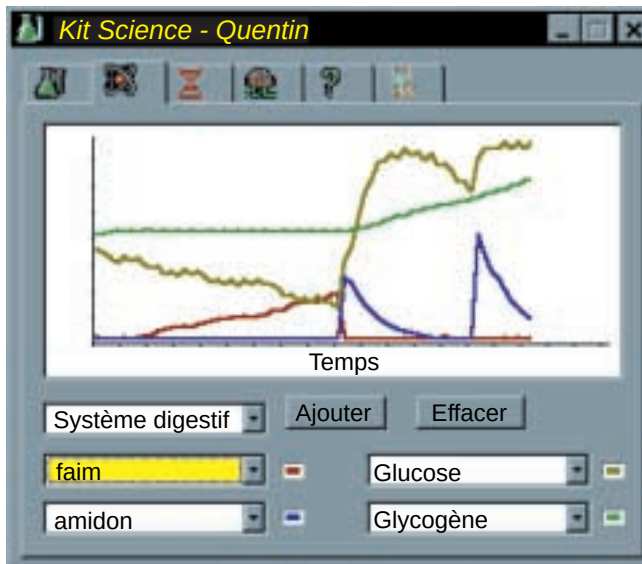
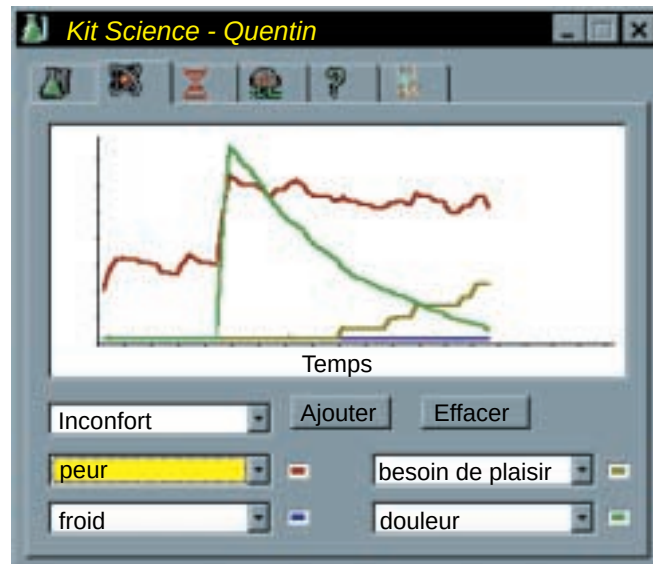




3. Une partie du programme nommée *Kit Science* montre l'état interne des *norns*. Ici le *Kit Science* montre l'état interne du *norn* nommé Quentin. Lors d'un effort, la concentration en glucose dans le sang diminue, et la faim augmente (à gauche). Quand Quentin mange une carotte, la concentration en amidon croît soudainement et rediminue peu à peu en se transformant en glucose, qui, lui-même, se transforme – bien plus lentement – en glycogène. Simultanément la



faim diminue brusquement. La deuxième carotte, que Quentin mange peu avant la fin de l'intervalle de temps représenté, est plus grosse et élève la concentration en glucose jusqu'à son maximum. Quand Quentin touche le four brûlant (à droite), la douleur augmente rapidement, mais se calme assez vite aussi, alors que le niveau de peur, qui a aussi monté, diminue plus lentement. Après un moment, l'instinct du jeu renaît.

nombres qui satisfont des systèmes d'équations. Ainsi le «glucose» est produit à partir de l'«amidon» ; il se transforme réversiblement en «glycogène» et il est indispensable à la bonne «santé» des *norns* (voir la figure 3). En outre, il libère une «substance» nommée «diminution de la faim», qui diminue la quantité de substance «faim». L'«alcool» des *norns* est une substance qui produit une démarche chancelante et qui augmente l'agressivité des mâles et la disposition à l'accouplement des femelles.

À chaque instant, ces substances se modifient conformément aux équations initialement programmées. Le changement est calqué sur ce que les chimistes nomment la loi d'action de masses, de sorte qu'il engendre des comportements plausibles.

Dans le programme, chaque substance, chaque neurone et chaque objet sont des objets, au sens de la «programmation orientée objet» : ce sont des constructions indépendantes, qui exécutent leurs propres règles de calcul lorsque le programme principal le leur permet. L'indépendance des objets facilite la construction de nouveaux objets : ils ne viennent pas gêner ceux qui existaient déjà.

LE FUTUR D'UN MONDE

Les concepteurs du jeu ont fait en sorte que les *norns* se comportent comme des animaux domestiques, vifs et sympathiques, mais la construction ascendante ne leur permet pas de prévoir

l'évolution de ces créatures. Déjà, *Albia* leur a réservé quelques surprises : ils ont vu deux *norns* se mettre à jouer spontanément au ballon, parce qu'ils avaient découvert que le jeu leur procurait du plaisir. Une autre fois, ils ont vu un *norn* mâle poursuivre une femelle qui s'enfuyait, parce qu'elle n'avait manifestement pas envie de se reproduire ; finalement le mâle a abandonné et s'est endormi, frustré. Et, un jour, un joueur qui revenait de déjeuner, après avoir laissé son ordinateur branché, a retrouvé une ribambelle d'enfants qui étaient nés en son absence : une des créatures avait découvert qu'elle pouvait se procurer des camarades de jeu en mettant les œufs dans la couveuse pour les faire éclore plus vite.

Après de nombreuses générations de *norns*, les évolutions surprenantes ne devraient pas manquer. Vraisemblablement des *norns* seront plus robustes ou plus fertiles que leurs ancêtres, en raison de mutations favorables. Comme on peut envoyer des *norns* par courrier électronique, ces *norns* évolués devraient se propager, et le distributeur de programmes devrait en voir de toutes les couleurs.

Une culture albiaine se développera-t-elle ? Les *norns* finiront-ils par apprendre ce que savent leurs parents ? Des groupes de créatures se différencieront-ils au point que les individus de deux groupes différents ne pourront plus se reproduire ? Ce serait la naissance de nouvelles espèces... Ou bien l'évolution des *norns* s'éloignera-

t-elle de plus en plus de l'évolution biologique, parce que le modèle théorique a été mal choisi ?

Toutes les équations programmées peuvent muter. Aucune loi n'empêche une mutation qui conduirait à une meilleure conversion du glucose en glycogène : des créatures pourraient progressivement, si cette conversion devenait extrêmement efficace, disposer d'une réserve de glucose quasi inépuisable. De même, l'immortalité ou la production illimitée d'œufs sont envisageables.

Dans un texte devenu célèbre, le mathématicien anglais Alan Turing (1912-1954) avait imaginé un test pour savoir si une machine pouvait penser : il proposait qu'on déclare intelligente une machine qui pourrait dialoguer avec un être humain au point que ce dernier ne puisse pas deviner qu'il converse avec une machine.

De même, si les créatures artificielles présentent toutes les caractéristiques que l'on attribue habituellement aux organismes vivants, doit-on admettre qu'elles sont vivantes ?

Christoph Pöppe est éditeur à la revue Spektrum der Wissenschaft, à Heidelberg.

From Animals to Animats 3 : Proceedings of the 3rd International Conference on the Simulation of Adaptive Behavior (SAB94), sous la direction de D. Cliff, P. Husbands, J.-A. Meyer et S.W. Wilson, MIT Press, 1994.

Site Web de la Société Millenium Interactive : <http://www.cyberlife.co.uk>.

Une comète par la queue

SHAWN CARLSON

Participez à la recherche cométaire en observant la comète Hale-Bopp.

Le 9 mars 1997, quand il sera 0h 41 en temps universel, quelques âmes courageuses braveront l'hiver sibérien pour assister à une éclipse totale de Soleil. Tandis que l'ombre de la Lune hâtera sa course vers le Nord, les observateurs intrépides verront, outre la spectaculaire couronne solaire, un rai de lumière zébrant le ciel assombri. La comète Hale-Bopp, la plus brillante comète depuis 20 ans, sera à 22 jours seulement de sa plus courte distance au Soleil (périhélie) et à 13 jours de sa plus courte distance à la Terre. Sa queue brillante offrira un spectacle mémorable.

Si vous n'avez pas prévu de randonnée en Sibérie à cette période, rassurez-vous : la comète Hale-Bopp sera visible de toute la Terre. Elle donnera aussi aux amateurs l'opportunité de contribuer à la recherche cométaire : le Centre d'astrophysique de Cambridge, dans le Massachusetts, coordonne un réseau mondial d'observateurs auquel tout le monde peut participer.

L'intérêt des astronomes pour cette comète réside dans l'activité exceptionnelle attendue pour son noyau (voir la figure 1). Un noyau cométaire est une boule de glace et de roches dont la surface s'évapore à l'approche du Soleil.

Les jets de gaz et de poussières qui en résultent forment les queues de la comète. La poussière éjectée suit un chemin incurvé, tandis que les gaz ionisés s'éloignent en ligne droite, à l'opposé du Soleil. L'émission des jets par le noyau a commencé lorsque la comète a croisé l'orbite de Jupiter, à environ sept unités astronomiques du Soleil (une unité astronomique, ou UA, est la distance moyenne du Soleil à la Terre, soit 150 millions de kilomètres). Les amateurs entraînés suivent la comète Hale-Bopp à l'œil nu depuis mai 1996, alors que la plupart des comètes sont observables à l'œil nu quelques mois seulement avant leur passage au périhélie. Pour la majorité des amateurs, Hale-Bopp est visible depuis le mois de janvier 1997.

Les queues des comètes (celle de poussière et celle de gaz) révèlent leur composition et leur structure. Elles fournissent aussi aux observateurs ravis sur Terre un laboratoire spatial pour cartographier le vent solaire, car les queues de gaz s'ornent parfois de structures produites par l'interaction avec ce vent. En 1974, la comète Kohoutek avait ravi les astronomes en exhibant deux structures proéminentes, fruits de ces interactions turbulentes.

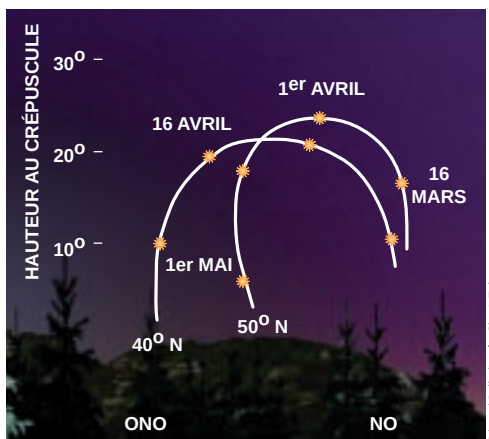
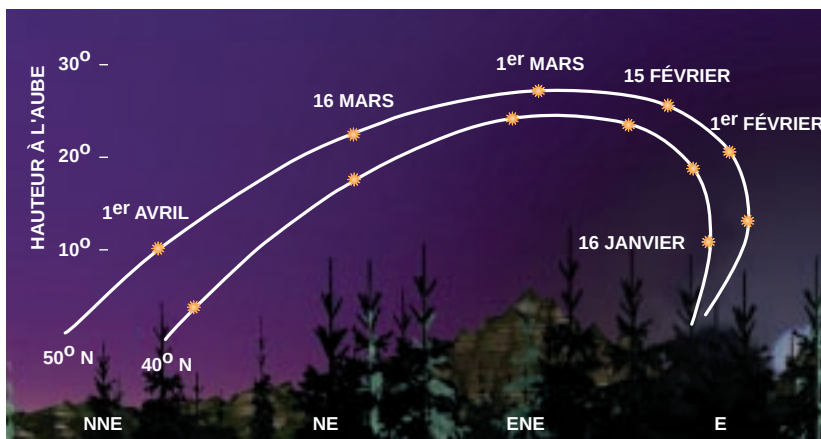


1. Au mois d'octobre 1996, le noyau de la comète Hale-Bopp était déjà très actif, comme l'attestent les jets de gaz qui s'en échappent.

Tout amateur peut enregistrer ces caractéristiques des queues de comète. Vous aurez d'abord besoin d'un bon atlas stellaire (*Uranometria*, aux éditions Willmann-Bell, coûte 455 francs), qui indique la position des étoiles en ascension droite et en déclinaison (l'équivalent de la longitude et de la latitude sur la sphère terrestre). Vous aurez également besoin d'un compas et d'un arc pour mesurer les écarts angulaires. L'arc, construit avec une règle graduée flexible et un long morceau de bois (voir l'encadré ci-contre), permettra de localiser les détails des queues à environ 0,1 degré près.

Localisez la tête de la comète en mesurant la distance angulaire entre cette tête et les trois plus proches étoiles dans l'atlas. Les cartes célestes indiquent les positions des étoiles en termes de déclinaison et d'ascension droite ; pour convertir les angles en distances sur la carte, notez qu'une heure d'ascension droite est égale à 15 degrés à l'équateur céleste. Partout ailleurs, divisez la distance angulaire à l'équateur par le cosinus de la déclinaison.

Pour chaque mesure, ouvrez le compas de l'angle approprié et inscrivez un petit arc de cercle là où vous pensez trouver la tête de la comète. La position



2. La comète Hale-Bopp sera visible durant plus de quatre mois dans le ciel matinal (avant son périhélie) et en soirée (après son périhélie). Plus la latitude de l'observateur sera grande, meilleure sera la visibilité (Paris est à 49 degrés de latitude Nord, Bordeaux à 45 degrés).