

Billard et simulation

Peut-on écrire un logiciel qui modélise le jeu de billard avec tous les phénomènes décrits par Régis Petit dans *La pratique du billard* (voir *Pour la Science*, avril 1998)?

Jean-Luc FRANTZ

Réponse de Régis PETIT

Concevoir un logiciel de simulation réaliste pour le jeu de billard à trois billes (et plus) n'est pas très complexe du point de vue algorithmique. Les équations vectorielles publiées sur le site Internet (<http://www.pourlascience.com>) le prouvent : elles synthétisent les équations de Coriolis généralisées à des bandes de hauteur quelconque, à des billes de rayons différents, pouvant sauter en l'air suite à un choc ou rouler sans glisser. Parmi les logiciels disponibles, on peut citer les logiciels 3D *VirtualPool* et *VirtualSnooker* de la Société *Interplay*, qui sont téléchargeables, en version démonstration, à partir des sites Internet (<http://www.accessone.com/~mavlon/>) et (<http://www.interplay.com>), et le logiciel 2D *Bilman6* de Guy Grasland (ggrasland@mail.codix.fr), en version prototype, qui est un des seuls à fonctionner avec les équations exactes de Coriolis.

Claude Bernard et Dieu

Dans sa critique du livre de Mirko Grmek *Le legs de Claude Bernard* (voir *Pour la Science*, mai 1998), Michèle Febvre écrit que «Bernard a toujours été agnostique et matérialiste : "La science n'a pas pour objet de prouver ni désapprouver Dieu. Elle est indépendante de cette question."» Il n'y a pas de relation de causalité entre le fait noté par Bernard (l'absence de lien entre la science et la religion) et son éventuel matérialisme. En outre, quoique Bernard ne fût pas un pilier d'église, il se confessa et reçut l'extrême onction à sa demande. Il prit aussi vigoureusement à parti le matérialisme et le positivisme, omniprésents à son époque.

Christian FAYAT, Rennes

Réponse de Michèle FEBVRE

Après la lecture de manuscrits inédits publiés par Mirko Grmek, il n'est plus possible de douter du matérialisme de Claude Bernard. En effet, dans une ébauche de son discours à l'Académie française, il dit avec sincérité : «...je suis matérialiste comme savant, et je ne suis que savant. Si j'étais philosophe, je serais spiritualiste, mais je ne suis pas philosophe.» Les commentateurs de C. Fayat soulignent à juste titre les ambiguïtés de la personnalité du grand physiologiste.

Un matérialiste qui rédige «une profession de foi théiste et spiritualiste» pour gagner une élection est un opportuniste ; s'il appelle un prêtre au moment de mourir, c'est un être humain assailli de doutes tardifs!

Labours en question

L'article *La fin des labours* (voir *Pour la Science*, avril 1998) laisse penser que le système de culture décrit est applicable partout sous les tropiques. Ce n'est pas le cas là où la pluviométrie mensuelle dépasse beaucoup l'évapotranspiration pendant un mois ou plus et où il faut drainer l'excès d'eau, ni dans les régions où la saison sèche est trop longue. Ce système de culture n'est économiquement supportable que sur des sols très fertiles ou très fertilisés.

En outre, dans de nombreux pays tropicaux, la demande solvable en produits agricoles est faible et les prix des produits agricoles sont bas. Les rapports entre le prix des produits agricoles et celui des engrais ou des herbicides sont faibles aussi. Le système de culture «sans labours» n'est alors pas soutenable économiquement. Il ne l'est que si l'agriculture est mécanisée et utilise des herbicides, comme au Brésil, ou si l'agriculture est manuelle et qu'aucun herbicide n'est employé, comme au Bénin.

Jacques GILLAIN, Bouzigues

Réponse de Lucien SÉGUY, du CIRAD

Les techniques de semis direct permettent la mise en culture permanente de terres jugées impropres à l'agriculture à cause de leurs fortes pentes, de la pauvreté du sol ou de sa faible épaisseur. Là où la pluviométrie est très supérieure à l'évapotranspiration, le drainage de l'excès d'eau est inutile. Ainsi, le Centre-Ouest du Mato Grosso, au Brésil, au Sud du bassin amazonien, où plus d'un million d'hectares sont cultivés en semis direct, était en voie de désertification avec les techniques de travail du sol entre 1976 et 1990 : c'est aujourd'hui l'une des régions les plus productives du Brésil. Le semis direct est pratiqué sur des cultures fortement productrices de biomasse. Le sol est toujours couvert et sa porosité s'accroît grâce aux systèmes racinaires des plantes de couverture. De même, sur les hauts plateaux malgaches, les techniques de semis direct, en culture manuelle, montrent une bonne maîtrise du ruissellement et un arrêt total de l'érosion.

Là où la saison sèche est supérieure à six mois, les techniques de semis direct sont les meilleures options technico-économiques. Les résultats de la recherche menée depuis quatre

ans dans le Sud-Ouest malgache, où la saison sèche dure huit à dix mois, le démontrent.

Enfin, sur des sols très pauvres, les exemples brésiliens et malgaches montrent que les systèmes de culture en semis direct sont les plus productifs en présence d'un minimum d'engrais minéraux ou organiques. Les nutriments sont recyclés, le sol est rechargé en carbone, de l'azote est fixé par les cultures de couverture.

Cladistique et phylogénie

Dans son analyse de *l'Histoire de la paléontologie*, d'Éric Buffetaut (voir *Pour la Science*, mai 1998), Michel Martin écrit que si le cladisme «a imposé plus de rigueur dans la définition des caractères primitifs et évolués, il donne une impression de rigueur absolue qui camoufle la subjectivité». L'un des mérites de l'analyse cladistique est toutefois de mettre la subjectivité en évidence, lors d'une analyse de caractères, de cerner les domaines où elle est présente, d'en être conscient, afin de ne pas «faire dire n'importe quoi» à un fossile.

Par ailleurs, contrairement à ce qu'affirme M. Martin, l'apprentissage de l'analyse cladistique ne fait pas partie des connaissances que les professeurs de sciences de la vie et de la terre doivent exposer à leurs élèves. Certains manuels y font référence, mais ils ne répondent pas aux instructions officielles.

Bruno CHANET, Brest

Réponse de Michel MARTIN

Que tous les manuels ne fassent pas état du cladisme revient à jouer sur les mots : des lycéens m'ont déjà interrogé à ce propos, à cause de leurs manuels. Il en est du cladisme comme d'un fromage : il peut être bien fait ou mal fait. Lorsque le spécialiste d'un groupe travaillant sur du matériel en bon état obtient des résultats cohérents, c'est très bien. Toutefois, que penser de cladogrammes obtenus après des compilations de caractères auxquels on ne comprend rien? Certes, chez les vertébrés inférieurs, le cladisme a précisé la phylogénie. Mais il s'agit souvent de matériel assez complet. Simultanément, si je vois «faire du cladisme» avec des phalanges ou des métapodes de dinosaures isolés, je hurle casse-cou. Je pourrais multiplier les exemples. Le paléontologue doit connaître les limites de son matériel d'étude. Il ne peut éviter la subjectivité qu'à ce prix, et encore. L'expérience montre que bien des auteurs pensent être objectifs, car l'outil, dans l'absolu, est objectif alors que l'homme, qui utilise l'outil, introduit, consciemment ou non, une part de subjectivité.

JEU-CONCOURS N° 48

PIERRE TOUGNE

Éclipses joviennes

La planète Jupiter possède de nombreux satellites (au moins 16) dont quatre ont été découverts par Galilée en 1610. Io, le plus proche des satellites galiléens, a une période de révolution autour de Jupiter T_I de 1,769 jour. À chaque passage de Io dans le cône d'ombre de Jupiter, il y a une éclipse de Io. Quelle relation existe-t-il entre la période T de ces éclipses et les périodes T_J de rotation de Jupiter autour du Soleil et T_I de rotation de Io autour de Jupiter ? On suppose que les orbites de Jupiter autour du Soleil et de Io autour de Jupiter sont circulaires et dans un même plan, et l'on considère que le Soleil est ponctuel.

De fait, l'observation de ces éclipses s'accorde assez bien avec la relation trouvée sur une courte période. Cependant si l'on calcule les dates des éclipses de Io au moment où Jupiter est proche

de la conjonction (c'est-à-dire où la distance Terre-Jupiter est maximum) à partir des dates d'observation des éclipses au moment où Jupiter est proche de l'opposition (c'est-à-dire où la distance Terre-Jupiter est minimum), les dates des éclipses au voisinage de la conjonction semblent toutes être en retard d'environ 16,5 minutes par rapport au calcul. Comment expliquer ce phénomène et que peut-on en déduire connaissant la variation de la distance Terre-Jupiter entre l'opposition et la conjonction, soit $2u - a = 3 \times 10^8$ kilomètres ?

Envoyez vos réponses aux questions sur carte postale à Pour la Science, 8, rue Férou, 75006 Paris. Parmi les réponses exactes reçues pendant le mois de juin 1998, dix gagnants tirés au sort recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 46

Par hasard, l'article de J.-P. Delahaye sur les fractions, dans le même numéro, avait quelque rapport avec le problème des fractions curieuses. Examinons la solution «manuelle» de recherche du nombre se terminant par 2 pour le facteur 2. Le produit par 2 étant le multiplicande dont on a fait passer le chiffre des unités en tête du nombre, le chiffre des dizaines est un 4 ($2 \times 2 = 4$), de même, le chiffre des centaines est un 8 ($2 \times 4 = 8$), le chiffre des milliers un 6 ($2 \times 8 = 16$, retenue 1), le chiffre des dix-mille un 3 ($2 \times 6 + 1 = 13$, retenue 1), etc. Quant peut-on s'arrêter ? Au moment où l'on retrouve le chiffre des unités, ici 2 sans retenue. Cela se produit au 19^e chiffre, soit le nombre 105 263 157 894 736 842. Si l'on prend 3 comme chiffre des unités, on trouve 157 894 736 842 105 263. En procédant de même avec le facteur 7, il faut 22 chiffres, comme par exemple 1 014 492 753 623 188 405 797 ou 1 159 420 289 855 072 463 768. Mais est-on certain que le processus s'arrêtera ? Oui, car si $N = a_{n-1} \dots a_0$ est le nombre de n chiffres cherché pour le multiplicateur k , la multiplication s'écrit $a_{n-1} \dots a_0 \times k = a_0 a_{n-1} \dots a_1$, soit $Nk = a_0 10^{n-1} + (N - a_0)/10$, que l'on peut

réécrire $N = a_0(10^n - 1)/(10k - 1)$, c'est-à-dire qu'une condition suffisante est l'existence de n tel que $10^n - 1$ soit divisible par $10k - 1$. Or pour tout k , il existe une plus petite valeur de n ayant cette propriété (voir l'article de J.-P. Delahaye), mais celle-ci est très variable ainsi pour $k = 2 \dots 9$, $n = 18, 28, 6, 42, 58, 22, 26, 44$. Enfin, la condition $N \geq 10^{n-1}$ implique $a_0 \geq k$ (explication du coup de pouce).

Quelques remarques au sujet de ces nombres : La concaténation d'un nombre avec lui-même possède la même propriété, donc une infinité de multiplications curieuses ; si $10k - 1$ est premier pour les différentes terminaisons possibles, ces nombres sont des permutations particulières de l'un quelconque d'entre eux.

Pour un multiplicateur k donné, les nombres de longueur minimum ont en général le même nombre de chiffres selon la terminaison, sauf pour le facteur 5, auquel cas ces nombres ont 42 chiffres, à l'exception de la terminaison 7 qui conduit à 142 857 (parce que $a_0 = 7$ a un facteur commun avec $10k - 1 = 49$). Enfin, le problème se généralise à un déplacement de plus d'un chiffre, mais les calculs sont pénibles.