

décisions à prendre, que ce soient des humains, des animaux, des extraterrestres (s'il en existe) ou même des robots.

À une époque où nous commençons à envisager que nous aurons à vivre avec des êtres intelligents de nature différente de la nôtre, il est intéressant de savoir qu'une éthique de formulation simple, qui n'est pas centrée uniquement sur l'être humain comme le sont les lois de la robotique d'Asimov (*voir l'encadré 2*), est possible. L'idée que nous aurons peut-être à nous entendre avec d'autres mondes vivants que celui de la Terre et qu'il faudra donc partager des valeurs avec eux et penser le bien et le mal sans le référer uniquement aux humains ou au monde vivant d'ici rend aussi cette éthique intéressante. Elle va dans le sens de l'élargissement des considérations morales récentes, qui exigent que nous préservions le monde environnant et que nous cessions de le dégrader en faisant comme si seuls les humains comptaient.

### ÉVALUER LA COMPLEXITÉ ORGANISÉE N'EST PAS SI FACILE

Bien que l'idée générale soit simple et repose sur un concept mathématique, tout ne devient pas facile pour autant. Celui qui adoptera cette éthique de la complexité organisée devra affronter au moins trois obstacles.

Premièrement, la complexité organisée n'est pas facile à évaluer. Même si notre intuition nous permet souvent de savoir où réside cette complexité, les comparaisons restent délicates : qui peut juger que telle musique contient une richesse en structures plus grande que telle autre ? De plus, même si une définition mathématique existe, il n'est pas facile d'en tirer des outils de mesure précis, car toute tentative de mesure rencontre l'obstacle de l'explosion combinatoire des calculs à mener : mesurer un contenu en calcul en demande énormément !

Deuxièmement, il n'est pas clair si l'on doit chercher à rendre maximale la complexité organisée du monde, ou la complexité organisée moyenne dans le monde. Cela ne revient pas au même : dans un cas, on évitera toute recopie, dans l'autre on accordera beaucoup d'importance à la circulation, à la diffusion et à la multiplication des copies d'une structure complexe. D'autres problèmes de ce type se posent.

Troisièmement, face à un choix entre plusieurs actions, déterminer celle qui satisfera le mieux le principe de maximisation de la complexité organisée ne sera pas évident puisqu'il faudra anticiper les effets du choix, et donc faire des paris sur les chaînes causales enclenchées par les diverses options.

Toutefois, ces difficultés ne rendent pas impossible ou absurde l'adoption d'une

éthique de la complexité organisée. Les trois problèmes mentionnés existent aussi pour toute autre éthique. Imaginons par exemple que l'on considère que le bien est tout ce qui contribue au bonheur humain, idée assez souvent acceptée implicitement en politique et dans bien des esprits. Prendre au sérieux une telle éthique humaniste du bonheur et vouloir l'appliquer avec rigueur obligerait à disposer de définitions claires de ce qu'est le bonheur humain et des outils pour le mesurer. Ce n'est évidemment pas le cas : il n'existe pas de méthodes faisant l'unanimité pour évaluer le bonheur humain, dont d'ailleurs chacun a sa propre conception.

Celui qui prendrait comme but le bonheur humain, même s'il savait l'évaluer, aurait aussi à choisir entre maximiser le bonheur moyen des humains, ou le bonheur du plus malheureux, ou le bonheur du plus heureux (option peu probable, vers laquelle on se demande pourtant si ce n'est pas ce vers quoi tendent nos sociétés). Ces questions liées au partage des richesses, on le sait, ne font pas l'unanimité et sont au contraire le sujet de disputes politiques de toutes sortes.

Face à chaque décision à prendre, reste aussi à prévoir ce qui résultera à moyen et long termes des diverses options et leurs conséquences pour le type de bonheur humain qu'on aura choisi de favoriser. C'est le problème d'anticipation des effets.

On le voit, les trois difficultés mentionnées que rencontre une éthique de la complexité organisée ont leur contrepartie exacte pour une éthique du bonheur humain. Les objections à faire à une éthique de la complexité organisée ne peuvent donc pas porter sur la difficulté qu'il y a à la mettre en œuvre, qui n'est pas supérieure à la difficulté que rencontrent d'autres éthiques.

Répetons-le, une éthique ne se démontre pas, elle n'est pas un fait, vrai ou faux, elle est juste une conception qu'on adopte ou non pour choisir ce qu'on fera, et déterminer ce que sont le bien et le mal. Les réflexions dans lesquelles on se trouve engagé en envisageant une éthique de la complexité organisée méritent certainement qu'on les approfondisse, surtout qu'elles nous amèneraient à une morale élégante et aux visées autorisant mieux des dépassements de soi que les morales strictement humanistes ou centrées sur des valeurs étroites.

Un nouveau défi s'offre à tous : concevoir pour nous et nos descendants des idéaux moraux scientifiquement fondés et aussi universels que possible, accordant de la valeur aux humains, à la vie en général, aux arts et aux sciences et qui soient adaptés à un monde élargi de robots et peut-être de vies différentes de la vie terrestre. ■

### BIBLIOGRAPHIE

J.-P. Delahaye et C. Vidal, **Organized complexity : Is big history a big computation ?**, *APA Newsletter on Philosophy and Computers*, vol. 17(2), pp 49-54, 2018 (<https://bit.ly/2MohCIV>).

J.-P. Delahaye et C. Vidal, **Universal ethics : Organized complexity as an intrinsic value**, dans G. Yordanov et al. (éd.), *Evolution, Development and Complexity : Multiscale Evolutionary Models of Complex Adaptive Systems*, Springer, 2018 (<https://doi.org/10.5281/zenodo.1172976>).

C. H. Bennett, **Evidence, computation, and ethics**, *Simons Symposium on Evidence in the Natural Sciences*, 2014 (<https://bit.ly/2zqIpwk>).

C. Gaucherel, **Ecosystem complexity through the lens of logical depth : Capturing ecosystem individuality**, *Biological Theory*, vol. 9(4), pp. 440-451, 2014.

C. H. Bennett, **Logical depth and physical complexity**, dans R. Herken (éd.), *The Universal Turing Machine : A Half-Century Survey*, pp. 227-257, Oxford Univ. Press, 1988 ([bit.ly/PLS491\\_Delahaye](https://bit.ly/PLS491_Delahaye)).

## L'AUTEUR



LOÏC MANGIN  
rédacteur en chef adjoint  
à *Pour la Science*

# LISEZ-VOUS LE RONGORONGO ?

L'ancienne écriture de l'île de Pâques réunit divers signes: poissons, hommes-oiseaux, croissants de lune... L'un d'eux correspond au pectoral en bois sculpté que portait l'élite de la société pascuane. Une exposition à Figeac fait le point sur ce que l'on sait de cette écriture, toujours indéchiffrée.

D

e l'île de Pâques, on ne retient le plus souvent que les moais, ces grandes statues de pierre, et les mésaventures des Pascuans, prétendument obligés de quitter leur île après en avoir épuisé les ressources. Rien n'est plus réducteur, voire erroné. Trois expositions rétablissent la vérité, battent en brèche les idées reçues et mettent en avant la richesse de la culture pascuane. Elles se répartissent entre trois villes d'Occitanie: Figeac, Rodez et Toulouse, chacune avec sa spécificité.

Dans la ville rose, au Muséum, place à la climatologie, la géologie, l'ethnologie...

pour raconter, à l'aune des dernières découvertes scientifiques l'histoire de l'île. À Rodez, le musée Fenaille met en avant une statuaire et un univers de représentations encore trop méconnu. On peut y voir un *reimiro*, un ornement en bois, en forme de croissant dont les extrémités représentent des queues de cétacés (voir la photo ci-contre). Ce pectoral était porté par les aristocrates et par l'*ariki mau*, le chef suprême de l'île.

Certains *reimiro* arborent des signes, des sortes de hiéroglyphes, semblables à ceux que l'on trouve notamment sur des tablettes gravées. Mais plus encore, le *reimiro* semble parfois être l'un de ces signes! De quoi parle-t-on? Du *rongorongo*, l'écriture encore non déchiffrée de l'île de Pâques. Pour comprendre, direction la troisième exposition, au musée Champollion de Figeac, consacrée à cette écriture qui défie encore les linguistes. Ils n'en ont pas moins élucidé certains mystères que les commissaires, Konstantin Pozdniakov, de l'Institut national des langues et

Ce pectoral en bois sculpté est aussi l'un des signes de l'écriture de l'île de Pâques.



civilisations orientales (Inalco) et Paul Horley, de la Société des océanistes et de l'Easter Island Foundation, donnent à voir.

L'écriture a été découverte en 1864 par Eugène Eyraud, le premier missionnaire chrétien à avoir foulé le sol de l'île. Selon ses dires, les habitants en faisaient peu de cas et semblaient en avoir oublié le sens. Toujours est-il qu'on récupéra le plus possible de témoignages pour constituer aujourd'hui un ensemble de... 26 textes seulement, pour un total d'environ 14000 signes, ou glyphes.

Que sait-on du *rongorongo*, une écriture sans lien avec aucune autre? En 1873, l'évêque de Tahiti, Tepano Jaussen,



découvrit avec l'aide d'un Pascuan qu'elle se lit en boustrophédon (comme un bœuf laboure un champ) inversé. La première ligne se lit de gauche à droite, puis on tourne la tablette de 180° pour lire la ligne suivante dans le même sens. C'est unique!

Une autre découverte importante eut lieu dans les années 1930, quand deux lycéens de Leningrad (aujourd'hui Saint-Petersbourg), en Russie, se rendirent compte de plusieurs répétitions dans les textes. On mit alors au jour des variations de glyphes ainsi que des ligatures, c'est-à-dire quand deux signes sont combinés en un seul, ce qui permit de dresser un catalogue exhaustif. Peu après la Seconde

Guerre mondiale, certains proposèrent de voir des généalogies sur des tablettes. Plus récemment, on a identifié des représentations de calendriers, avec notamment le glyphe d'une pleine lune, un cercle, avec à l'intérieur, un homme assis sur une petite montagne. Étonnamment, ces motifs correspondent assez bien aux mers lunaires!

Grâce aux travaux de Konstantin Pozdniakov, et de son père, les quelque 600 signes reconnus auparavant ont été réduits à seulement 52 signes indépendants, dont le pectoral. Plus encore, leurs travaux, fondés sur des analyses statistiques, tendent à montrer que le *rongorongo* serait en grande partie une écriture syllabique.

Enfin, des études récentes ont révélé que les scribes faisaient beaucoup d'erreurs dans les dessins préparatoires à la gravure des signes. Les analyses continuent et peut-être un jour comprendra-t-on le *rongorongo*. Et vous? Vous en savez désormais (presque) autant que les spécialistes, vous pouvez alors vous rendre à Figeac et essayer à votre tour de déchiffrer le *rongorongo*! ■

Les trois expositions consacrées à l'île de Pâques, dont celle de Figeac, jusqu'au 4 novembre 2018 : [www.iledepaquesexpo.fr](http://www.iledepaquesexpo.fr)



Retrouvez la rubrique  
Art & science sur  
[www.pourlascience.fr](http://www.pourlascience.fr)

## LES AUTEURS



JEAN-MICHEL COURTY et ÉDOUARD KIERLIK  
professeurs de physique à Sorbonne Université, à Paris

# FAIRE D'UN SMARTPHONE UN MICROSCOPE PERFORMANT

Réaliser sur le terrain des observations microscopiques de qualité avec un simple téléphone portable est désormais possible – et à la portée de toutes les bourses.

**F**aire un examen microscopique d'une goutte de sang en pleine jungle quand on soupçonne une crise de paludisme? Jusque récemment, c'était impossible sans du matériel coûteux, encombrant et fragile. Mais cela va changer. Car en associant à un smartphone un dispositif optique approprié, petit et réalisable à peu de frais avec une imprimante 3D par exemple, on peut obtenir un microscope mobile de bonne qualité et ayant la résolution requise, de l'ordre du micromètre.

Comme la plupart des autres microorganismes, le parasite responsable du paludisme a une taille de l'ordre de quelques micromètres. Impossible donc à observer à l'œil nu: avec un pouvoir de résolution angulaire de l'ordre de 1 minute d'arc, l'œil parvient tout juste à distinguer des détails d'au moins 50 micromètres (ou 0,05 millimètre).

Une loupe grossissant dix fois ne suffit pas, et il faut donc s'orienter vers un instrument d'optique plus perfectionné, le microscope.

## COMBINER DEUX LENTILLES

Un microscope optique comporte en général un objectif qui permet d'obtenir une image agrandie mais inversée d'un objet, que l'on regarde ensuite sans accommoder à travers une loupe appelée oculaire (voir l'encadré page ci-contre). En combinant ainsi les grossissements des deux lentilles (ou systèmes de lentilles), on atteint facilement les valeurs suffisantes ( $\times 100$  ou  $\times 400$ , voire plus) pour observer des microorganismes.

Or les téléphones portables d'aujourd'hui intègrent un appareil photo de bonne qualité. Ne suffit-il pas d'ajouter à un tel appareil un «objectif» pour le transformer en microscope? Et de s'inspirer de Manu Prakash, à l'université



Stanford, qui a utilisé une toute petite bille de verre, peu coûteuse, pour réaliser un microscope-origami (voir la bibliographie)?

Hélas, l'une des difficultés en microscopie est d'obtenir une bonne résolution sur un champ de vision large, ce qui demande de corriger les aberrations: aberrations chromatiques liées à la présence de différentes longueurs d'onde dans la lumière que les verres dispersent comme dans un prisme, aberrations géométriques dues aux rayons qui sont très inclinés par rapport aux surfaces des lentilles et qui vont rendre floue l'image. Ce dernier point est en pratique rédhibitoire