

JEU-CONCOURS N° 73

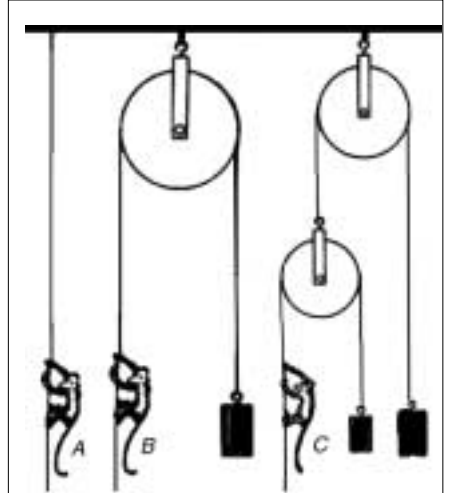
PIERRE TOUGNE

Dynamique de grimpeurs

Imaginons trois singes *A*, *B* et *C* sur les dispositifs représentés ci-contre. Pour le premier singe *A*, la corde est fixée au plafond. La corde du second singe *B* passe par une poulie fixée au plafond à laquelle est attaché un poids égal au poids du singe, le maintenant ainsi en équilibre. Enfin pour le troisième singe *C*, la corde équilibrée par son poids passe par une poulie elle-même fixée à une corde passant par une poulie fixée au plafond à laquelle est attaché un poids égal au double du poids du singe.

Au départ, les trois singes sont à la même hauteur ainsi que les contrepoids et ils grimpent de façon identique. Lorsque le singe *A* a parcouru une hauteur x vers le plafond, quelles sont les distances parcourues par les singes *B* et *C* ?

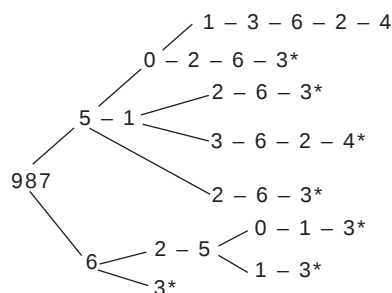
On supposera que les cordes sont sans masse et qu'elles glissent sans frottement sur les poulies, elles-mêmes sans masse.



Envoyez vos réponses aux questions à **Pour la Science**, 8, rue Férou, 75278 Paris Cedex 06. Parmi les réponses exactes reçues en juillet 2000, dix gagnants recevront un livre.

RÉPONSE AU JEU-CONCOURS N° 71

Afin de chercher les nombres répondant au problème, il suffisait de faire les quelques remarques suivantes. Toute permutation circulaire d'un nombre solution est encore un nombre solution, donc on peut choisir le premier chiffre, disons 9 (dans le but de trouver le nombre solution le plus grand). Le successeur du dernier chiffre doit être 9, donc ne peut être que 4, car $2^* x + a = 9 \pmod{10}$ $a = 0, 1, 2$ n'a que la solution $x = 4$. Les successeurs de 9 ne peuvent être que 0 et 8 (9 ayant déjà été utilisé), choisissons 8 dont les successeurs possibles sont 6 et 7, choisissons 7 et ainsi de suite. On construit ainsi un arbre dont les branches s'interrompent, soit parce qu'il n'y a pas de successeur possible (car déjà utilisé auparavant) ou que le chiffre 4 ait été atteint prématurément (avant la dixième position). L'arbre ci-dessous est un exemple où les branches mortes sont signalées par un astérisque.



En procédant ainsi, on trouve les six nombres suivants :

9875013624
9863750124
9862501374
9026387514
9025138764
9013875264

dont toutes les permutations circulaires conduisent à 60 nombres solutions, le plus grand étant 9875012624 et le plus petit 0124986375.

Remarquez que leur somme fait 9999999999, mais si souvent le complémentaire à 9 d'un nombre solution est aussi un nombre solution, ce n'est pas toujours le cas (exemple 9025138764). Ces nombres existent dans n'importe quelle autre base et plusieurs lecteurs ont exploré par l'informatique le nombre de solutions selon la base. Ils ont trouvé que le nombre de solutions augmente avec la base beaucoup plus rapidement pour les bases impaires que pour les bases paires.

Jean Jacquelin propose expérimentalement des lois asymptotiques pour le nombre n de solutions selon la parité de la base : B paire $n = B \cdot 10^{0,13(B-4)}$ et B impair $n = B \cdot 10^{0,19(B-4)}$. Le problème pourrait d'ailleurs être repris en utilisant une loi de construction du type $kx + a_1$ ou a_2 ou a_3 , et discuté selon le quadruplet k, a_1, a_2, a_3 .

J.-M. Thiriet



Grilles de calcul

GUY WORMSER

La puissance de calcul distribuable comme l'eau ou l'électricité ?

Les ordinateurs ont d'abord fonctionné indépendamment, à partir de données locales. Puis, les scientifiques qui avaient besoin d'échanger des volumes considérables de données ont créé le réseau Internet : partagé ensuite avec l'ensemble des utilisateurs d'ordinateurs, ce nouvel outil bouleverse nos sociétés. Toutefois l'informatique reste limitée par les moyens de calcul, qui sont insuffisants : nous n'avons pas encore de superordinateurs sur nos bureaux. La prochaine (r)évolution en informatique sera-t-elle le passage au «calcul pour tous» ?

Les communautés scientifiques rêvent ainsi de ce qu'ils nomment une «grille de calcul», qui s'apparenterait au réseau électrique. Ce dernier fournit à chaque utilisateur toutes les ressources dont il a besoin au moyen d'une interface simplifiée à l'extrême (la prise de courant) et standardisée. Toute la complexité du réseau (de la centrale électrique jusqu'à l'abonné) est complètement cachée à l'abonné, qui peut modifier brusquement sa consommation sans démarche préalable. De même, dans la grille de calcul qui est en projet, puissance de calcul et capacité de stockage seraient quasi illimitées, puisque toutes les ressources de la grille seraient mobilisables en cas de besoin ; on pourrait aussi bien utiliser des applications créées localement que partager les ressources disponibles (dans les centres de calcul, dans les laboratoires ou dans les entreprises).

Le projet n'est pas utopique : pour réaliser une grille de calcul, on devra construire des réseaux à très haut débit sur de longues distances et apprendre à gérer le service offert. Ces deux objectifs sont accessibles. Les ressources en matériel – nœuds de la grille (centres de calcul, ordinateurs des laboratoires...) et réseau – existent déjà en grande partie. Il reste à construire les programmes qui feront fonctionner la grille. Cette infrastructure comprend, entre autres, des programmes d'identification et de sécurité, des logiciels d'arbitrage de ressources, de suivi des applications, de garantie de qualité, d'interface utilisateur.

Comment les grilles de calcul modifieront-elles le fonctionnement des socié-

tés industrialisées ? La recherche scientifique, tout d'abord, doit traiter des volumes croissants de données, mais n'a plus les moyens de construire les ressources de calcul dont elle a besoin. Par exemple, au CERN, à Genève, les physiciens des particules commenceront en 2005 une série d'expériences sur le collisionneur à protons LHC (*Large Hadron Collider*), afin d'explorer plus avant les structures intimes de la matière. Ces expériences imposeront l'enregistrement et le stockage de plusieurs dizaines de millions de gigaoctets par an, soit autant d'informations qu'il en est aujourd'hui enregistré sur tous les CD-ROM du monde : on devra mobiliser les ressources informatiques disponibles dans l'ensemble des laboratoires de physique des particules. De même, l'observation de la Terre par les satellites scientifiques ou le séquençage du génome humain conduisent à des quantités considérables de données, qui doivent être traitées par de très gros programmes.

Si la recherche fondamentale est à nouveau le moteur de la prochaine révolution informatique, l'amélioration des moyens de calcul profitera immanquablement au monde industriel et économique : les grosses entreprises, organisées en réseau (banques, EDF...), démultiplieront leurs ressources informatiques propres à moindres frais si elles s'équipent d'une grille de calcul interne. Celles qui traitent leurs calculs dans un gros centre d'une centaine de machines bénéficieront de possibilités supérieures si elles mettent ce centre en symbiose avec les nombreux ordinateurs présents dans les agences ou sur les bureaux de leurs employés.

Avec la proposition d'accès à du calcul ou à du stockage, moyennant un kit d'abonnement analogue à celui d'un abonnement à Internet, le marché potentiel serait beaucoup plus vaste. L'introduction massive des ressources informatiques dans les petites et moyennes entreprises conduirait souvent à des gains de productivité importants, en permettant par exemple des simulations détaillées de prototypes avant leur réalisation (souvent très gourmandes en moyen de calcul, de telles simulations

sont souvent inaccessibles, aujourd'hui). La grille absorbera également des pics ponctuels de calcul ou de stockage dépassant de beaucoup les ressources propres de l'entreprise, mais dont la nature occasionnelle ne justifie pas un investissement lourd.

Et comment chacun d'entre nous profitera-t-il des grilles de calcul ? Les besoins individuels en calcul semblent couverts par les ordinateurs personnels. Toutefois l'inventivité humaine conduira inévitablement à des applications insoupçonnées : observons le développement d'Internet. En restant dans le domaine des sciences, le parrainage scientifique semble déjà en vogue : en inscrivant son ordinateur personnel sur une grille de calcul et en le mettant à la disposition d'un gros calcul, on s'associe à des aventures scientifiques dont on tire intérêt et fierté. Déjà de grands nombres ont été décomposés en facteurs premiers grâce à la coopération de très nombreux individus, qui ont offert les temps morts de leurs ordinateurs personnels. Une grille de calcul serait un outil de gestion des ressources informatiques beaucoup plus ambitieux et dynamique ; il pourrait même être un outil d'intégration sociale, en associant des classes d'école, de collèges ou lycées de milieu défavorisé à certains grands projets scientifiques.

Comment réaliser cet outil ? Plusieurs consortiums de scientifiques, en Europe et aux États-Unis, se sont formés pour écrire les couches de logiciels manquantes (*middleware*) et tester leurs performances. Cette grande mobilisation et les nombreux liens existant entre les projets européens et américains devraient conduire à une grille mondiale d'ici deux ou trois ans. Signalons enfin qu'avec un tel projet, on confie à la (haute) technologie le soin de régler les conflits d'intérêt résultant de cette mise en commun de moyens et non plus à la volonté politique, ce qui devrait faciliter bien des choses.

Guy WORMSER est directeur adjoint de l'Institut national de physique nucléaire et de physique des particules du CNRS.

■ POUR LA SCIENCE

VOTRE ABONNEMENT 100 % NUMÉRIQUE

1 an au prix de 48 €

soit **4 € seulement par numéro** au lieu de ~~5,20 €~~

Pour consulter et télécharger
en toute liberté sur www.pourlascience.fr
les 12 prochains numéros
dès leur parution.



Oui, je m'abonne
à *Pour la Science* 100 % numérique
1 an (12 numéros) pour 48 €

Je préfère découvrir toutes
les offres d'abonnement disponibles
en cliquant ici.



La vaccination anti-pestreuse

FABIENNE LEMARCHAND-COPREAUX

À Madagascar, la mise au point d'un vaccin efficace n'a pas signé la victoire contre la peste : il restait encore à vaincre les réticences sociales et politiques des populations indigènes.

Le 25 novembre 1977, l'ancien hôpital colonial de Tananarive, l'Hôpital Girard et Robic, devient l'Hôpital militaire d'Antananarivo. Disparaît ainsi le dernier témoin historique de l'un des grands épisodes de la lutte contre la peste. Georges Girard (*ci-dessus, le deuxième en partant de la gauche*) et Jean-Marie Léopold Robic (*le premier à gauche*), tous deux médecins des troupes coloniales, dirigèrent l'Institut Pasteur de Tananarive, le premier de 1922 à 1940, le second de 1940 à 1953. C'est là qu'ils mirent au point le premier vaccin à germes vivants atténués contre la peste, qui fut inoculé massivement à près d'un tiers de la population malgache de 1935 à 1959. Ultérieurement, ils établirent un protocole de lutte contre la maladie, aujourd'hui appliqué dans le monde entier.

La peste frappe Madagascar au cours de la pandémie de 1898. À plusieurs reprises, les ports de Tamatave, Majunga, Diégo Suarez, enregistrent, en même temps que ses voisins de l'île Maurice, de La Réunion, et d'Afrique du Sud, de petites flambées de peste bubonique. De

février à avril 1921, la peste importée de Maurice sévit à nouveau à Tamatave surtout dans le milieu des dockers et des tirailleurs malgaches. Soudain, en juin, la maladie fait une irruption tapageuse dans la capitale : 48 personnes, appartenant à deux familles qui venaient de se réunir à l'occasion d'un mariage, succombent en trois semaines à un épisode de peste pulmonaire, la plus contagieuse et la plus foudroyante.

Désormais, l'épidémie galope. Elle gagne en quelques mois l'ensemble des hauts plateaux, où résident plus d'un million d'habitants, soit le tiers environ de la population de la colonie. En six mois, la peste fait 150 victimes. Plus que la «grippe espagnole» de 1919 qui avait pourtant tué en quelques mois près de 86 500 personnes, dont une trentaine de milliers dans les seules provinces du centre, ou que le paludisme qui endeuille régulièrement les familles, la peste sème l'effroi chez les Malgaches. D'abord, en raison de son issue, presque toujours fatale, et de la rapidité avec laquelle survient la mort : les malades trépas-

sent en quelques jours ; si 60 à 85 pour cent des cas de peste bubonique sont mortels, la peste pulmonaire l'est dans tous les cas. Ensuite, à cause des dispositions contraignantes, et le plus souvent inefficaces, prises par les autorités sanitaires à l'encontre des seuls indigènes dès l'apparition des premiers cas dans la capitale : isolement des malades et des personnes avec qui ils ont été en contact dans les lazarets, destruction par le feu de leurs maisons, dératissage, désinfection des marchandises, cordons sanitaires d'une évidente perméabilité.

Plus que toutes ces mesures, c'est l'interdiction de veiller le mort et de l'inhumer dans le tombeau familial qui traumatise la population. L'inhumation marque en effet le retour du défunt à la terre de ses ancêtres. Ce culte des ancêtres fait des funérailles une cérémonie privilégiée à laquelle participent la famille et les amis, venus parfois de très loin. Le cadavre lui-même est souvent transporté à grande distance. Or la nouvelle réglementation impose que les pestueux soient enterrés à la va-vite dans des cimetières spéciaux. On interdit aussi, la cérémonie de «retournement des morts» qui, après quatre ou cinq ans, rassemble à nouveau la famille et au cours de laquelle le tombeau est ouvert, le cadavre exhumé et enveloppé d'un linceul neuf. Cette façon de renouer contact avec lui s'accorde en effet mal avec les exigences de la prophylaxie.

UNE MALADIE SOUS-DÉCLARÉE

De surcroît, les dispositions sanitaires ne touchent pas les Européens. Officiellement, et jusqu'en 1926, année où la première victime européenne est enregistrée, la peste frappe presque exclusivement les Malgaches des quartiers populeux de la capitale et de la brousse. Dans le contexte de la colonisation avec ce qu'elle suppose d'inégalités, d'op-



Photographie fournie par l'Institut Pasteur de Madagascar

L'Institut Pasteur de Tananarive, en 1921.