

# BIOTOPES COMPUTATIONNELS

Haru Ji,  
Graham Wakefield

Haru Ji et Graham Wakefield sont artistes, sculpteurs 3D, ils travaillent notamment à créer des écosystèmes numériques accueillant des organismes virtuels.

STR  
EAT  
OR

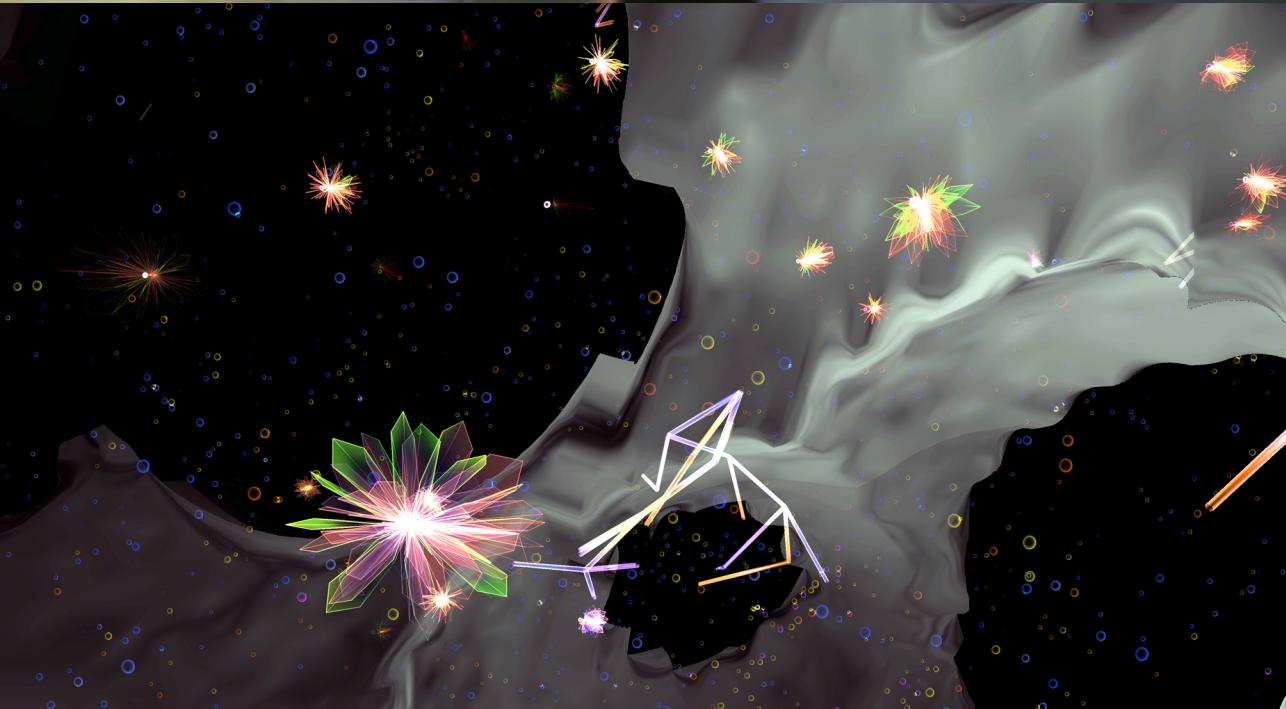
Si la quête d'inspiration dans la nature est intemporelle, immémoriale, de nouveaux outils numériques modifient son expression artistique en la mêlant à la technique. Haru Ji et Graham Wakefield présentent la réalité mixte immersive de leurs installations artistiques. Générés par ordinateur, des écosystèmes interactifs y mêlent des réminiscences sensorielles de la nature à une anticipation de nos vies computationnelles pour former des «natures artificielles». Elles n'opposent pas le numérique au vivant mais constituent au contraire un moyen matériel de plonger plus profondément dans l'essence de la nature. L'interface immersive et ses interactions naturelles invitent à intégrer une structure en réseau de *feedbacks* du monde, inspirée par le fonctionnement même de la nature. Ils créent ainsi des «écologies» incorporant de la «quasi-vie» par la programmation d'interfaces et de limites, de conditions et de règles. Ni totalement préprogrammées ni aléatoires, elles laissent assez d'espace pour une croissance organique, évolutive et autodéterminée.

Les êtres humains ont toujours cherché l'inspiration dans la nature. En tant qu'artistes, nous nous inscrivons dans cette lignée par la création d'une famille de «natures artificielles»: des installations artistiques interactives plongeant les êtres humains au cœur de systèmes complexes inspirés par la biologie, qu'ils peuvent expérimenter dans une forme de réalité mixte immersive. L'idée est d'inviter le spectateur à devenir part d'un écosystème, au sein d'un riche réseau de *feedbacks* vivants, sans en être le sujet principal. Même si les natures artificielles sont générées par ordinateur, nous tirons notre inspiration de l'impression d'infinitude de la nature pour développer une esthétique merveilleuse et ludique, rappelant les explorations de l'enfance. En donnant vie à une réalité mixte, nous anticipons nos futurs inévitablement saturés de communications computationnelles interconnectées. La science computationnelle n'est cependant pas intrinsèquement utilitaire ou en opposition avec la nature; au contraire, nous la considérons comme un moyen matériel de plonger encore plus profondément dans l'essence de la nature, de trouver notre place en elle.

Un thème commun aux différents principes à partir desquels nous travaillons est l'importance de l'*endogénie*: tout ce que nous voyons ou faisons, tout ce qui se développe le fait depuis l'intérieur. Nous sommes engagés dans un monde où l'ensemble de ce que nous voyons et entendons est actif selon des fonctions ontologiques continues; toutes les parties sont liées les unes aux autres, il n'y a pas d'effets sans conséquences, pas de notations supplémentaires, pas d'arrêt ni de départ. La vie est un jeu infini évoluant de l'intérieur. L'interface immersive et l'interaction naturelle sont pour les visiteurs une invitation à faire partie de ce réseau changeant de *feedbacks*, de façon à ce qu'ils découvrent par eux-mêmes sa profondeur. (Même si nous créons les installations, nous essayons autant que faire se peut de travailler depuis l'intérieur même de cet environnement, en le modifiant au fur et à mesure tandis qu'il continue à croître autour de nous.)

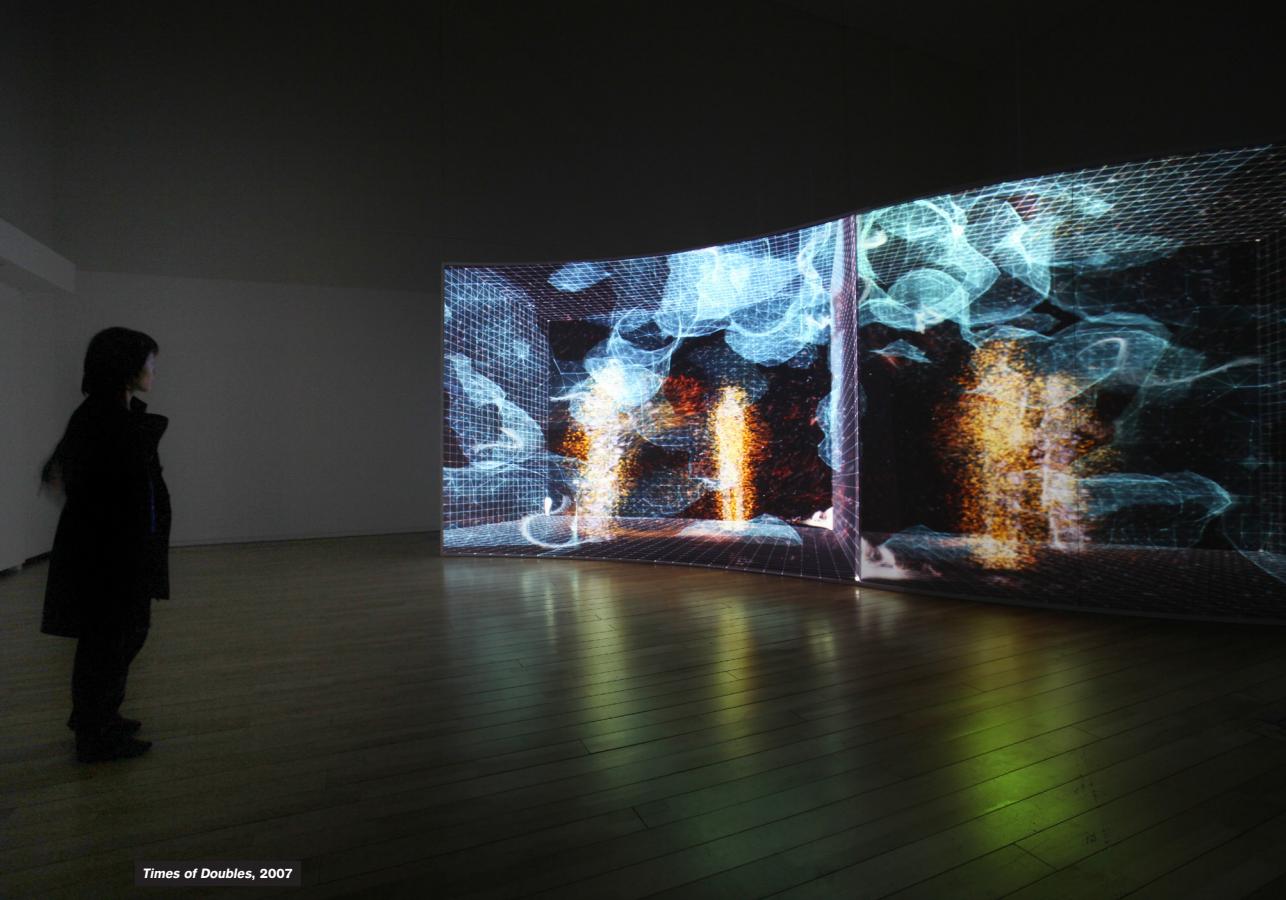
Notre esthétique est profondément influencée par la façon dont la nature fonctionne, y compris les nombreuses connexions, organisations et structures qui existent au-delà et en deçà des échelles humaines de l'espace et du temps. À cet égard, nous nous inspirons de la théorie des systèmes adaptatifs complexes et d'autres recherches en systèmes et simulation qui suivent la nature par analogie et par mécanisme. À partir de nos premiers et plus simples croquis, nous construisons des mondes comme autant de systèmes fondés sur des ressources et processus partagés. Notre objectif n'est pas de fabriquer des créatures, mais des écologies. (À la question «vos créatures s'échapperont-elles un jour?», nous répondons qu'elles ne peuvent exister en dehors de leur environnement, tout comme les êtres humains ne peuvent quitter la Terre sans emporter et maintenir avec eux une part suffisante de biosphère. Les capacités de fuite individuelle ne sont pas en question, il s'agit du système.)

Un monde commence par de multiples champs intensifs et dynamiques: flux, fluides, topographies, températures, concentrations chimiques, ondes, illuminations, etc. Toute vie doit trouver ses ressources dans cet environnement, y laissant inévitablement des traces. Les systèmes métaboliques doivent maintenir une énergie suffisante pour survivre, et chaque activité dépense une partie de cette énergie, y compris pour croître ou pour le seul métabolisme. Les créatures peuvent également communiquer via l'environnement, par exemple en laissant des pistes de «phéromones» que d'autres pourront suivre. De façon plus générale, nous pensons que toute nouvelle addition au monde doit s'intégrer entièrement à ses multiples autres composants (y compris les êtres humains), les affectant et étant affectée en retour.



*Endless Current* (courant infini) est la représentation d'un système complexe d'inspiration biologique. À travers un dispositif d'écran immersif, elle révèle un écosystème virtuel explorable à l'infini et habité de multiples espèces. Ces formes de vie artificielles évoluent dans un environnement liquide simulé en 3D, au sein d'un paysage amorphe évoquant des espaces sous-marins ou microscopiques. Les participants immergés voient le double virtuel de leurs bras évoluer dans ce monde où ils peuvent intuitivement naviguer et entrer en interactions avec la vie simulée.

"*Endless Current*" is a visualization of a complex biologically-inspired system. Through immersive display it presents an infinitely explorable world sustaining a virtual ecosystem of multiple species. These artificial life forms subsist within a simulated 3D fluid environment that is constrained by an amorphous landscape reminiscent of underwater or microscopic spaces. Immersed participants view virtual doubles of their hands and arms within this world, with which they can intuitively navigate the space and discover interactions with the simulated life.



*Times of Doubles*, 2007



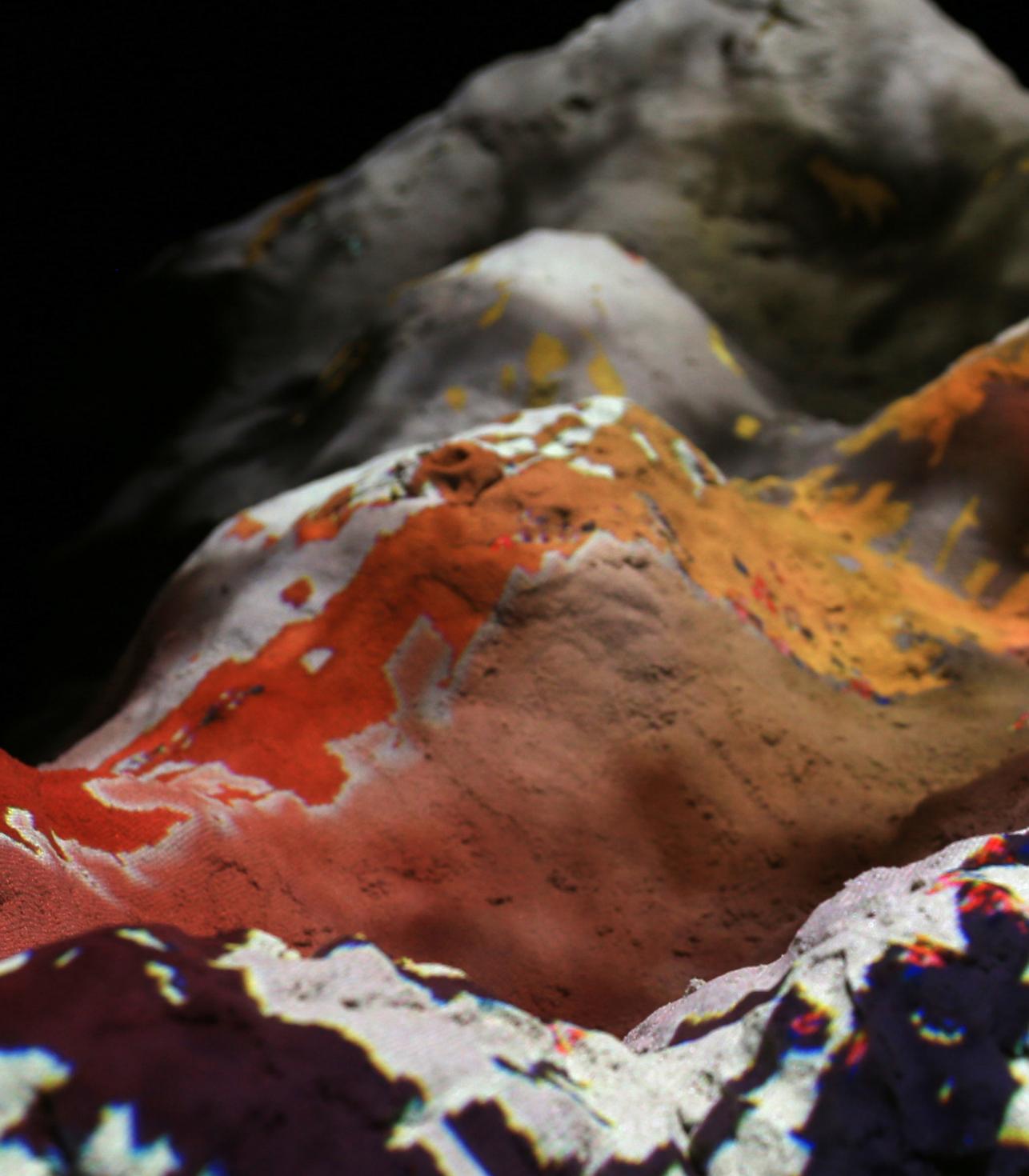
*Inhabitat*, 2017-2018

Nous programmons les interfaces et limites de ce monde, ses conditions et ses règles, dont plusieurs sont probabilistes et sensibles à l'interaction humaine. Mais cet univers n'est ni entièrement préprogrammé, ni aléatoire. Entre ces limites, il y a assez d'espace pour que les organismes se développent comme des individus autodéterminés, créant leurs propres règles et limites au cours du travail d'adaptation aux changements de leur monde. Les créatures peuvent avoir des caractéristiques héritées, sous des formes beaucoup plus simples que l'ADN naturel, mais qui régulent néanmoins les variations comportementales et morphologiques de chaque individu. Ces adaptations sont parfois partagées à l'échelle d'une vie, comme le transfert horizontal de gène bactérien<sup>1</sup>, mais elles peuvent s'exprimer bien plus rapidement au niveau du groupe, comme c'est le cas avec les quasi-espèces virales<sup>2</sup>.

Comme l'a souligné Henri Bergson il y a un siècle, la tendance des non-vivants est à la similitude, la stase, la symétrie et la prévisibilité, telles que les limites d'assimilation et les moyennes de l'entropie. Subvertissant ces conditions, les êtres vivants tendent à créer de nouvelles orientations, de nouvelles asymétries, de nouveaux sens, de nouvelles qualités. Un monde se fait dans un monde qui se défait. Incorporer une capacité de «quasi-vie» dans nos travaux implique une augmentation de la fréquence des événements rares, sans diminution simultanée de leur rareté, c'est-à-dire des événements dont le discernement principal est *en rupture*, résistant ainsi à la simplification quantitative et à la prédiction. En tant que telle, la créativité de la vie n'est pas un problème prédéfini susceptible d'être optimisé à l'avance. La vie est ce qui diffère de soi-même, ce qui se réécrit continuellement dans de nouveaux paradigmes. Heureusement, la réécriture et la génération de nouvelles règles comme code sont essentielles en science computationnelle – c'est cette capacité non conventionnelle, de «second ordre», qui rend fondamentalement la science computationnelle possible. C'est pour cela que nous utilisons un système de génération de code en temps réel: chaque fois qu'un organisme naît (souvent des centaines par minute), nous générerons un nouveau programme personnalisé, basé sur les mutations uniques de son héritage génétique, puis convertissons ce programme en code natif pour des questions de vitesse. Bien que ce principe ne puisse à lui seul assurer une créativité durable, il permet un très vaste champ des possibles sans compromettre la boucle expérimentuelle de *feedbacks*.

Ce que nous pouvons construire aujourd'hui est encore loin de ce que nous arrivons concevoir, et ce que nous imaginons est encore plus loin de la nature elle-même. L'évolution artificielle, telle que décrite ci-dessus, est un exemple de la façon dont nous pouvons remplacer l'agrégation de structures prédéfinies par des processus progressifs permettant leur émergence, et donc celles de nouvelles structures non préconçues. L'extension de ce principe à tous les aspects du monde promet un avenir plus autopoïétique<sup>3</sup> et hylozoïque<sup>4</sup> à celui-ci, mais cela reste difficile à réaliser, notamment parce que cela exige une plus grande émancipation du principe de contrôle. Pour chaque installation, nous réglons par exemple le système de façon à atteindre le point d'équilibre entre ses différentes forces, un état où il est plus réactif et facilement excitable durant la courte durée de l'exposition. Mais les conditions artificielles que nous devons introduire pour maintenir cet état d'équilibre peuvent entraver des niveaux plus profonds d'adaptation et

1. N.D.E.: Certaines bactéries sont capables d'échanger des fragments de leur patrimoine génétique par transfert de plasmide (conjugaison), par l'intermédiaire de virus (transduction) ou par contact avec une bactérie morte (transformation).
2. N.D.E.: Les quasi-espèces virales désignent les différentes déclinaisons d'un même virus (les virions) générées par mutation au sein d'un organisme hôte. C'est le cas du VIH par exemple, si difficile à traiter du fait de l'apparition de résistances successives à chaque traitement.
3. N.D.E.: L'autopoïèse est la propriété d'un système de se produire lui-même, en permanence et en interaction avec son environnement, et ainsi de maintenir son organisation malgré le changement de composants.
4. N.D.E.: Doctrine philosophique qui soutient que la matière est douée de vie par elle-même, sans qu'interviennent des principes extrinsèques. Les choses, la matière, la nature ont une vie propre. Cette représentation du monde signifie que toute matière est vivante, que chaque individu est vivant.



Dans *Archipelago* (l'archipel), un écosystème virtuel est projeté au sol sur plusieurs mètres carrés de sable blanc, espace suffisamment large pour contenir une grande diversité de populations d'organismes artificiels. Les visiteurs peuvent errer librement entre les îles, observant le comportement et écoutant les sons émis par les formes de vie étrangères qui y habitent. Dans cet environnement précaire, en partie défini par le terrain des îles, les formes de vie sont capables de se reproduire et de métaboliser la nourriture qu'elles récoltent en localisant des niches d'existence selon des processus d'évolution. Le sable, propre et sans danger pour des enfants, est malléable et facile à sculpter. Le public est invité à y dessiner des paysages en mouvements durant toute la période de l'exposition. Les visiteurs peuvent ainsi réunir deux îles ou en créer de nouvelles, initiant de nouvelles biosphères. Perpétuellement reconfigurée, la topographie influe sur les conditions d'accès aux ressources et les comportements des formes de vie. L'ombre du visiteur passant sous les projecteurs est intégrée aux algorithmes de la simulation, lui donnant un rôle ontologique sur cet univers : privée de lumière, la végétation virtuelle des îles disparaîtra, sa décomposition enrichissant le sol. Certaines de ces créatures virtuelles, incarnées par leur projection lumineuse, peuvent ramper le long de la main des visiteurs, qui peuvent ainsi les transporter vers une autre île ou niche d'existence.



In «Archipelago» a virtual ecosystem is projected from above onto several square meters of white-grey sand; a space large enough to sustain a diversity of artificial organism populations. Visitors may wander freely through the island cluster and observe the behaviors of the alien life-forms that inhabit it and hearing the sounds they emit. The life-forms are busy finding sources of food to metabolize, harvesting or foraging, and reproducing: locating niches of existence through processes of evolution subject to precarious environment defined in part by the terrain of the islands themselves. The sand is infinitely malleable and easy to sculpt, clean and safe for children, allowing visitors to reform the landscape throughout the exhibition period. Visitor can reshape the sand landscape directly, even separating a land-mass into distinct biospheres, or reuniting two islands into one. The sand can be endlessly reconfigured to change the topography of the world, affecting the resource capacity and behaviors of the life-forms that inhabit it. The shadow of the visitor under the projections is computed, and plays an ontological role in the world: destroying the virtual vegetation below, but refertilizing the land. Light creatures may crawl onto a visitor's hand, who can then carry them to other niches.

d'autonomie. Nous sommes ainsi ravis de développer de nouvelles collaborations et projets susceptibles de fonctionner dans des espaces beaucoup plus vastes et sur une plus longue durée d'engagement mutuel. Il s'agit d'y laisser croître le monde afin que nous puissions grandir ensemble.

Il est essentiel que le visiteur soit enveloppé par le réseau complexe de *feedbacks* du monde, via l'interface et ses interactions, conduisant la capacité génératrice de l'art computationnel vers un niveau expérientiel qui rappelle l'infinitude du monde naturel, tout en restant différent. Nous n'avons pas confiance en notre capacité à saisir des ensembles naturels à travers les angles morts des représentations abstraites et des récits linéaires A, B, C. Il n'est pas facile de comprendre la complexité d'un écosystème dans toutes ses relations et flux depuis une série de vues singulières. Nos travaux sont donc volontairement devenus davantage pluriels. *Time of Doubles* propose par exemple la coexistence de multiples «doubles» dans des mondes-miroirs, tandis qu'*Inhabitat* permet la coexistence de mondes multiples dans le même espace physique, avec de multiples perspectives simultanées: à la première personne, à la deuxième et d'un point de vue impersonnel.

Dans la mesure du possible, nous utilisons des modes d'interaction continus et indirects, car nous préférons une bidirectionnalité polyvalente plutôt qu'un rapport de cause à effet symbolique. Les organismes grandissent et s'adaptent ainsi à un environnement que vous avez pour partie façonné: votre corps peut avoir influencé le courant des vents, ou votre moi virtuel avoir été dévoré par les autres organismes... Les interactions dans la nature sont bien souvent destructrices et constructives à la fois. Dans *Archipelago*, votre ombre sous les projecteurs est calculée et générée de façon à lui donner une force ontologique dans le monde: elle détruit la végétation en dessous, qui est à la base de la chaîne alimentaire. Vous êtes littéralement une force de destruction, mais aussi de renaissance. Un peu comme un incendie qui rend le terrain plus fertile après avoir tout ravagé. À l'image de Shiva, vous êtes tout autant destructeur que créateur.

Mais si vous avez l'impression d'être un dieu pour le monde virtuel, vous êtes loin d'être omniscient. L'interaction est très réactive et très nuancée, mais votre influence est limitée. Le monde vous accueille à un niveau très fin d'intimité et d'échanges, mais il continuera à vivre sans vous. Vous devenez un élément à part entière de l'écosystème, mais vous n'y jouerez pas un rôle unique, vous n'en serez pas le sujet principal. Il est important pour nous de décentrer la position privilégiée de l'être humain pour en faire un exemple parmi d'autres des vies possibles. De ce point de vue, le monde s'agrandit. Le cauchemar archétypal, celui dans lequel le monstre nous trouve toujours, peu importe où nous nous cachons, n'est pas dû au monstre lui-même, mais au fait que nous sommes le centre de notre propre monde. Dans la plupart des scénarios de science-fiction c'est nous qui sommes l'ennemi ou la proie d'extraterrestres et de machines ô combien humanoïdes - fantasmes flattant notre imaginaire autocentré, pourtant bien en deçà d'une intelligence véritablement autre. Nous avons le sentiment qu'il est urgent de souligner ces points, d'autant plus dans un monde obnubilé par la pensée unipolaire et axé sur le contrôle, qui renforce le déséquilibre de notre capacité technologique. Notre curiosité inhérente et notre instinct esthétique de survie sont donc de raconter des univers alternatifs, en superposition du nôtre, pour rappeler que, même si l'imaginable est plus grand que le connu, le réel est plus grand encore, et plus bizarre.

# COMPUTATIONAL BIOTOPES

Haru Ji,  
Graham Wakefield

Haru Ji and Graham Wakefield are artists, 3D sculptors, creating digital ecosystems sustaining virtual organisms.

Though the search for inspiration in nature is timeless and immemorial, new digital tools have modified its artistic expression by mixing it with technology. Haru Ji and Graham Wakefield present the diverse immersive reality of their artistic installations. These computer-generated, interactive ecosystems mix sensorial reminiscences of nature with an anticipation of our computational lives so as to form “artificial natures.” They do not create an opposition between the digital and the living, but rather constitute a material means of plunging deeper into nature’s essence. The immersive interface and its natural interactions invite us to become part of a networked structure of feedback from the world, inspired by the way that nature itself functions. In this way, they create “ecologies” that incorporate “quasi-life” via the programming of interfaces, limits, conditions and rules. Neither completely programmed nor entirely random, they leave enough room for organic, evolutive, and self-determined growth.

Humans have always looked to nature for inspiration. As artists, we have done so in creating a family of “artificial natures”: interactive art installations surrounding humans with biologically-inspired complex systems experienced in immersive mixed reality. The invitation is to become part of an ecosystem rich in living feedback networks, but not as its central subject. Although artificial natures are computational, we draw our inspiration from the sense of open-ended continuation and the aesthetic integration of playful wonder with the tension of the unfamiliar recalled from childhood explorations in nature. By giving life to mixed reality we’re anticipating futures inevitably saturated in interconnected computational media. However, we believe computation is not intrinsically utilitarian, nor in opposition to nature; we see it instead as a material means to plunge even more deeply into what nature is, and find our place within it.

A common theme binding the various principles we work from is the importance

of *endogeny*: that whatever we see, whatever we do, and whatever grows, does so from within. We’re committed to a world in which everything you can see and hear is active with continuous ontological functions; there are no parts unrelated to others, no effects without consequences, no supplementary notations, no stops and starts. Life is an infinite game evolving from inside. Natural interaction and immersive display act as an invitation for visitors to also become another part of this changing network of feedback relations and discover its depth of kinds as a first-hand experience. (Even while we are creating the installations, we try to work from within the environment as much as we can, making changes while it continues around us.)

Our aesthetic is deeply informed by the ways in which nature works, including the many connections, organizations, and structures that exist beyond and below human scales of space and time. In this regard, we draw from complex adaptive

systems theory and other research in systems and simulation that follow nature by analogy and mechanism. From our earliest and simplest sketches, we built worlds as systems, grounded in shared resources and processes. Our goal is not to make creatures, but ecologies. (We have been asked, “Could your creatures one day escape?”, but the creatures cannot exist outside their environment any more than humans can escape Earth without bringing and sustaining enough of the biosphere with them. It’s not about individuals escaping, it’s about the system.)

Each world begins with multiple intensive and dynamic fields: flows, fluids, topographies, temperatures, chemical concentrations, waves, illuminations, etc. All life must find its resources in this environment, and will leave traces upon it. Metabolic systems must maintain sufficient energy to survive, and every activity expends some of this energy, including growth and even metabolism itself. Creatures may also communicate via the environment, such as leaving trails of “pheromones” for others to follow. More generally, we believe that any new aspect added to the world must fully integrate with multiple other aspects (including humans), affecting them and being affected by them in a continuous interplay.

We program the interfaces and boundaries of this world, its conditions and regularities, many of which are probabilistic and sensitive to human interaction. But it is not entirely pre-programmed nor random. Between these limits there is enough space for organisms to develop themselves as self-determined individuals, creating their own rules and limits as they adapt to their changing world. Creatures may have inherited characteristics, in forms far simpler than nature’s DNA, but which nevertheless regulate variations in the behavioral and morphological patterns of each individual. Sometimes these adaptations are shared within lifetimes like bacterial horizontal

gene transfer<sup>1</sup>; sometimes adaptations are expressed rapidly at group level like viral quasispecies<sup>2</sup>.

As Henri Bergson pointed out one century ago, the tendency of the non-living is toward similarity, stasis, symmetry, and predictability, such as the assimilating limits and averages of entropy. Subverting these conditions, the tendency of the living is to create new tendencies, new asymmetries, new senses, new qualities. A world making itself within a world unmaking itself. To incorporate a near-living capacity into our works implies increasing the rate of rare events—events whose primary discernment is in *breaking bounds*, thus resisting quantitative simplification and prediction—without simultaneously diminishing their rarity. As such, the creativity of life isn’t a pre-defined problem amenable to preliminary optimization. Life is what differs from itself, continually rewriting itself into new regimes. Fortunately, rewriting, and the generation of new rules as code, is fundamental to computing—it is this unconventional “second order” capacity that makes computing possible in the first place. To this end we have employed run-time code generation: each time an organism is born (often hundreds of times per minute), we generate a new program for it, based on its uniquely mutated genetic inheritance, and convert this program to native machine code for speed. Although this alone cannot ensure sustained creativity, it does permit a much vaster space of possibilities without compromising the experiential feedback loop.

What we can build today is still many steps away from what we can conceive, itself no doubt much farther from nature herself. Artificial evolution as described above is one example by which we can replace the aggregation of pre-defined structures with gradual processes by which they may emerge, and thus by which other, non-designed structures may also emerge.

1. Certain bacteria are capable of exchanging fragments of their genetic heritage via plasmid transfer (conjugation), via virus (transduction) or via contact with dead bacteria (transformation). Ed.
2. Viral quasi-species designate different variations of the same virus (virions) generated by a mutation within the host organism. This is the case with HIV for example, very difficult to treat due to the emergence of resistance following each treatment. Ed.

Extending this principle to all aspects of the world promises a more thoroughly autopoietic<sup>3</sup> and hylozoic<sup>4</sup> world, but this is very difficult to achieve, at least in part because it demands a more thorough emancipation from control. For example, with each installation we tune the system to be poised at balancing points between its various forces, toward a readily excitable state that is more responsive within the shorter durations one may spend in an exhibition. However, the artificial conditions we must introduce to maintain this poised state may be obstructing deeper levels of adaptation and autonomy. We are excited to develop new collaborations and projects that may work over much larger spaces and more open-ended durations of mutual engagement, where we can let the world grow, so that we can grow together.

It is important to us that the complex network of feedback relations in the world envelops the visitor, in display and interaction, and brings the generative capacity of computation into an experiential level reminiscent of, yet different to, the open-endedness of the natural world. We mistrust our capacity to see natural wholes through the blind spots of abstract representations and linear A, B, C narratives. It is hard to understand the complexity of an ecosystem in all its relations and flows from a series of singular views. Therefore, we have found our works have become more intentionally plural. “Time of Doubles,” for example, realizes the coexistence of multiple “doubles” in mirrored worlds; whereas “Inhabitat” realizes the coexistence of multiple worlds in the same physical space, as well as multiple perspectives in the same time: first person, second person, and impersonal.

We use continuous and indirect modes of interaction where possible, preferring polyvalent bidirectionality over symbolic cause-and-effect. The organisms grow and adapt to an environment in part shaped by you: perhaps your body influences currents of the wind, perhaps your virtual self is eaten by them. Interactions are also

often both destructive and constructive in nature. In “Archipelago” for instance, your shadow under the projectors is calculated and regenerated in order to grant it an ontological force in the world: it destroys the vegetation underneath it at the base of the food web. You are literally a force of darkness, but also of rebirth. Rather like a wildfire, after destruction the land bounces back more fertile than before. As much as you are a destroyer, like Shiva, you are also a creator.

But if you feel you are a god to the virtual world, you are far from omnipotent. The interaction is highly responsive and nuanced but your influence is limited in range. The world welcomes you into itself at a high level of detail, but it will also continue to thrive without you. You may become a significant part of an ecosystem, but not in a singular role, and not as the main subject. For us it is important to displace the centrally-privileged position of the human as just one example of all possible lives. In this view, the world becomes bigger. The archetypal nightmare in which the monster finds me no matter where I hide is not because of the monster, it’s because I am still the center of my world. Likewise, much science fiction makes us the food and enemy of all-too-human aliens and machines—fantasies pandering to a self-importance that is far below a truly alien intelligence. We feel it is urgent to emphasize these points in a world currently obscured by unipolar and control-oriented thought, and reinforced by the imbalance of our technological reach. Our inherent curiosity and aesthetic survival instinct leads us to narrate alternate worlds in superposition to us as a reminder that although the imaginable is greater than the known, the real is greater and weirder still.

3. Autopoiesis is the ability of a system to reproduce itself permanently and in interaction with its environment, and thus to maintain its organization despite its changing elements. Ed.

4. A philosophical doctrine which holds that matter is endowed with life by itself, without the intervention of extrinsic principles. Things, matter and nature have their own lives. This representation of the world signifies that all matter is alive, that each individual is alive. Ed.