

sonné, par exemple, mais elle atteint 14 heures quand tout se passe bien. Le cas favorable est celui où, la créature ayant passé par six stades évolutifs successifs, avec des apparences et des comportements spécifiques, a en outre pondu ou fécondé quatre à six œufs.

L'activité instantanée des *norms* n'est pas entièrement fixée par leur hérédité et par les circonstances extérieures : leur passé et leur humeur jouent un rôle décisif dans leur comportement. Aussi les *norms* ont-ils parfois des comportements inattendus.

L'idée du programme ne vient pas d'un spécialiste de vie artificielle ou d'un informaticien professionnel, mais d'un professeur en retraite, Stephen Grand, qui vit aujourd'hui dans le Sud-Ouest de l'Angleterre. Ayant commencé à programmer avec le système informatique *Logo*, mis au point pour un but pédagogique par Seymour Papert, S. Grand continua ses recherches personnelles, alors que l'enthousiasme général était retombé. Le programme *Créatures* a été édité par la Société *Millenium*, de Cambridge, et il est distribué en France par la Société *GT Interactive Warner*.

Comment transformer un jeu scientifique en un produit avec lequel on pourrait s'amuser ? Ceux qui ont repris le travail de S. Grand se sont un peu écartés des préoccupations des spécialistes de la vie artificielle, afin que les créatures survivent plus qu'un instant. Dans le programme actuel, rares sont les circonstances qui font mourir de faim tous les *norms*, et les bébé *norms* n'ont pas tout à apprendre par essais et erreurs : certains comportements (nommés instincts) ont été rendus innés, comme par exemple de porter à la bouche tout ce qui leur tombe sous la main (ils attra-

Procurez-vous le logiciel *Créatures* par la revue *Pour la Science* (voir page 65).

pent ainsi de la nourriture avec une plus grande probabilité) ; progressivement ces comportements sont remplacés par des comportements appris. Et le créateur du monde artificiel a, dans sa grande sagesse, disposé la cafetière, les bouteilles d'eau-de-vie et les citrons suffisamment haut pour que les plus jeunes ne puissent pas les attraper.

Inversement les *norms* ne prolifèrent pas excessivement, car les bactéries grouillent dans *Albia* ; et les *norms* malades peuvent transmettre leur infection par la toux ou par l'éternuement. Or, sans une plante guérissante absorbée au moment approprié, la fièvre tue les *norms*. Le joueur peut, en conséquence, administrer la médecine nécessaire (il lui suffit de mettre le *norm* en présence des plantes guérissuses, qui seront mises en bouche, par exemple) ou, s'il craint la surpopulation, les attirer vers les dangers.

L'hérédité *norm* est également inspirée de l'hérédité réelle, mais les règles ont été assouplies. La plupart des mutations ne sont pas mortelles : grâce à un codage approprié, les informations génétiques ne peuvent jamais contenir de « fautes de grammaire », même après une mutation. S. Grand utilise ici des idées provenant de la technique des algorithmes génétiques, qui recombinaient des programmes, tout comme l'évolution naturelle recombine les génomes des individus.

Lors de la fécondation de certains organismes réels, des séquences s'échangent entre le chromosome maternel et le chromosome paternel : après la juxtaposition de ces deux chro-

mosomes, ces derniers sont découpés, et les morceaux correspondants s'échangent. Par ce moyen, l'enfant hérite d'attributs de ses deux parents. Cette recombinaison a également lieu lors de la reproduction des *norms*. Et, comme chez les véritables êtres vivants, des caractères se retrouvent associés, alors qu'ils n'ont initialement rien à voir. Par exemple, après quelques générations, les *norms* agressifs pourront tous avoir un visage bleu foncé.

Dans la nature, lorsque les points de coupure des chromosomes ne correspondent pas exactement, des gènes peuvent être doublés ou perdus. Ce phénomène se retrouve dans les créatures d'*Albia* : seuls quelques gènes vitaux sont protégés des mutations, de la disparition ou du dédoublement, afin que le joueur puisse jouir de nouveaux *norms* en bonne santé. Pour simplifier la génétique des *norms*, les créateurs de *Créatures* ont décidé que le patrimoine génétique des créatures artificielles serait contenu sur un seul brin, chez le mâle comme chez la femelle ; les gènes spécifiques d'un sexe sont passifs quand ils sont présents chez un individu qui n'est pas de ce sexe, mais ils peuvent redevenir actifs chez leurs enfants.

UN COUP D'ŒIL DANS LES COULISSES

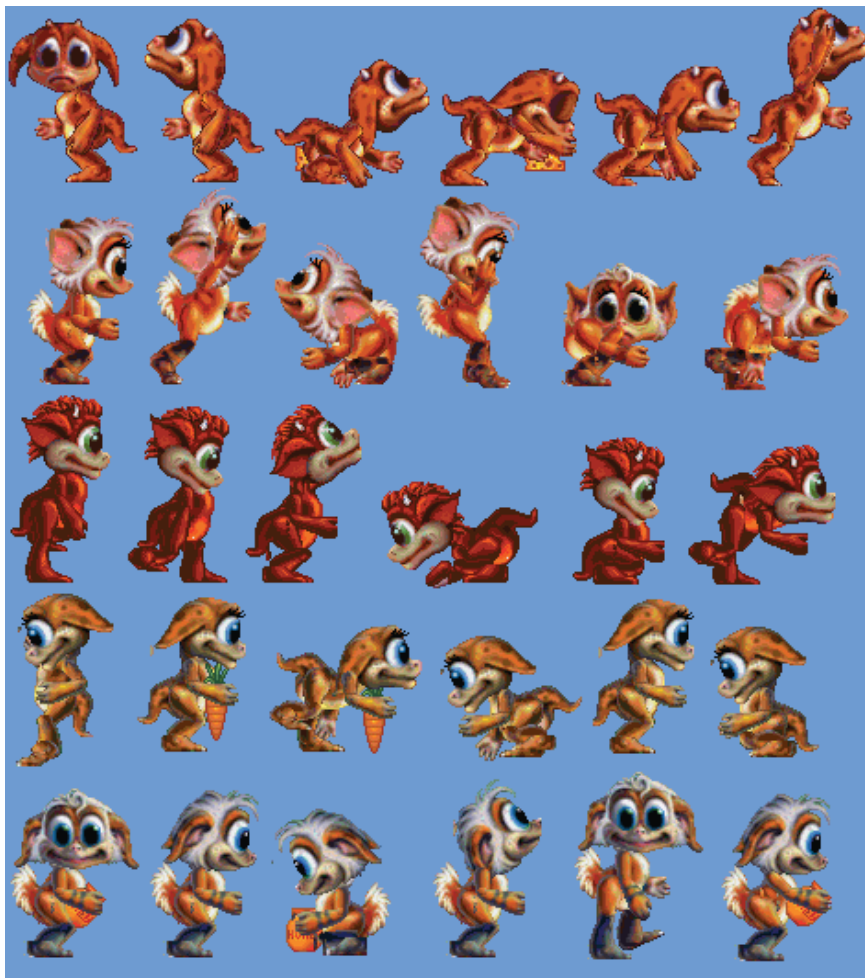
Quelle est la vie interne des *norms* ? On apprend progressivement en observant les *norms* parcourir leur monde. Un peu d'attention montre rapidement que le stress raccourcit leur vie.

La capacité de calcul d'un petit ordinateur personnel suffit pour calculer, toutes les dix secondes, un nouvel état



des jouets, tel un ballon, et une machine qui enseigne automatiquement quelques mots aux créatures. Quelques aliments de base, tels des carottes, du fromage et du miel, fournissent aux créatures l'énergie vitale nécessaire. Une douche règle leur température,

le café dans le pot aide à lutter contre la fatigue, un projecteur de diapositives les divertit. Grâce à la souris de l'ordinateur, qui apparaît à l'écran sous la forme d'une main, l'utilisateur peut intervenir dans le monde des créatures.



Millennium Interactive Ltd. - Kasten

2. Cinq norns dans six attitudes différentes. Des caractéristiques telles que la couleur du corps, l'allure ou la forme des oreilles sont déterminées génétiquement et peuvent changer avec l'âge. L'expression du visage donne une information sur l'état d'esprit des créatures.

du monde où évoluent les *norns*, tant que leur nombre n'est pas excessif (dix est une limite, en pratique). Une grande partie de ce temps est consacrée à la représentation graphique (très précise et réaliste) du nouvel état. Comment les concepteurs du jeu ont-ils obtenu ce remarquable résultat, malgré les limitations des petits ordinateurs ?

Tout d'abord, le monde représenté n'est pas aussi compliqué qu'il le paraît. C'est un monde à deux dimensions seulement, où les créatures ont peu de liberté. L'impression de variété est donnée parce qu'une même action, appliquée à des objets différents, peut signifier des choses très différentes : manger une carotte, boire un café, mettre en marche une éolienne ou un sous-marin, ou bien brancher la couveuse.

Le système de perception des créatures est extrêmement simplifié. Les informations de l'extérieur parviennent au cerveau sous une forme abstraite : un objet envoie une information sous la forme de quelques bits, lorsqu'il apparaît dans le champ visuel d'un *norn*, quand il bouge

ou bien quand il se transforme. On parle avec les créatures en tapant des mots au clavier de l'ordinateur.

Naturellement les *norns* semblent des êtres complexes, puisqu'ils peuvent même apprendre quelques mots ; toutefois, la programmation de cette capacité n'a rien d'extraordinaire : dans le cerveau des *norns*, une toute petite place sert à stocker les noms des objets et des actions. Quand un *norn* perçoit suffisamment souvent un mot en même temps qu'il tient un objet ou qu'il fait une action, le mot est mémorisé. Et si l'on n'a pas le courage d'enseigner aux *norns* à parler, on peut toujours utiliser une machine d'enseignement, au rez-de-chaussée de la maison qui contient la couveuse.

La langue primitive des *norns* leur permet de se parler de leur environnement ou d'apprendre de nouveaux mots en s'écoulant mutuellement. Ainsi un langage primitif peut se transmettre de génération en génération.

Les deux éléments centraux qui déterminent la vie d'un *norn* sont, d'une

part, son cerveau et, d'autre part, une foule de paramètres qui dirigent son métabolisme et son comportement. Le cerveau des *norns* est un réseau de 1 000 neurones artificiels (ce nombre, déterminé génétiquement, peut être modifié dans la descendance par mutation) : ces unités de calcul rudimentaires sont groupées en structures assurant des fonctions variées (voir l'encadré page 103). Malgré sa simplicité, le cerveau des *norns* trouve de l'ordre dans les données qui lui sont soumises, et il mémorise les relations découvertes ; comme il s'agit d'un réseau de neurones formels, les associations et les mémorisations sont implicitement codées. Pour chaque situation, le cerveau enregistre aussi les comportements qui seraient utiles dans les diverses situations rencontrées, par exemple assouvir un besoin urgent ou calmer une douleur.

Les représentations du cerveau des créatures s'inspirent largement du comportement, non pas parce que les auteurs étaient convaincus par cette théorie, mais parce que celle-ci postule une structure du cerveau très simple, qui permet de réduire le temps de calcul. Selon cette théorie, le comportement des individus est déterminé par leur vécu : au cours de leur vie, les individus apprennent à répéter les comportements avantageux et à éviter les réactions pénalisantes. Dans cette hypothèse, une représentation détaillée du monde, des sentiments, des buts et des stratégies pour atteindre ces buts est inutile.

Munis de leur petite capacité intellectuelle, les *norns* n'ont pas spontanément l'idée de cultiver des carottes ou de séduire l'autre sexe en offrant des présents appropriés (un tel comportement peut toutefois apparaître à l'occasion d'une association, sans interprétation explicite), mais ils ont une idée primitive de l'espace : ils savent où ils ont déjà trouvé à manger et se dirigent spontanément vers ces endroits.

EN PASSANT PAR LA CHIMIE

La digestion des *norns*, leur fatigue, leur agressivité, leurs «envies» et leurs «sensations» de douleur ou de plaisir, leurs maladies et leur mort sont déterminées par des paramètres qui sont présentés dans le jeu comme des concentrations en diverses molécules : certaines ont des noms connus, tels «glucose», «glycogène» ou «adrénaline», mais d'autres sont plus globales, telles «chaleur», «sommolence», «récompense» ou «punition». Le nom importe peu, car les «sentiments», les «substances chimiques» ou les «températures» ne sont que des