choses. Pensons d'abord que notre intelligence nous a permis la création d'assemblages absolument inimaginables, que jamais le hasard n'aurait pu créer: une locomotive, un litre d'hélium liquide, toute œuvre de l'homme à laquelle vous pouvez penser.

Pensons ensuite au levier qui nous est donné par la circonstance curieuse que la somme de toutes les énergies positives de notre univers sous la forme de masses ($E = mc^2$), d'énergie cinétique, de radiation, sont du même ordre de grandeur que l'énergie gravitationnelle potentielle négative de toutes ces masses – négative, puisque l'énergie électrique récupérée d'une masse d'eau passant par une turbine est exactement compensée par l'augmentation de l'énergie gravitationnelle négative de cette masse d'eau par rapport à la terre.

Pensons donc enfin que si la somme totale de toutes ces énergies de notre univers est en fait zéro, ou à très peu près zéro, alors l'atome primordial que l'abbé Lemaître a postulé être l'embryon de notre univers aurait pu être tout, tout petit, et les masses énormes qui en sont dérivées l'ont été en compensation de l'accroissement égal de leurs énergies gravitationnelles négatives, et, j'ai hâte d'ajouter, par l'intermédiaire d'un mécanisme au sujet duquel nous n'avons aucune idée; nous ne pouvons qu'écrire les relations énergétiques, et demander aux mathématiciens de s'intéresser au problème.

Maintenant, mettant ensemble ces trois idées, postulons que l'homme, ou des êtres possédant son intelligence, aient découvert, ou aient réussi à produire, des particules neutres d'une densité énorme, plus grande que toutes les densités d'étoiles observées jusqu'à aujourd'hui. Postulons en outre qu'il ait réussi à en faire des petites sphères de grandeur suffisante pour satisfaire la condition de Schwarzschild, qui est que le potentiel gravitationnel négatif sur leur surface est égal ou supérieur au carré de la vitesse de la lumière – cela revient à créer une petite sphère de la grandeur d'une bille d'enfant ayant la masse de la terre. Une tâche formidable pour laquelle il pourrait être essentiel d'avoir à disposition les ressources énergétiques qui seraient dérivées de l'alliance des intelligences matérielles et antimatirielles. Alors, une de deux choses pourrait se produire.

La première est que l'homme aurait ainsi créé un de ces trous noirs dont on parle depuis un certain temps en astronomie. Je ne pense pas que cette

hypothèse résolve le gros problème. En effet, pour expliquer un univers statique avec les trous noirs, il en faudrait une hiérarchie infinie dans laquelle nous sommes aussi un trou noir pour l'étage supérieur. Cette possibilité présente une double difficulté: l'âge fini et bien établi de notre univers n'est toujours pas expliqué, et nous n'observons pas les éclaboussures lumineuses que devraient causer les miettes tombant de la table des plus riches que nous à l'étage supérieur.

La seconde possibilité, à laquelle je préfère penser, est qu'une masse si lourde et si petite ne peut nous envoyer aucune lumière, précisément parce que la condition de Schwarzschild a été remplie. Donc elle n'existe plus dans notre univers. Elle s'en est séparée et, s'entourant de son propre espace comme d'une toge, constitue l'embryon d'un nouvel univers, prêt à faire explosion, tel que l'a conçu Lemaître. Mais alors, nous nous voyons forcés d'abandonner la notion d'un univers unique, et de la remplacer par celle d'un cosmos à quatre dimensions, peut-être euclidien, dans lequel se trouveraient, forcément, un nombre infini d'univers, disons, physiques, dans lesquels les radiations électromagnétiques seraient possibles, alors qu'elles ne peuvent pénétrer la quatrième dimension du cosmos. A ce point, il devient tentant de postuler que les effets gravitationnels, eux, peuvent s'exercer d'un univers à l'autre dans le cosmos, mais que – au contraire de ce qui arrive à l'intérieur d'un univers physique, dans lequel les masses s'attirent – les masses appartenant à différents univers se repoussent. Ceci constituerait donc une extension au cosmos de ce qui se passe dans les champs électriques et magnétiques à l'intérieur d'un univers, où il y a tension le long des lignes de forces, et compression normalement à ces lignes. Ces effets de répulsion gravitationnelle permettraient donc aux différents univers de rester séparés, tout en gonflant chacun, et avec la même flèche du temps partout, puisqu'il y aurait possibilité théorique de communication au moyen d'ondes gravitationnelles.

L'idée générale est à peu près aussi fantastique que celle d'une hiérarchie infinie de trous noirs, mais aurait peut-être le mérite de refouler à l'infini, c'est-à-dire nulle part, le problème du commencement et de la mort d'un nombre infini d'univers. C'est le mieux que je puisse faire pour expliquer avec quelque poésie un univers qui est né une fois, dans lequel la vie a jailli du chaos primordial, dans lequel l'intelligence a jailli de cette vie, et dans lequel, pour clore la boucle, cette intelligence saura recréer l'embryon d'un nouvel univers.

Rédaction: M^{me} Suzanne Meylan, professeur, 6, Treyblanc, 1006 Lausanne.
Imprimerie: Héliographia S.A., 1001 Lausanne.